

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
28. Juni 2018 (28.06.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2018/113814 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
*G02B 27/09* (2006.01) *G02B 19/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2017/000440

(22) Internationales Anmeldedatum:  
19. Dezember 2017 (19.12.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
DE 10 2016 015 558.2  
20. Dezember 2016 (20.12.2016) DE

(72) Erfinder; und

(71) Anmelder: **KOULECHOFF, Juri** [DE/DE]; Mahlower  
Strasse 29, 15806 Dabendorf (DE).

(74) **Anwalt: KIETZMANN, Manfred**; Patentanwaltskanzlei  
Manfred Kietzmann, Friedrichstr. 95, P.O. Box 4, 10117  
Berlin (DE).

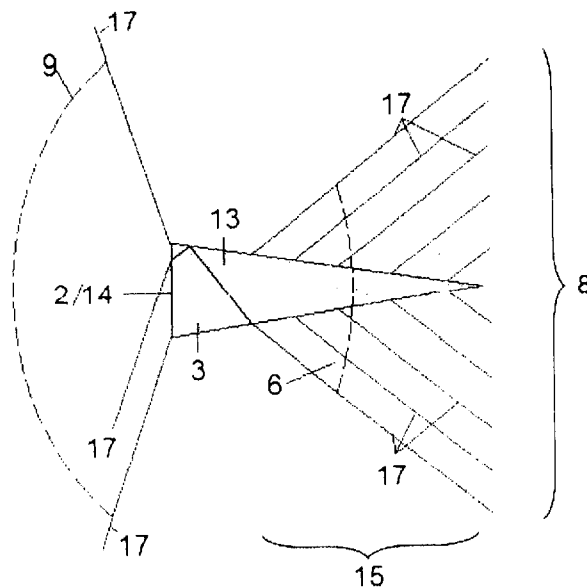
(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS,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

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

(54) **Title:** DEVICE AND METHOD FOR INCREASING THE ENERGY DENSITY OF RADIATION

(54) **Bezeichnung:** VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR ERHÖHUNG DER ENERGIEDICHTE VON STRAHLUNG

Fig. 1



(57) **Abstract:** The invention relates to a device for increasing the energy density of light or other radiation, designed as an optical arrangement (1) that comprises at least one optical refractive device (3) and one concentrator device (4), wherein the optical refractive device (3) in said optical arrangement (1) is in the form of a prism-shaped wedge (13) for adapting divergence and for the spatial and temporal repositioning (15) of components of the incident light (17), or other radiation, having a solid angle (9) and a radiation output face (14), and said concentrator device (4) is arranged such that, by means of said concentrator device (4), the spatially split light or the radiation exiting the refractive device (3) can be reflected, concentrated, and spatially and temporally superimposed such that the light/radiation exits the concentrator device (4) with a reduced ray space.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erhöhung der Energiedichte von Licht oder anderer Strahlung, ausgebildet als eine optische Anordnung (1), welche mindestens eine optische Brechungseinrichtung (3) und eine Konzentratoreinrichtung



**WO 2018/113814 A2**

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

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

---

tung (4) umfasst, wobei in der optischen Anordnung (1) die optische Brechungseinrichtung (3) zur Divergenzanpassung, sowie dem räumlichen und zeitlichen Repositionieren (15) von Bestandteilen des mit einem Raumwinkel (9) und einer Strahlenausgangsfläche (14) einfallende Licht (17) oder anderen Strahlung die Form eines prismenförmigen Keils (13) aufweist und die Konzentratoreinrichtung (4) so angeordnet ist, dass durch die Konzentratoreinrichtung (4) das aus der Brechungseinrichtung (3) austretende räumlich aufgesplittete Licht oder die Strahlung reflektierbar, konzentrierbar, räumlich und zeitlich überlagerbar ist, so dass das Licht/Strahlung mit einem verkleinerten Strahlungsraum aus der Konzentratoreinrichtung (4) austritt.

Vorrichtung und Verfahren zur Erhöhung der Energiedichte von Strahlung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum räumlichen und zeitlichen Überlagern von Licht oder anderer Strahlung durch eine optische Anordnung.

In der geometrischen Optik wird Licht dargestellt als eine Menge von Lichtstrahlen, welche sich von einer Lichtquelle weg in eine bestimmte Richtung ausbreiten. Die Lichtstrahlen stehen in einer definierten räumlichen und zeitlichen Beziehung zueinander, welche sich aus ihren individuellen Ausbreitungsrichtungen ergibt. So kann die Ausbreitung von Licht auf Grund der einzelnen Ausbreitungsrichtungen der Lichtstrahlen parallel, divergent oder konvergent sein. Optische Anordnungen dienen einer Anpassung oder Veränderung der geometrischen und physikalischen Eigenschaften von Licht. Beispielsweise können Linsensysteme dazu dienen, aus einem Bündel paralleler Lichtstrahlen ein konvergentes Strahlenbündel zu machen, das auf den Brennpunkt der Linse gebündelt wird und hinter dem Brennpunkt wieder divergiert. Ferner können Spiegel die Ausbreitungsrichtung von Lichtstrahlen verändern und je nach Form, beispielsweise wenn sie als Hohlspiegel ausgebildet sind, auch die Divergenz des Lichts verändern. Besonders interessant sind solche optischen Anordnungen, wenn man Lichtstrahlen aus mehreren Lichtquellen, beispielsweise mehreren Lampen oder von einer größeren Fläche, beispielsweise einem Sonnenkollektor, auf eine einzige kleinere Fläche konzentrieren will.

Aus dem Stand der Technik sind mehrere Möglichkeiten bekannt, wie eine Konzentration von Lichtstrahlen realisiert werden kann. Zum Beispiel können Hohlspiegelsysteme so

angeordnet werden, dass sie Lichtstrahlen, die auf die Spiegeloberfläche treffen, in einem einzigen Brennpunkt

bündeln und somit die Energiedichte bzw. die Bestrahlungsstärke erhöhen. Das Anwendungsgebiet solcher sogenannten nichtabbildenden Konzentratoren liegt üblicherweise bei Solarkraftwerken oder Photovoltaikanlagen.

Eine weitere Möglichkeit, Lichtstrahlen zu konzentrieren, ist die Verwendung einer Sammellinse, welche Licht, das parallel auf die Eintrittsfläche trifft, auf einen Brennpunkt fokussiert und somit die Energiedichte bzw. die Bestrahlungsstärke erhöht.

Ein Nachteil der vorgenannten Konzentratoren ist, dass ein Strahlenbündel hier immer in Abhängigkeit von seinem Strahlenraumwinkel zu seinem Strahlenquerschnitt steht, so dass der Strahlenraum als solcher immer eine konstante Energiegröße darstellt. Verändert man in den hier beschriebenen Verfahrensweisen einen Strahlenraumwinkel so verändert sich zwangsläufig auch sein Querschnitt und umgekehrt.

Eine nicht-abbildende optische Sammel- und Konzentrationsvorrichtung zur Verwendung in der optischen Kommunikation wird in der US 2006/0233492 A1 beschrieben. Die Vorrichtung umfasst eine nicht-ebene Trägerstruktur mit einem Strahleneinlass und einem Energieauslass. Die innere Oberfläche der Trägerstruktur umfasst ein streuendes und reflektierendes Medium, z. B. eine Bandlückenstruktur, um die Sammel- und Konzentrationseffizienz zu verbessern. Dadurch besteht eine gewisse Unabhängigkeit vom Einfallswinkel der Strahlung und eine Nachführung zur Sonnenbewegung ist nicht notwendig.

Ähnlich ist auch die Vorrichtung gemäß der US 2006/0191566 A1 aufgebaut, wobei hier die Berechnungseinrichtung die Form eines prismenförmigen Keils aufweist.

Bei der ebenfalls ähnlich aufgebauten Vorrichtung nach der US 2007/0246040 A1 ist die innere Struktur röhrenförmig ausgebildet, so dass die aus der Röhre austretenden Strahlen stärker kollimiert und im Wesentlichen parallel zur Röhrenachse fokussiert oder gerichtet sind, indem die Energie durch einen Detektor, eine optische Faser oder eine andere Sammelvorrichtung gesammelt werden kann.

Aus der DE 197 54 047 A1 ist ein Solarmodul bekannt, bei dem mittels eines Konzentrators eine hohe Bündelungsgüte der Lichtstrahlen erreicht wird.

Eine Solarzelle ist dabei an der Spitze einer V-Form angeordnet, die von einem Paar Prismen gebildet wird, deren Brechungsindex größer als der der Luft ist. Das einfallende Licht wird mehrfach reflektiert einschließlich einer inneren Totalreflektion unterzogen. Es kommt zu einer Strahlenrückführung, ohne Erhöhung der Strahlung im Strahlungsraum.

Bei der US 6 123 436 A erfolgt eine Strahlungsbündelung, ohne dass diese einer räumlichen Überlagerung unterzogen wird.

Mit diesem bekannten Verfahren der Strahlenbündelung ist Grundsätzlich keine Energieerhöhung des Strahlenflusses durch Strahlengabe möglich. Das ist Aufgabe der Erfindung.

Gelöst wird diese Aufgabe mit den Merkmalen des Vorrichtungsanspruches 1. Ein Verfahren benennt Anspruch 14

Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Mit der Erfindung werden eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Verfügung gestellt, welche es ermöglichen, den Strahlenraumwinkel von seinem Strahlenquerschnitt abzukoppeln, d. h. zum Einen eine grundsätzliche Trennung des Strahlenraumwinkels vom dazugehörigen Strahlenraumquerschnitt und zum Anderen das Einbringen von zusätzlicher Strahlung in einen „konstanten“ Strahlenraum, ohne das sich dieser in seiner Größe verändert.

Das im Anschluss beschriebene optische Verfahren der Lichtstrahlenraumverkleinerung in Kombination mit der Lichtstrahlenraumüberlagerung steht stellvertretend für jede Art von Strahlung und ist damit auch auf nicht optische Strahlung übertragbar, wie beispielsweise Wärmestrahlung. Zum besseren Verständnis wird nachfolgend von Lichtstrahlung gesprochen. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass die Strahlung als eine räumliche Energiegröße zu verstehen ist, welche einen Raum in einer dazugehörigen Zeit einnimmt. Verschiedene Räume eines Zeitraumes können hierbei nicht zur gleichen Zeit an einem Ort sein. Räume unterschiedlicher Zeiträume können sich hingegen überlagern.

Der Erfindung liegt dabei der Gedanke zu Grunde, dass bei einem Bündel von Lichtstrahlen der Strahlenquerschnitt mit dem dazugehörigen Raumwinkel in einer optischen Anordnung so hinsichtlich seiner Divergenz und Bewegung verändert werden kann, das dieser ursprüngliche Strahlenquerschnitt sich zeitlich und räumlich verlagert und auf Grund dieser Verlagerung die einzelnen Energieteilchen sich nun räumlich untereinander überlagern lassen, wodurch sich der Lichtstrahlenraum in seinem Strahlenquerschnitt und/oder

Raumwinkel verkleinert.

Durch diese Strahlenraumquerschnitts- oder Raumwinkelverkleinerung in einem Strahlenfluss, welcher eine Strahlenraumverkleinerung darstellt, ist es nun wiederum möglich, zusätzliche Strahlung dem verkleinerten Strahlenquerschnitt oder Raumwinkel hinzuzufügen. Somit erreicht der Strahlenraumquerschnitt bzw. Raumwinkel durch diese zusätzliche Strahlung, was in diesem Fall eine Strahlenraumüberlagerung darstellt, wieder seine ursprüngliche Ausgangsgröße. Dadurch lässt sich die Strahlenmenge schrittweise und wiederholt steigern, ohne den Strahlenraum zu vergrößern.

Definitionen:

Eine optische Anordnung bezeichnet eine Menge von optischen Bauelementen, die so angeordnet sind, dass sich die physikalischen Eigenschaften eines Lichtstrahles verändern. Eigenschaften können beispielsweise die Ausbreitungsrichtung, Raumwinkelveränderung, Querschnittgröße oder die räumliche und zeitliche Beziehung zu einem anderen Lichtstrahl sein.

Eine optische Brechungseinrichtung ist ein optisches Element, das auf Grund seines Brechungsindex, seiner Reflexionseigenschaften und seiner geometrischen Form die physikalischen Eigenschaften von Strahlung verändert oder umlenkt. Es hat die Aufgabe, einen Strahlenraumquerschnitt und deren Strahlenraumwinkel zeitlich und räumlich aufzusplitten und zu verkleinern oder zu überlagern. Beispielsweise kann ein optisches Element oder ein Spiegel solch eine Brechungseinrichtung sein.

Eine Konzentratoreinrichtung bezeichnet ein optisches Element, das zeitlich und räumlich aufgesplittete Strahlung in ihrer Winkelfunktion und Winkelausrichtung zur Austrittsfläche optimiert und diese in einem Strahlenfluss räumlich überlagert. Beispielsweise kann ein Hohlspiegel oder ein optisches Element, was einen höheren Brechungsindex als die optische Brechungseinrichtung hat, eine solche Konzentratoreinrichtung sein.

Der Lichtstrahlenraum stellt eine Lichtmenge an Strahlung dar, welche sich in einer Raumgröße befindet. Dabei definiert sich die Raumgröße über seinen Raumwinkel und Raumquerschnitt.

Eine Lichtstrahlenraumverkleinerung erfolgt, wenn ein Raumquerschnitt sich ohne Veränderung des dazugehörigen Raumwinkels verkleinert, wenn ein Raumwinkel sich ohne Veränderung des dazugehörigen Raumquerschnitts verkleinert oder in Kombination beider Varianten, bei jeweils gleichbleibender Strahlenmenge.

Eine Lichtstrahlenraumüberlagerung erfolgt, wenn mehrere Lichtstrahlenräume mit jeweils einem eigenständigen Raum in einem gemeinsamen Strahlenraum vereint werden, so dass Räume mit einer definierten Lichtmenge, welche jeweils einen Raumwinkel mit dem dazugehörigen Raumquerschnitt besitzen, nach einer Strahlenraumüberlagerung nur noch in einem Raum existieren, wobei sich aber die gesamte Lichtmenge aller Räume in diesem verkleinertem Raum überlagert. Nach solch einer Überlagerung stellt diese Lichtmenge nun wiederum einen eigenen Lichtstrahlenraum dar.

Eine Fokussierungseinrichtung bezeichnet ein optisches Element, das mehrere Lichtstrahlen auf einen Brennpunkt oder eine Brennebene in einer optischen Abbildung erhaltenden

Weise fokussiert. Beispielsweise kann eine Sammellinse eine solche Fokussierungseinrichtung sein.

Ein Lichtleitsystem ermöglicht den Transport von Lichtstrahlen über eine gewünschte Distanz, beispielsweise durch Zuhilfenahme von Fokussierungseinrichtungen, verspiegelten Hohlkörpern oder Lichtleitern.

Eine Strahlenausgangsfläche ist der Strahlenquerschnitt, der auf die optische Anordnung trifft.

Die Eintrittsfläche bezeichnet die Fläche, durch die Licht in eine optische Anordnung eintritt.

Ein prismenförmiger Keil oder Doppelkeil ist eine optische Brechungseinrichtung, die weitestgehend die Form eines Keils hat. Der Keil kann dabei eine Symmetrieebene besitzen und teilweise verspiegelt sein. Er ist in seiner Ausführung unterschiedlich, wobei seine Aufgabe die räumlich und zeitliche Aufspaltung oder Überlagerung einer Strahlenausgangsfläche ist.

Die Austrittsfläche bezeichnet die Fläche, durch die Licht eine optische Anordnung verlässt.

Eine Grenzfläche stellt die Verbindungsfläche zweier optischer Elemente dar, welche unterschiedliche optische Dichten besitzen, wodurch Lichtstrahlen an dieser Fläche der Totalreflexion unterliegen oder diese durchdringen.

Eine Auskopplungseinrichtung ermöglicht ein Selektieren von Lichtstrahlen mit verschiedenen Winkelgrößen zu einer optischen Achse, wobei diese an einer Grenzfläche von zwei unterschiedlichen optisch dichteren Medien total reflektiert oder durchgelassen werden.

Bevorzugte Ausführungsformen:

Insbesondere wird somit eine Vorrichtung zur Lichtstrahlenraumverkleinerung durch Strahlenraumüberlagerung eines Lichtstrahlenbündels und zur Lichtstrahlenraumüberlagerung durch Strahlenraumüberlagerung mehrerer Lichtstrahlenbündel geschaffen.

Ausgebildet als eine optische Anordnung, umfasst diese eine optische Brechungseinrichtung zur Divergenzanpassung, sowie dem räumlichen und zeitlichen Repositionieren von Bestandteilen des Lichts, eine Konzentratoreinrichtung und ein optisches Lichtleitersystem, wobei die optische Brechungseinrichtung die Form eines prismenförmigen teilweise verspiegelten Doppelkeils ausbildet und die Konzentratoreinrichtung eine parabolische Keilform besitzt, so dass die Brechungseinrichtung Licht, welches ein bereits fokussierter Brennpunkt sein kann, durch eine Strahlenausgangsfläche über die Eintrittsfläche aufnimmt und diese räumlich und zeitlich verlagert. Hierdurch erhält die ursprüngliche Strahlenausgangsfläche eine räumliche Dimension, die diese als neu entstandener Raumwinkel wieder verlässt, welche von der Konzentratoreinrichtung aufgenommen und in einem weiteren Raumwinkelbereich räumlich und zeitlich überlagert wird, wodurch eine Strahlenraumverkleinerung entsteht. Die Lichtstrahlen, welche die Konzentratoreinrichtung durchdrungen haben, können nunmehr über ein Lichtleitersystem zu einer weiteren optischen Anordnung zur Lichtstrahlenraumüberlagerung transportiert werden, wo die in ihrem Strahlenraum verkleinerten Lichtstrahlen mit weiteren verkleinerten Lichtstrahlenräumen zusammen geführt werden und der damit neu entstandene Querschnitt eine Strahlenausgangsfläche darstellt, aus der die austretenden Lichtstrahlen, welche von einer Vielzahl optischer Anordnungen stammt, auf die

Eintrittsfläche einer Brechungseinrichtung treffen, welche die Divergenz der eingestrahnten Strahlung anpasst und Bestandteile des Lichts räumlich und zeitlich zueinander verschiebt, wobei im Anschluss mittels einer Konzentratoreinrichtung das aus der Brechungseinrichtung austretende räumlich aufgesplittete Licht reflektiert, konzentriert, räumlich und zeitlich überlagert wird, so dass nach Durchlaufen der Konzentratoreinrichtung das Licht über die Austrittsfläche in Form einer Lichtstrahlenraumüberlagerung in Kombination mit einer Lichtstrahlenraumverkleinerung diese wieder verlässt.

Ferner wird vorteilhafterweise ein Verfahren zur Lichtstrahlenraumverkleinerung durch Strahlenraumüberlagerung eines Lichtstrahlenbündels und zur Lichtstrahlenraumüberlagerung durch Strahlenraumüberlagerung mehrerer Lichtstrahlenbündel geschaffen, die folgende Schritte umfassen:

Einstrahlen eines Lichtbündels, was ein bereits fokussierter Brennpunkt sein kann, durch eine Strahlenausgangsfläche auf eine optische Brechungseinrichtung, welche einen prismenförmigen Keil oder teilweise verspiegelten Doppelkeil darstellt, der die Divergenz der eingestrahnten Strahlung anpasst und Bestandteile des Lichts räumlich und zeitlich zueinander verschiebt, wonach im Anschluss mittels einer Konzentratoreinrichtung, was einen parabolischen Spiegel oder optischen Keil darstellt, das aus der Brechungseinrichtung austretende räumlich aufgesplittete Licht reflektiert, konzentriert, räumlich und zeitlich überlagert wird, so dass nach Durchlaufen der Konzentratoreinrichtung das Licht mit einem verkleinerten Strahlenraum durch ein Lichtleitsystem in Form von Fokussierungseinrichtungen oder von verspiegelten Hohlkörpern oder von Lichtleitern zu einer weiteren

optischen Anordnungen zur Lichtstrahlenraumüberlagerung transportiert wird, wo die in ihrem Strahlenraum verkleinerten Lichtstrahlen mit weiteren Lichtstrahlenräumen zusammen geführt werden und der damit neu entstandene Querschnitt eine Strahlenausgangsfläche darstellt, aus der die austretenden Lichtstrahlen, welche von einer Vielzahl von optischen Anordnungen stammt, auf die Eintrittsfläche einer Brechungseinrichtung treffen, welche die Divergenz der eingestrahnten Strahlung anpasst und Bestandteile des Lichts räumlich und zeitlich zueinander verschiebt, wobei im Anschluss mittels einer Konzentratoreinrichtung das aus der Brechungseinrichtung austretende räumlich aufgesplittete Licht reflektiert, konzentriert, räumlich und zeitlich überlagert, so das nach Durchlaufen der Konzentratoreinrichtung das Licht über die Austrittsfläche in Form einer Lichtstrahlenraumüberlagerung in Kombination mit einer Lichtstrahlenraumverkleinerung diese wieder verlässt.

Der Vorteil der Erfindung liegt darin, dass die optische Anordnung es erlaubt, einen Lichtstrahlenraum individuell, also den Strahlenquerschnitt oder Strahlenraumwinkel einzeln oder in Kombination zu verändern, ohne dass andere Parameter mit betroffen sind. Dadurch kann einem Strahlenbündel zusätzliche Strahlungsleistung hinzugefügt werden, ohne das sich physikalische Ausgangsgrößen wie Querschnitt oder Winkel verändern. Somit kann schrittweise und wiederholt die Bestrahlungsstärke eines Strahlenwinkels oder Strahlenquerschnitts erhöht werden. Entscheidend dabei ist, dass die zusätzlich eingestrahnten Lichtstrahlen nach Durchlaufen der optischen Anordnung in einer gemeinsamen Raumgröße überlagert werden. Somit ist eine fortwährende und wiederholte Überlagerung von Lichtstrahlen möglich.

Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der Strahlenraumverkleinerung bzw. Strahlenraumüberlagerung sieht vor, einen Strahlenquerschnitt zu verkleinern ohne dessen Strahlenraumwinkel zu verändern.

Diese umfassen folgende Schritte:

Einstrahlen von Licht durch eine Strahlenausgangsfläche auf eine optische Brechungseinrichtung, wobei diese Strahlenausgangsfläche im Vergleich zur Austrittsfläche der Konzentratoreinrichtung eine größere Fläche besitzt, wobei die Brechungseinrichtung die Divergenz der eingestrahlten Strahlung anpasst und Bestandteile des Lichts räumlich und zeitlich zueinander verschiebt, so dass im Anschluss mittels einer Konzentratoreinrichtung das aus der Brechungseinrichtung austretende räumlich aufgesplittete Licht reflektiert, konzentriert, räumlich und zeitlich überlagert wird, wobei nach Durchlaufen der Konzentratoreinrichtung das Licht über die verkleinerte Austrittsfläche mit einem gleich großen oder ähnlichen Raumwinkel wie in der Ausgangssituation diese wieder verlässt, so dass diese Austrittsstrahlung individuell fokussiert oder mit Hilfe von reflektierenden Hohlkörpern oder optischen Lichtleitern transportiert werden kann, wobei die optische Brechungseinrichtung ein optisches Element darstellt, welches die Form eines geschwungenen teilweise verspiegelten prismenförmigen Doppelkeils ausbildet bei der eine Längsseite des Keils als Eintrittsfläche für die Lichtaufnahme dient und über die zweite Längsseite die Lichtstrahlen den Keil räumlich und zeitlich als neuen Raumwinkel wieder verlassen, so dass diese direkt von der Konzentratoreinrichtung, welche ein optisches keilförmiges Element mit einer höheren optischen Dichte als die Brechungseinrichtung darstellt, in einem zweiten

Raumwinkelbereich überlagert wird, wobei die Austrittsfläche der Konzentratoreinrichtung im Querschnitt kleiner ist als die der Strahlenausgangsfläche, mit dem Ergebnis, dass die Strahlung, die aus der Konzentratoreinrichtung austritt, im Strahlenquerschnitt verkleinert wurde, sich aber der Strahlenraumwinkel gegenüber der Ausgangssituation nicht oder kaum verändert hat, so dass diese Strahlung im Anschluss wahlweise fokussiert oder kontrolliert transportiert werden kann.

Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der Strahlenraumverkleinerung bzw. Strahlenraumüberlagerung sieht vor, einen Strahlenraumwinkel zu verkleinern ohne dessen Strahlenquerschnitt zu verändern. Dieses umfasst folgende Schritte:

Einstrahlen von Licht mit einem großen Strahlenraumwinkel auf eine optische Brechungseinrichtung, wobei die Strahlenausgangsfläche zum Vergleich der Austrittsfläche der Konzentratoreinrichtung einen gleichgroßen Querschnitt besitzt, welche die Divergenz der eingestrahlt Strahlung anpasst und Bestandteile des Lichts räumlich und zeitlich zueinander verschiebt, so dass im Anschluss mittels einer Konzentratoreinrichtung das aus der Brechungseinrichtung austretende räumlich aufgesplittete Licht reflektiert, konzentriert, räumlich und zeitlich überlagert wird, wobei nach Durchlaufen der Konzentratoreinrichtung das Licht über die Austrittsfläche mit einem kleineren Raumwinkel wie in der Ausgangssituation diese wieder verlässt, so dass diese Austrittsstrahlung individuell fokussiert oder mit Hilfe von reflektierenden Hohlkörpern oder optischen Lichtleitern transportiert werden kann, wobei die optische Brechungseinrichtung ein optisches Element darstellt, was die Form eines geschwungenen teilweise verspiegelten

prismenförmigen Doppelkeils ausbildet, bei der eine Längsseite des Keils als Eintrittsfläche für die Lichtaufnahme dient und über die zweite Längsseite die Lichtstrahlen den Keil räumlich und zeitlich als neuen Raumwinkel wieder verlässt, so dass diese direkt von der Konzentratoreinrichtung, welches ein optisches keilförmiges Element mit einer höheren optischen Dichte als die Brechungseinrichtung darstellt, in einen zweiten Raumwinkelbereich überlagert wird, wobei die Austrittsfläche der Konzentratoreinrichtung im Querschnitt gleichgroß ist wie die der Strahlenausgangsfläche, mit dem Ergebnis, dass die Strahlung, die aus der Konzentratoreinrichtung austritt, im Strahlenquerschnitt konstant geblieben ist, sich aber der Strahlenraumwinkel gegenüber der Ausgangssituation verkleinert hat, so dass diese Strahlung im Anschluss wahlweise fokussiert oder kontrolliert transportiert werden kann.

Eine besonders einfache Form der Strahlenraumverkleinerung bzw. Strahlenraumüberlagerung von Licht umfasst folgende Ausführung:

Einstrahlen von Licht auf eine optische Brechungseinrichtung zur räumlichen und zeitlichen Aufspaltung von Lichtstrahlen mit anschließender Raumüberlagerung in einer Konzentratoreinrichtung, bei der die optische Brechungseinrichtung die Form eines einfachen prismenförmigen Keils ausbildet und die Konzentratoreinrichtung ein parabolischer Spiegel ist. Die Konzentratoreinrichtung ist in dieser Ausführung so angeordnet, dass durch die Eintrittsfläche des prismenförmigen Keils eintretendes Licht, was auch gleichzeitig die Strahlenausgangsfläche darstellt, dieses an den Längsseiten des prismenförmigen Keils mit einem

verkleinerten aber räumlich und zeitlich aufgesplitteten, verlagerten Raumwinkel wieder austritt, wo bei die Konzentratoreinrichtung diese räumlich und zeitlich aufgesplitteten Raumwinkel, welche insgesamt einen großen Raumquerschnitt ergeben würden, in einen kleinen Raumquerschnitt überlagert, so dass dieser neu entstandene Raumwinkelbereich kleiner ist als der ursprüngliche Raumwinkelbereich der Ausgangssituation.

Der Lichtstrahlenquerschnitt der Lichtstrahlen verändert sich bei dieser Ausführungsform nur unwesentlich, so dass diese im Anschluss wahlweise fokussiert oder kontrolliert transportiert werden können.

Ferner wird vorteilhafterweise ein Verfahren zur Strahlenraumwinkelausrichtung dargelegt, die folgende Schritte umfassen:

Einstrahlen von Licht auf eine optische Brechungseinrichtung, welche die Divergenz der eingestrahnten Strahlung anpasst und Bestandteile des Lichts räumlich und zeitlich zueinander verschiebt, so dass im Anschluss mittels einer Konzentratoreinrichtung das aus der Brechungseinrichtung austretende Licht reflektiert, konzentriert, räumlich und zeitlich überlagert wird. Nach dieser hier mehrfach beschriebenen Strahlenraumverkleinerung werden die Lichtstrahlen in ein Auskopplungssystem überführt, was die Aufgabe hat, Lichtstrahlen, welche einen vorgegebenen Winkel von der optischen Achse weg übersteigt über eine Auskopplungseinrichtung auszukoppeln und in ein Lichtleitsystem wiederum einzukoppeln, so dass diese Strahlung durch ein Lichtleitsystem zu der ursprünglichen Eintrittsfläche transportiert und erneut in die optische Anordnung eingestrahlt werden kann, um den Prozess mit der neu zugeführten Strahlung nochmals zu durchlaufen. Auf Grund

dessen hat die verbleibende Lichtstrahlung im Auskopplungssystem nun einen vorgegebenen Strahlenwinkel zur optischen Achse, welcher nicht überschritten werden kann, so dass diese Strahlung mit einem sehr kleinen Raumwinkel die Austrittsfläche wieder verlässt.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform werden mehrere der optischen Anordnungen der Erfindung, bei denen die Strahlenausgangsfläche der Brechungseinrichtung größer ist als die Austrittsfläche der Konzentratoreinrichtung (bei konstantem Strahlenraumwinkel), über ein Lichtleitsystem miteinander verkoppelt. Dabei wird das Licht, welches aus einer Austrittsfläche einer optischen Anordnung stammt,

in einen Lichtleiter eingekoppelt. Dieser Lichtleiter, der auch Teil der Konzentratoreinrichtung sein kann, transportiert nun dieses zu einer weiteren optischen Anordnung, wobei die hier benannten optischen Anordnungen bevorzugt eine einheitliche Größe besitzen. Entscheidend dabei ist, dass der Querschnitt des Lichtleiters kleiner ist als der Querschnitt der Strahlenausgangsfläche der weiteren optischen Anordnungen. Auf Grund dieser Flächenunterschiede sind Voraussetzungen geschaffen, dass mehrere Lichtleiter aus unterschiedlichen optischen Anordnungen in eine optische Anordnung eingekoppelt werden können. Da der Strahlenraumwinkel bei verkleinertem Querschnitt konstant bleibt, können in dieser Ausführung so viele Lichtleiter in einem Querschnitt vereint werden, bis die ursprüngliche Strahlenausgangsfläche erreicht wird. Damit ergeben mehrere optische Anordnungen eine neue Strahlenausgangsfläche, welche identisch ist mit einer der ursprünglichen Strahlenausgangsflächen. Im Rahmen der physikalischen Gesetze kann somit durch Hintereinanderschalten mehrerer optischer Anordnungen der Erfindung die Bestrahlungsstärke

der Austrittsfläche einer nachfolgenden optischen Anordnung immer weiter erhöht werden, ohne den Strahlenraumwinkel zu verändern.

Die beschriebenen Ausführungsformen haben lediglich Beispielcharakter und können auch kombiniert ausgeführt werden.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert. Hierbei zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung des prismenförmigen Keils,
- Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform der Erfindung,
- Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform der optischen Anordnung der Erfindung mit einer Linse als Fokussierungseinrichtung,
- Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform der Erfindung, bei der mehrere optische Anordnungen hintereinander positioniert sind,
- Fig. 5a/b weitere typische Ausführungsform der optischen Anordnung,
- Fig. 6 eine typische Ausführungsform der optischen Anordnung in Verbindung mit einem Lichtleiter,
- Fig. 7 eine schematische Darstellung der Hintereinanderreihung einer Vielzahl von optischen Anordnungen,

- Fig. 8 eine schematische Darstellung einer optische Anordnung mit integriertem Auskopplungssystem,
- Fig. 9a/b eine schematische Darstellung zum besseren Verständnis der Raumüberlagerung und
- Fig. 10 ein schematisches Flussdiagramm der einzelnen Schritte eines Verfahrens zur Strahlenraumüberlagerung.

**Fig. 1** zeigt die schematische Funktionsweise der Brechungseinrichtung 3 in Form eines einfachen prismenförmigen Keils 13. Im Einfallswinkelbereich 9 durchlaufen Lichtstrahlen eine Strahlenausgangsfläche 14 und treffen auf die Eintrittsfläche 2 des prismenförmigen Keils 13. Die Lichtstrahlen 17 breiten sich nun entsprechend des Snelliusschen Brechungsgesetzes in dem prismenförmigen Keil 13 aus. Eine wesentliche Eigenschaft der Lichtstrahlen ist die optische Brechung durch Totalreflexion, die bei Lichtstrahlen stattfindet, die unterhalb eines bestimmten Winkels auf eine Grenzfläche eines optisch dichteren Mediums mit einem optisch weniger dichteren Medium auftreffen, hier also an den Innenflächen des prismenförmigen Keils 13. Zusätzlich wird die Laufgeschwindigkeit der Lichtstrahlung in einem optischen Medium verändert. Die optische Brechung, die veränderte Laufgeschwindigkeit und die Totalreflexion sorgen dafür, dass Lichtstrahlen 17 welche einen Strahlenquerschnitt in Form einer Strahlenausgangsfläche 14 besitzen in dem prismenförmigen Keil 13 eine räumliche und zeitliche Aufspaltung 15 erhalten, so dass die Lichtstrahlen 17 aus dem prismenförmigen Keil 13 in Form von räumlich versetzten Lichtstrahlen 17 mit einem kleineren Winkel als dem Einfallswinkel 9 wieder austreten. Dabei nimmt die Keilform direkten Einfluss auf die Querschnitts-

oder Raumwinkelgröße, welche individuell verändert werden kann. Die Brechungseinrichtung 3 dient also zum einen der Umwandlung einer Strahlenausgangsfläche 14 in eine räumliche und zeitlichen Aufsplittung 15 und zum anderen einer Winkel- bzw. Querschnittveränderung der Strahlung.

In **Fig. 2** wird eine typische Ausführungsform der optischen Anordnung 1 gezeigt. Sie umfasst eine Brechungseinrichtung 3 in Form eines prismenförmigen Keils 13 und eine Konzentratoreinrichtung 4 in Form eines parabolischen Spiegels 20, wobei die einfallenden Lichtstrahlen 17 die optische Anordnung 1 von links nach rechts durchlaufen. Die aus einem Einfallswinkelbereich 9 als Strahlenausgangsfläche 14 auftreffenden konvergenten Lichtstrahlen 17 treten durch die Eintrittsfläche 2 hindurch in den prismenförmigen Keil 13 ein, so dass diese im Anschluss an den Längsseiten des prismenförmigen Keils 13, in einen verkleinerten Raumwinkelbereich 6, räumlich und zeitlich versetzt wieder austreten. Die Konzentratoreinrichtung 4 ist nun so angeordnet, dass die aus dem prismenförmigen Keil 13 austretenden Lichtstrahlen 17 in einen Raumwinkelbereich 7 übertragen werden. In diesem Bereich 7/15 werden die Lichtstrahlen durch Reflexion ineinander auf eine verkleinerte Austrittsfläche 8 überlagert. Dies ist möglich, da der ursprüngliche Querschnitt der Strahlenausgangsfläche 14, welche als Fläche verstanden werden muss, so nicht mehr existiert. Vielmehr hat diese Fläche nun eine räumliche Ausdehnung 15 angenommen, so dass diese räumlich versetzten Lichtstrahlen 17, welche als eigenständige Räume zu verstehen sind, sich nun hintereinander bzw. untereinander einordnen können.

Da es sich bei der Strahlenausgangsmenge nicht um eine einzelne Strahlenausgangsfläche 14, sondern um einen

kontinuierlichen Strahlenfluss handelt, hat die Konzentratoreinrichtung 4 die Aufgabe, einen Energiefluss, genaugenommen also unterschiedliche Strahlenausgangsflächen 14 zeitlich und räumlich in sich zu überlagern, was in dieser Ausführung zu einer Winkelverkleinerung bei etwa gleichbleibendem Strahlenausgangsfläche 14 führt.

In **Fig. 3** wird eine typische Ausführungsform der optischen Anordnung 1 gezeigt. Sie umfasst eine Brechungseinrichtung 3 in Form eines prismenförmigen Keils 13, eine Konzentratoreinrichtung 4 in Form eines parabolischen Spiegels 20 und einer Fokussierungseinrichtung 16 in Form einer Linse, wobei diese die sich divergent aus der Austrittsfläche 8 ausbreitende Strahlung wieder in einer Abbildung 18 reproduziert. Diese reproduzierte Abbildung 18 besitzt nun den gleichen Durchmesser wie der Querschnitt der Strahlenausgangsfläche 14. Dabei ist die Erhaltung der optischen Abbildung nicht relevant, sondern lediglich die Fokussierung der Strahlungsleistung. Der Raumwinkel 10 von der reproduzierten Abbildung 18 ist in dieser Ausführung immer noch kleiner als der Raumwinkel 9 der ursprünglichen Strahlenausgangsfläche 14.

Der verkleinerte Raumwinkel 10 stellt somit einen Raum zur Verfügung, über den weitere Strahlung 9 auf die Abbildung 18 projizierbar ist. Das wird in Fig. 4 gezeigt.

In **Fig. 4** ist eine schematische Darstellung der Hintereinanderreihung einer optischen Anordnung 1 mit weiteren gleichartigen optischen Anordnungen 11 gezeigt. Dabei befindet sich die Position der Abbildung 18 der optischen Anordnung 1 an der Position der nächstfolgenden weiteren optischen Anordnung 11, so dass die Lichtstrahlen 17 auf eine Abbildung 18 gebündelt werden. Auf Grund der

Raumwinkelverkleinerung der Abbildung 18 gegenüber der Ausgangsstrahlung 9 bei gleichbleibendem Querschnitt, werden neben den Lichtstrahlen 17 zusätzliche Lichtstrahlen 12 auf die Abbildung 18 gebündelt, so dass sowohl die Lichtstrahlen 17 als auch die zusätzlichen Lichtstrahlen 12 in den prismenförmigen Keil 13 der nächstfolgenden weiteren optischen Anordnung 11 eintreten. Bei jeder weiteren optischen Anordnung 11 werden nun zusätzliche Lichtstrahlen 12 in gleicher Weise auf eine jeweils nächstfolgende Eintrittsfläche 2 fokussiert.

Im Rahmen der physikalischen Gesetze kann somit durch Hintereinanderschalten mehrerer optischer Anordnungen 1/11 der Erfindung die Bestrahlungsstärke der Austrittsfläche einer nächstfolgenden optischen Anordnung immer weiter erhöht werden, ohne den Raumwinkel oder den Strahlenquerschnitt zu verändern.

In **Fig. 5a/b** sind weitere typische Ausführungsformen der optischen Anordnung 1/11 gezeigt. Sie umfassen eine Brechungseinrichtung 3 in Form eines teilweise verspiegelten Doppelkeils 13 und eine Konzentratoreinrichtung 4 in Form eines prismenförmigen Keils 19 mit einer höheren optischen Dichte als 3/13, wobei einfallende Lichtstrahlen 17 die optische Anordnung 1 von links nach rechts durchlaufen. Die aus einem Einfallswinkelbereich 9 auf die Strahlenausgangsfläche 14 auftreffenden konvergenten Lichtstrahlen 17 treten durch die Eintrittsfläche 2 hindurch in den prismenförmigen Keil 13 ein und treten an den Längsseiten des prismenförmigen Keils 13 wieder aus. Die Konzentratoreinrichtung 4 ist nun so angeordnet, dass die in einem ersten Raumwinkelbereich aus dem prismenförmigen Keil 13 austretenden räumlich und zeitlich versetzten Lichtstrahlen auf einen zweiten Raumwinkelbereich 7

übertragen werden, wobei der zweite Raumwinkelbereich 7/15 diese Strahlung durch optische Brechung, veränderte Laufgeschwindigkeit und der Totalreflexion ineinander überlagert. Dies ist möglich, da der ursprüngliche Ausgangsquerschnitt der Strahlenausgangsfläche 14, welcher eine zeitliche Linie für diese Energie darstellt nicht mehr als zeitliche Linie existiert, sondern sich als eine räumliche Ausdehnung 15 darstellt, so dass diese räumlich versetzten Energiepunkte nun die Möglichkeit haben sich zeitlich hintereinander bzw. untereinander einzuordnen. Da es sich bei der Strahlenausgangsmenge nicht um eine einzelne Strahlenausgangsfläche 14, sondern um einen kontinuierlichen Strahlenfluss handelt, hat die Konzentratoreinrichtung 4 die Aufgabe, einen Energiefluss, also unterschiedliche Strahlenausgangsflächen 14 räumlich in sich zu überlagern, was je nach Ausführung zu einer Winkelverkleinerung

(Fig. 5a) bei gleichbleibender Strahlenausgangsfläche 14 führt und/oder zu einer Strahlenausgangsflächenverkleinerung (Fig.5b) ohne Raumwinkelveränderung gegenüber der Ausgangsstrahlung 9 kommt.

In **Fig. 6** ist eine typische Ausführungsform der optischen Anordnung 1 gezeigt. Sie umfasst eine Brechungseinrichtung 3 in Form eines teilweise verspiegelten Doppelkeils 13, eine Konzentratoreinrichtung 4 in Form eines prismenförmigen Keils 19 mit einer höheren optischen Dichte als 3 und ein Lichtleitsystem 21, wobei die einfallenden Lichtstrahlen 17, welche die optische Anordnung 1 von links nach rechts durchlaufen, direkt von der Konzentratoreinrichtung 4 in ein Lichtleitsystem 21 eingespeist werden, so dass die in diesem System befindliche Lichtstrahlung an jeden beliebigen Ort transportiert werden kann. Vorteilhaft wäre hier, dass die Konzentratoreinrichtung 4 und der Lichtleiter 21 eine

gemeinsame Einheit bilden.

In **Fig. 7** ist eine schematische Darstellung der Hintereinanderreihung einer optischen Anordnung 1 mit weiteren gleichartigen optischen Anordnungen 11 gezeigt. Dabei werden die Lichtstrahlen 17, welche aus einer Austrittsfläche 8 einer optischen Anordnung 1 stammt, mit Hilfe eines Lichtleiters 21 auf eine Strahlenausgangsfläche 14 transportiert. Erkennbar ist, dass der Lichtleiter 21, welcher die Lichtstrahlen transportiert, einen wesentlich kleineren Querschnitt besitzt als der Strahlenquerschnitt der Strahlenausgangsfläche 14 auf die es trifft. Auf Grund dieser Querschnittunterschiede sind Voraussetzungen geschaffen, dass mehrere Lichtleiter 21, welche aus unterschiedlichen optischen Anordnungen 1 stammen, in eine optische Anordnung 11 eingekoppelt werden können.

Dadurch wird es möglich, zusätzliche Lichtstrahlen in die nachfolgende Eintrittsfläche 2 einstrahlen zu lassen. Im Rahmen der physikalischen Gesetze kann somit durch Hintereinanderschalten mehrerer optischer Anordnungen 1/11 der Erfindung die Bestrahlungsstärke der Austrittsfläche 8 einer nächstfolgenden optischen Anordnung 11 immer weiter erhöht werden, ohne den Raumwinkel oder den Strahlenquerschnitt zu verändern.

Ein Beispiel soll das Potenzial verdeutlichen: Ausgegangen wird davon, dass in einer optischen Anordnung das Verhältnis der Flächenverkleinerung von Strahlenausgangsfläche 14 zur Austrittsfläche 8  $1 : 5$  beträgt.

Die Ausgangsstrahlung stellt jeweils einen fokussierten Brennpunkt (z.B. Sonnenstrahlen) dar, wobei dieser eine Lichtkonzentration von  $1 : 600$  aufweist.

Bei einer Reihenschaltung, bei der die Lichtstrahlen nur

fünf optische Anordnungen durchlaufen, entsteht bereits eine Lichtkonzentration von über 1 : 1,8 Millionen.

Würde ein Brennpunkt doppelt so viele optische Anordnungen durchlaufen, erreicht die Lichtkonzentration mathematisch betrachtet eine unvorstellbare Größe von über 1 : 5,8 Milliarden.

In **Fig. 8** ist eine schematische Darstellung einer optischen Anordnung 1 mit integriertem Auskopplungssystem 23 dargestellt. Im Einfallswinkelbereich 9 durchlaufen Lichtstrahlen 17 eine Strahlenausgangsfläche 14 und treffen auf die Brechungseinrichtung 3, wobei diese Lichtstrahlen 17 im Anschluss mittels einer Konzentratoreinrichtung 4, welche eine höhere optische Dichte als 3 besitzt, räumlich und zeitlich überlagert werden. Die in der Konzentratoreinrichtung 4 befindlichen Lichtstrahlen 17 werden nun im Anschluss mittels der Totalreflexion oder verspiegelter Flächen in ein Auskopplungssystem 23 weitertransportiert. Dieses Auskopplungssystem besteht aus einem optischen Medium, was der Konzentratoreinrichtung 4 entspricht oder ähnelt. An diesem Auskopplungssystem 23 befindet sich in einem Abschnitt eine Auskopplungseinrichtung 24, welche direkt mit dem Auskopplungssystem 23 verbunden ist, wobei die Auskopplungseinrichtung 24 ein optisches Medium darstellt, welches eine geringere optische Dichte besitzt als das Auskopplungssystem 23 selbst. Die Auskopplungseinrichtung 24 ist in ihrem weiteren Verlauf als ein Lichtleitsystem zu verstehen, was die Aufgabe übernimmt, Lichtstrahlen 17 zu transportieren. Treffen aus dem Auskopplungssystem 23 Lichtstrahlen 17 auf den Abschnitt der Auskopplungseinrichtung 24, so werden diese je nach ihrer Winkelstellung an dieser Grenzfläche 22 total reflektiert oder hindurch gelassen. Ziel ist es, Lichtstrahlen 17 mit

einem zu großen Winkel zur optischen Achse 5 aus dem Auskopplungssystem 23 herauszufiltern, um diese im Anschluss über ein Lichtleitsystem 21 erneut in den Ausgangsprozess einzubinden. Die verbleibenden Lichtstrahlen 17 im Auskopplungssystem 23 haben nun einen vorgegebenen Maximalwinkel zur optischen Achse 5, welcher nicht überschritten werden kann, so dass diese im Anschluss mit einem kleineren Raumwinkel 10 das Auskopplungssystem 23 über die Austrittsfläche 8 wieder verlassen. Natürlich sind auch hier unterschiedliche Verschmelzungen von optischen Anordnungen mit unterschiedlichen Ausführungen möglich.

Ziel ist es, Lichtstrahlen aus einem diffusen großen Raumwinkelbereich in einen kleinen geordneten Raumwinkelbereich umzuwandeln.

In der **Fig. 9a/b** ist ein einfacher optischer Keil als Brechungseinrichtung 3 dargestellt, der die Verfahrensweise und den Zusammenhang der Strahlenraumverkleinerung durch die zeitliche und räumliche Verschiebung der Lichtstrahlen 17 noch einmal verdeutlichen soll.

Aus diesem Grund werden in Fig. 9a einem Keil als Brechungseinrichtung 3 auf einer großen Eintrittsfläche 2 Lichtstrahlen 17 zugeführt. Das Ziel ist, dass die Lichtstrahlen 17 über die kleinere Austrittsfläche 8 den Keil als Brechungseinrichtung 3 wieder verlassen sollen.

Dies ist mit dem vereinfacht dargestellten Verfahren in Fig. 9a aber nur bedingt möglich, da hier aus physikalischen Gründen (Totalreflexion), nur ein Teil der Strahlung die Austrittsfläche 8 passieren kann.

Es wird ersichtlich, dass der obere Teil der Lichtbündel 25

die Austrittsfläche 8 problemlos durchdringen kann, der untere Teil der Lichtbündel 26, welche über die Eintrittsfläche 2 in den Keil als Brechungseinrichtung 3 eindringen, verlassen jedoch den Keil auch wieder über die Eintrittsfläche 2.

Dies ist darin begründet, dass die Lichtbündel 25 und 26 auf Grund ihrer Größe die Austrittsfläche nicht gleichzeitig passieren können.

Nun besteht die Möglichkeit mit dem neuen Verfahren Einfluss auf die Strahlung in ihrer zeitlichen und räumlichen Anordnung zu nehmen.

In Fig. 9b wird in den einfachen optischen Keil als Brechungseinrichtung 3 ein weiteres optisches Element mit einer höheren optischen Dichte als der Keil mit eingebracht. Diese Konzentratoreinrichtung 4 verändert nun speziell die zeitliche und räumliche Strahlung von den Lichtbündeln 25 und 26 in der optischen Anordnung, so, dass diese zeitlich voneinander versetzt sind. Auf Grund dieser zeitlichen Verlagerung können nun die Lichtbündel 25 und 26 die Austrittsfläche 8 problemlos passieren. Würde man die Ausgangsstrahlung als einzelne Energieteilchen in einer Zeitebene betrachten, dann würde man feststellen, dass in Fig. 9b diese einzelnen Lichtteilchen mit unterschiedlichen Zeiten durch die Austrittsfläche 8 strömen. Auf Grund dieser Zeitverschiebung ist es möglich, Strahlung räumlich so zu überlagern, dass bei einem kontinuierlichen Strahlenfluss diese Energie in einem vorgegebenen Raum oder Winkel überlagert existieren können.

In **Fig. 10** ist der schematische Ablauf der einzelnen Schritte eines Verfahrens zur Erhöhung der Energiedichte von

Strahlung - hier Licht - mittels einer Lichtstrahlenraumverkleinerung durch Strahlenraumüberlagerung eines Lichtstrahlenbündels und zur Lichtstrahlenraumüberlagerung mehrerer Lichtstrahlenbündel dargestellt, mit dem Ziel der grundsätzlichen Trennung des Strahlenraumwinkels vom dazugehörigen Raumquerschnitt, so dass diese unabhängig voneinander in ihrer Größe variabel sind.

Im ersten Schritt wird ein Strahlenbündel, welches auch ein fokussierter Brennpunkt sein kann auf eine Eintrittsfläche einer optischen Anordnung 1 eingestrahlt 101. Anschließend wird in einer Brechungseinrichtung 102 die Divergenz der eingestrahlten Strahlung angepasst und Bestandteile des Lichts räumlich und zeitlich zueinander verschoben. Das aus der Brechungseinrichtung austretende räumlich aufgesplittete Licht wird dann in einer Konzentratoreinrichtung 103 räumlich und zeitlich überlagert, so dass nach Durchlaufen der Konzentratoreinrichtung das Licht mit einem verkleinerten Strahlenraum durch ein Lichtleitsystem (104) in Form von Fokussierungseinrichtungen, verspiegelten Hohlkörper oder Lichtleiter zu einer weiteren optischen Anordnungen (106) zur Lichtstrahlenraumüberlagerung transportiert wird.

Die in ihrem Strahlenraum verkleinerten Lichtstrahlen können dann mit weiteren Lichtstrahlenräumen zusammen geführt werden (105) wobei der damit entstandene Querschnitt eine neue Strahlenausgangsfläche darstellt, aus der die austretenden Lichtstrahlen, welche aus einer Vielzahl von optischen Anordnungen stammen, auf die Eintrittsfläche einer Brechungseinrichtung (107) treffen, welche die Divergenz der eingestrahlten Strahlung anpasst und Bestandteile des Lichts räumlich und zeitlich zueinander verschiebt. Das aus der Brechungseinrichtung austretende räumlich aufgesplittete

Licht wird im Anschluss mittels einer Konzentratoreinrichtung (108) räumlich und zeitlich überlagert, so dass dieses über eine Austrittsfläche in Form einer Lichtstrahlenraumüberlagerung in Kombination mit einer Lichtstrahlenraumverkleinerung (109) wieder verlässt, so dass der Prozess der Strahlenraumverkleinerung und der Strahlenraumüberlagerung erneut beginnen kann.

## Bezugszeichenliste

|         |  |
|---------|--|
| 1       | optische Anordnung   |
| 2       | Eintrittsfläche  |
| 3       | Brechungseinrichtung                                       |
| 4       | Konzentratoreinrichtung                                    |
| 5       | optische Achse   |
| 6       | neu entstandener Raumwinkelbereich                         |
| 7       | überlagerter Raumwinkelbereich                             |
| 8       | Austrittsfläche  |
| 9       | Einfallswinkelbereich auf die Eintrittsfläche              |
| 10      | reproduzierter Winkel                                      |
| 11      | weitere optische Anordnung                                 |
| 12      | zusätzliche Lichtstrahlen                                  |
| 13      | prismenförmiger Keil                                       |
| 14      | Strahlenausgangsfläche                                     |
| 15      | räumliche und zeitliche Aufspaltung der<br>Lichtstrahlung  |
| 16      | Fokussiereinrichtung                                       |
| 17      | Lichtstrahlen  |
| 18      | Abbildung als fokussierter Energiepunkt                    |
| 19      | prismenförmiger Keil mit höherer optischen<br>Dichte als 3 |
| 20      | verspiegelte Flächen                                       |
| 21      | Strahlungsleitsystem, insbesondere<br>Lichtleitsystem      |
| 22      | Grenzfläche  |
| 23      | Auskopplungssystem   |
| 24      | Auskopplungseinrichtung                                    |
| 25      | Lichtbündel  |
| 26      | Lichtbündel  |
| 101-109 | Verfahrensschritte   |

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erhöhung der Energiedichte von Licht oder anderer Strahlung, ausgebildet als eine optische Anordnung (1), welche mindestens eine optische Brechungseinrichtung (3) und eine Konzentratoreinrichtung (4) umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass  
  
in der optischen Anordnung (1) die optische Brechungseinrichtung (3) zur Divergenzanpassung, sowie dem räumlichen und zeitlichen Repositionieren (15) von Bestandteilen des mit einem Raumwinkel (9) und einer Strahlenausgangsfläche (14) einfallende Licht (17) oder anderen Strahlung die Form eines prismenförmigen Keils (13) aufweist und die Konzentratoreinrichtung (4) so angeordnet ist, dass durch die Konzentratoreinrichtung (4) das aus der Brechungseinrichtung (3) austretende räumlich aufgesplittete Licht oder die Strahlung reflektierbar, konzentrierbar, räumlich und zeitlich überlagerbar ist, so dass das Licht/Strahlung mit einem verkleinerten Strahlenraum aus der Konzentratoreinrichtung (4) austritt.
  
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
  
der verkleinerte Strahlenraum einen Raumwinkel (10) aufweist, der kleiner ist als der Raumwinkel (9) der ursprünglichen Strahlungsausgangsfläche (14), ohne dass sich der dazugehörige Raumquerschnitt verändert.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Raumwinkel (10) durch Zugabe weiterer Strahlen (12) bis zu einem Raumwinkel (9) ergänzt ist.
  
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der verkleinerte Strahlenraum eine Austrittsquerschnittsfläche (8) aufweist, die kleiner ist als der Querschnitt der ursprünglichen Strahlenausgangsfläche (14), ohne dass sich der dazugehörige Raumwinkel verändert.
  
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Austrittsquerschnittsfläche (8) durch Zugabe weiterer Strahlen (12) bis zum Querschnitt der ursprünglichen Strahlenausgangsfläche (14) ergänzt ist.
  
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der um Strahlen (12) ergänzte Raumwinkel/Querschnitt (10/8) einer weiteren strahlungsoptischen Anordnung (11), welche mindestens eine Brechungseinrichtung (3) und eine Konzentratoreinrichtung (4) umfasst, zugeleitet wird.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass

die Konzentratoreinrichtung (4) eine parabolische Form hat oder ein optisch geschwungener prismenförmiger Keil mit einer höheren optischen Dichte als die Brechungseinrichtung (3) ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass

die Brechungseinrichtung (3) ein teilweise verspiegelter prismenförmiger Doppelkeil (13) ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass

die Brechungseinrichtung (3) selbst eine Strahlungsquelle ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass

Ausgangsstrahlung, welche in die Brechungseinrichtung (3) einstrahlt, ein fokussierter Brennpunkt ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass

die Fokussiereinrichtung (16) eine Linse oder ein Linsensystem ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass

das Strahlenleitsystem (21) verspiegelte Hohlkörper aufweist oder ein Lichtleiter ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass

der Teil der Lichtstrahlung, welcher ein vorgegebenen Winkel zur optischen Achse (5) überschreitet, in einem Auskopplungssystem (23) über eine Auskopplungseinrichtung (24) mit Hilfe eines Lichtleiters in die Eintrittsfläche(2) der optischen Anordnung(1/11) rückgekoppelt ist.

14. Verfahren zur Erhöhung der Energiedichte von Strahlung mittels einer Strahlenraumverkleinerung durch Strahlenraumüberlagerung eines Strahlenbündels oder zur Strahlenraumüberlagerung mehrerer Strahlenbündel, die folgenden Schritte umfassen: Einstrahlen eines Strahlenbündels durch eine Strahlenausgangsfläche auf eine optische Brechungseinrichtung (101), welche einen prismenförmigen Keil oder teilweise verspiegelten Doppelkeil darstellt, die die Divergenz der eingestrahnten Strahlung anpasst und die Bestandteile der

Strahlung räumlich und zeitlich zueinander verschiebt (102), wonach im Anschluss mittels einer Konzentratoreinrichtung (103), die einen parabolischen Spiegel oder einen optischen Keil darstellt, die aus der Brechungseinrichtung austretende räumlich aufgesplittete Strahlung reflektiert, konzentriert, räumlich und zeitlich überlagert, so das nach dem Durchlaufen der Konzentratoreinrichtung die Strahlung diese mit einem verkleinerten Strahlenraum wieder verlässt.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass

der verkleinerte Strahlenraum durch ein Leitsystem (104) in Form von Fokussierungseinrichtungen, verspiegelten Hohlkörpern oder Lichtleitern zu einer weiteren optischen Anordnung (106) zur Strahlenraumüberlagerung transportiert wird, der verkleinerte Strahlenraum mit weiteren Strahlenräumen zusammengeführt wird (105) und der so neu entstehende Strahlenraum eine neue Strahlengröße darstellt, wobei diese auf die Eintrittsfläche einer Brechungseinrichtung (107) treffen, welche die Divergenz der eingestrahnten Strahlung anpasst und Bestandteile der Strahlung räumlich und zeitlich zueinander verschiebt, wobei im Anschluss mittels einer Konzentratoreinrichtung (108) die aus der Brechungseinrichtung austretende räumlich aufgesplittete Strahlung reflektiert, konzentriert, räumlich und zeitlich überlagert wird, so das nach Durchlaufen der Konzentratoreinrichtung die Strahlung über die Austrittsfläche in Form einer Strahlenraumüberlagerung in Kombination mit einer Strahlenraumverkleinerung (109) wieder verlässt.



Fig. 2

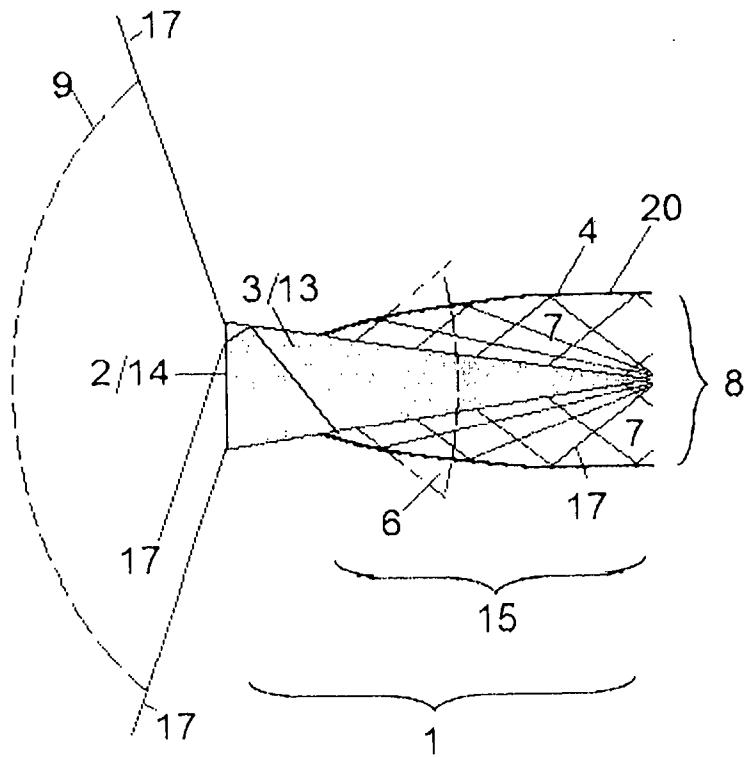


Fig. 3

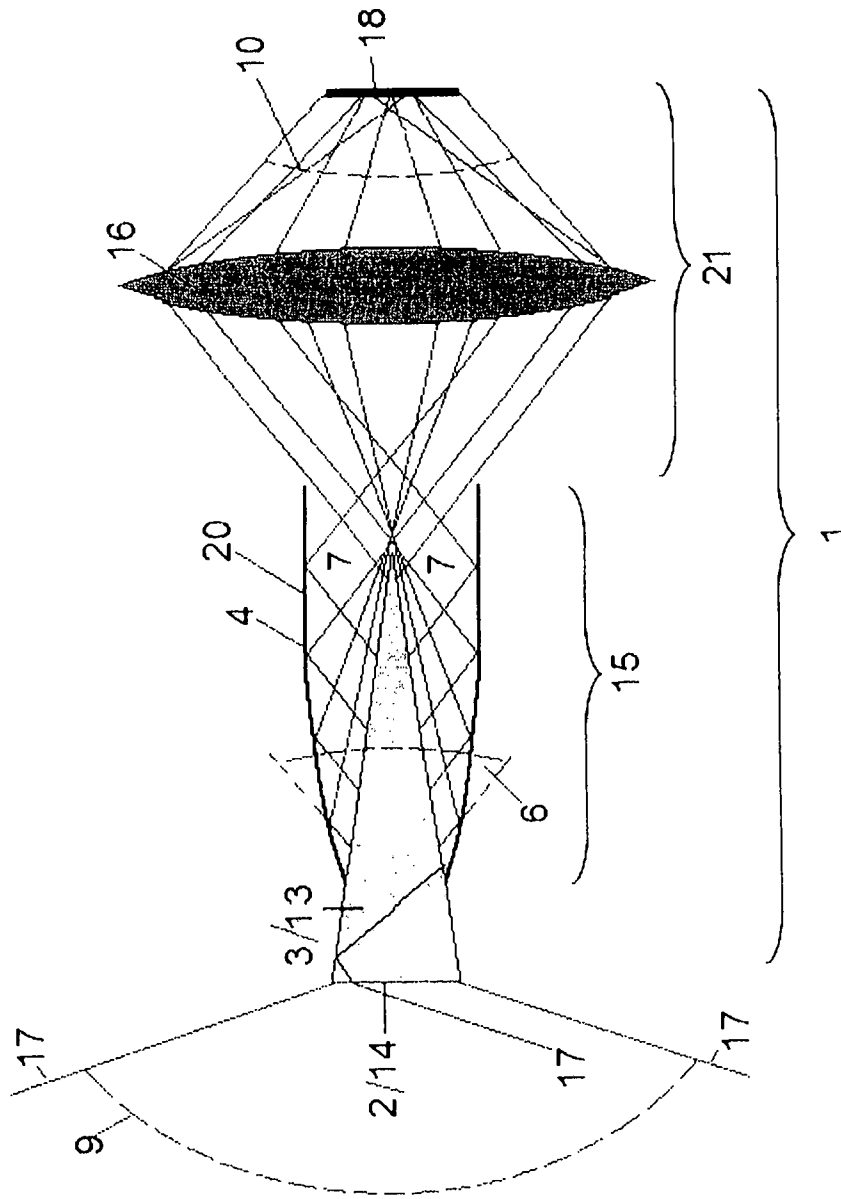


Fig. 4

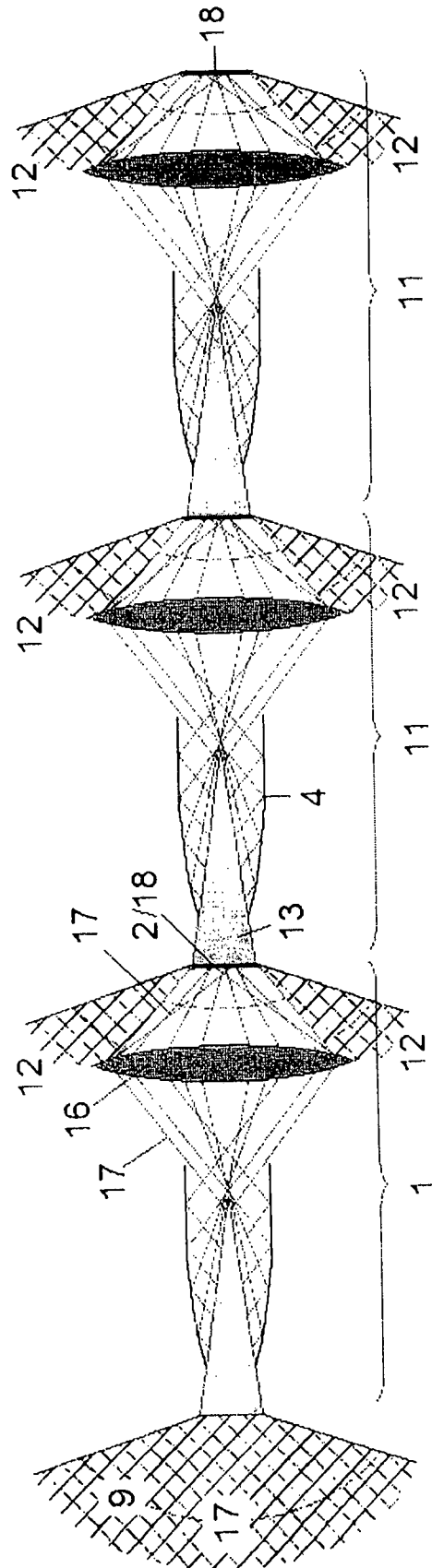
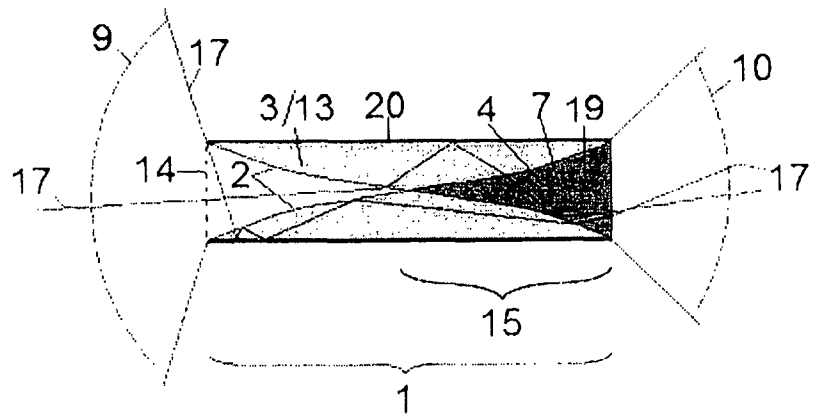


Fig. 5

a



b

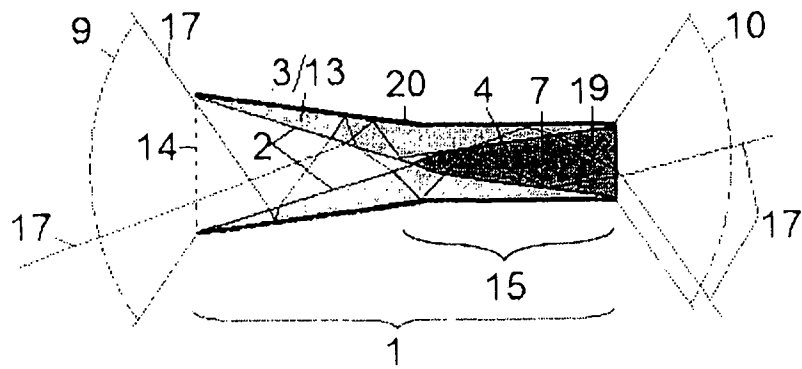


Fig. 6

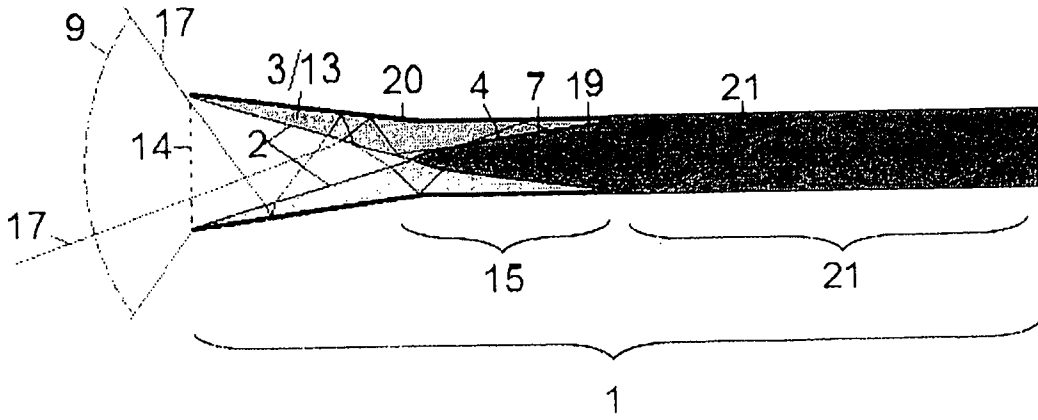
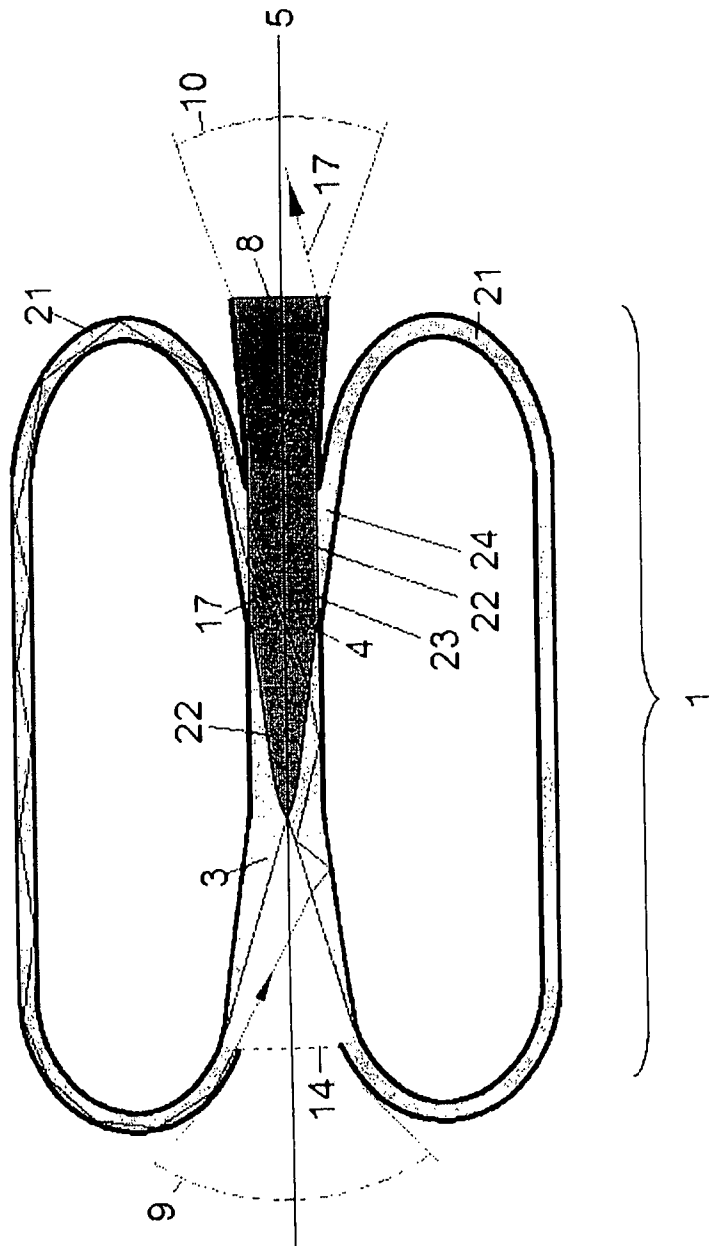




Fig. 8



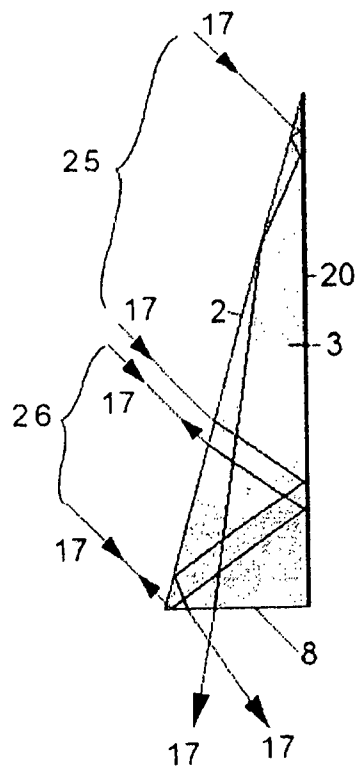


Fig 9 a

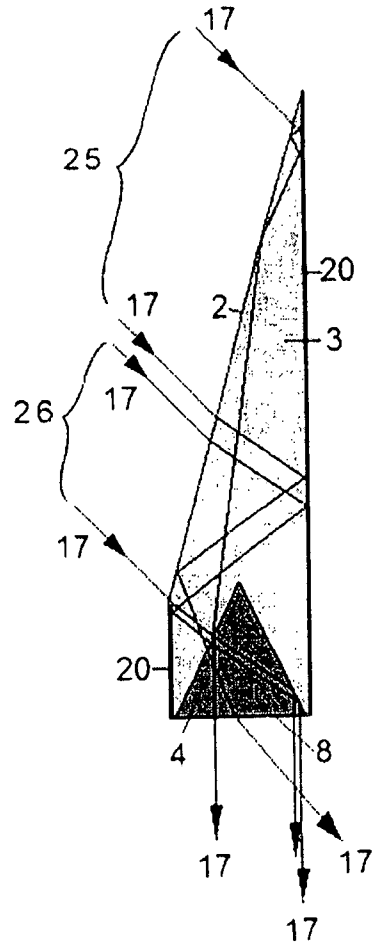


Fig 9 b

Fig. 10

