(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 09 801 T2** 2007.09.13

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 401 066 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 09 801.0**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 255 938.7**
(96) Europäischer Anmeldetag: **23.09.2003**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **24.03.2004**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **22.11.2006**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **13.09.2007**

(51) Int Cl.[8]: ***H01S 3/06*** (2006.01)

(30) Unionspriorität:
252600 **23.09.2002** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR

(73) Patentinhaber:
Litton Systems, Inc., Los Angeles, Calif., US

(74) Vertreter:
Benedum, U., Dipl.-Chem.Univ.Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 80333 München

(72) Erfinder:
Peterson, Brian Lee, Charlotte North Carolina 28227, US; Tooly, Clark Emory, Fort Mill South Carolina 29715, US

(54) Bezeichnung: **Mikrolaser mit Frequenzverdopplung im Resonator und Justage durch Drehen von Elementen**

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

[0001] Die Erfindung betrifft allgemein ein elektro-optisches System, das eine Hohlraumbaugruppe enthält, und zugehörige Verfahren zum Einbau in ein Gehäuse. Die Erfindung betrifft insbesondere ein elektro-optisches System, das eine Laserhohlraum-Baugruppe enthält sowie zugehörige Verfahren zum Einbau des elektro-optischen Systems in ein Gehäuse.

[0002] Elektro-optische Systeme werden in zahlreichen modernen Anwendungen eingesetzt, beispielsweise laserinduzierte Fluoreszenz, Mikrobearbeitung und Laserspektroskopie. Sie werden immer stärker verkleinert, so dass zahlreiche elektro-optische Komponenten gemeinsam auf der gleichen Plattform montiert werden. Die Plattform enthält in aller Regel eine elektro-optische Baugruppe, die auf einer Wärmesinke montiert sein kann, beispielsweise einer Wärmepumpe oder einem ähnlichen Bauteil. Damit werden zumindest Teile der elektro-optischen Baugruppe stets aus einem Wärme leitenden Material hergestellt, beispielsweise einem Metall oder einem Halbleiter, so dass ein Weg mit relativ geringem Wärmewiderstand von den verschiedenen elektro-optischen Komponenten der elektro-optischen Baugruppe zur darunter liegenden Wärmesinke bereitgestellt wird.

[0003] Die verschiedenen Komponenten des elektro-optischen Systems müssen – damit sie korrekt funktionieren – präzise ausgerichtet sein. Beispielsweise erfordert ein elektro-optisches System, das eine Pumpdiode und einen zugehörigen Laserkristall oder ein aktives Verstärkungsmedium enthält, dass die Pumpdiode mit dem Laserkristall und auch mit den verschiedenen anderen optischen Komponenten, z. B. den anderen elektro-optischen Komponenten, den Linsen, Spiegeln usw., exakt ausgerichtet ist. Ein derartiges System ist in US-4,827,485 offenbart. Diese Ausrichtung stellt stets eine gewisse Herausforderung dar. Da die verschiedenen Komponenten der elektro-optischen Systeme immer kleiner werden, ist die Ausrichtung der verschiedenen Komponenten eines elektro-optischen Systems zunehmend kritischer und schwieriger geworden.

[0004] Nach der korrekten Montage der verschiedenen elektro-optischen Elemente auf der elektro-optischen Baugruppe wird die entstandene Baugruppe einschließlich der elektro-optischen Baugruppe und sämtlicher darunter liegender Wärmesinken normalerweise in einem geeigneten Gehäuse montiert, beispielsweise einem TO-3- oder TO-8-Gehäuse. Bisher vorgeschlagene elektro-optische Gehäuse, beispielsweise TO-3- oder TO-8-Gehäuse, umfassen eine Anzahl leitender Stifte, die elektrisch mit den zugehörigen Anschlüssen der entstandenen Baugruppe verbunden werden müssen, damit dem elektro-optischen System die benötigte elektrische Energie geliefert wird. Selbst bei korrekter Montage der verschiedenen elektro-optischen Komponenten auf der elektro-optischen Baugruppe kann die Befestigung der entstandenen Baugruppe im Gehäuse und das Herstellen der elektrischen Verbindungen zwischen den leitenden Stiften des Gehäuses und den zugehörigen Anschlüssen der entstandenen Baugruppe die Leistungsfähigkeit des elektro-optischen Systems nachteilig beeinflussen. Im Einzelnen erfordert die Montage der resultierenden Baugruppe in einem Gehäuse generell Manipulationen an der entstandenen Baugruppe, die die entstandene Baugruppe und insbesondere die verschiedenen elektro-optischen Komponenten statischer Elektrizität oder anderen schädlichen Einflüssen aussetzen können. Zusätzlich können solche Gehäuseeinbautechniken, zu denen der Aufbau geeigneter elektrischer Verbindungen zwischen den leitenden Stiften eines Gehäuses und den jeweiligen Anschlüssen der entstandenen Baugruppe gehört, die verschiedenen elektro-optischen Komponenten nachteilig erwärmen.

[0005] Es sind verschiedene miniaturisierte elektro-optische Systeme entwickelt worden, die elektro-optische Baugruppen und zugehörige Wärmesinken enthalten, die eine Wärmeabfuhr für die diversen elektro-optischen Komponenten bieten. Es besteht jedoch nach wie vor Bedarf an verbesserten Techniken zum Ausrichten der verschiedenen elektro-optischen Komponenten eines miniaturisierten elektro-optischen Systems. Hierzu werden häufig kardanisch aufgehängte Baugruppen verwendet, um die verschiedenen elektro-optischen Kristallkomponenten radial anzuordnen. Durch die nahezu freie Drehbewegung zahlreicher bisher vorgeschlagener kardanisch aufgehängter Baugruppen neigen die kardanisch aufgehängten Baugruppen dazu, sich unerwünscht zu drehen, wenn geringe Kräfte auf die verschiedenen Komponenten der Baugruppe oder die Baugruppe selbst einwirken.

[0006] Zudem besteht nach wie vor Bedarf an verbesserten Gehäuseeinbautechniken, damit man elektro-optische Systeme geeignet in Gehäuse einbauen kann, ohne die elektro-optischen Komponenten nachteilig zu beeinflussen. Zusätzlich besteht stets Bedarf an verbesserten Gehäuseeinbautechniken, damit man elektro-optische Systeme geeignet in Gehäuse einbauen kann und dazu nur so viele Komponenten wie nötig verwendet. In dieser Hinsicht wird ein System, das weniger Komponenten aufweist, fehlertoleranter, es hat weniger Gewicht, und es kann weniger kosten als bisher vorgeschlagene elektro-optische Systeme.

[0007] Es ist daher erwünscht, eine Hohlraumbaugruppe bereitzustellen, die zumindest eine Ausrichtbaugruppe enthält, die dem Ausrichten der entsprechenden Komponenten eines elektro-optischen Sys-

tems dient. Die Ausrichtbaugruppen richten die elektro-optischen Komponenten aus und halten die elektro-optischen Komponenten in einer Weise, die verglichen mit herkömmlichen kardanisch aufgehängten Baugruppen keine unerwünschte freie Drehbewegung erlaubt. Zusätzlich ist erwünscht, ein elektro-optisches System bereitzustellen, das eine Hohlraumbaugruppe enthält und ein Gehäuse besitzt, das dem Schutz der Hohlraumbaugruppe vor der äußeren Umgebung dient und Wärme von der Hohlraumbaugruppe ableitet. Eine derartige Hohlraumbaugruppe erfordert keine eigene Wärmesinke, und es werden daher weniger Komponenten verwendet als bei bisher vorgeschlagenen Hohlraumbaugruppen. Es ist auch erwünscht, zugeordnete Verfahren zum Einbau des elektro-optischen Systems und der Hohlraumbaugruppe in ein Gehäuse bereitzustellen.

[0008] Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird ein elektro-optisches System bereitgestellt, umfassend ein Gehäuse, das einen Innenhohlraum bestimmt; eine Hohlraumgruppe, die im Innenhohlraum des Gehäuses angeordnet ist, wobei die Hohlraumgruppe ein aktives Verstärkungsmedium umfasst; und die Hohlraumgruppe zudem mindestens eine Ausrichtgruppe aufweist, worin mindestens eine Ausrichtgruppe so ausgelegt ist, dass sie mindestens eine elektro-optische Komponente derart aufnehmen kann, dass die mindestens eine elektro-optische Komponente so angeordnet werden kann, dass eine optische Achse der elektro-optischen Komponente in einem Winkel zur optischen Achse des aktiven Verstärkungsmediums versetzt ist, und derart, dass die mindestens eine elektro-optische Komponente mindestens partiell mit der optischen Achse des aktiven Verstärkungsmediums ausgerichtet ist, weil sich die optische Achse des aktiven Verstärkungsmediums mindestens teilweise durch die mindestens eine elektro-optische Komponente erstreckt; und wobei die mindestens eine Ausrichtgruppe gegenüber dem aktiven Verstärkungsmedium derart drehbar angeordnet ist, dass ein Verdrehen der mindestens einen Ausrichtgruppe zum aktiven Verstärkungsmedium die Winkelversetzung der optischen Achse der elektro-optischen Komponente zur optischen Achse des aktiven Verstärkungsmediums verändert, um hierdurch die Ausrichtung der elektro-optischen Komponente zur optischen Achse des aktiven Verstärkungsmediums zu verändern, und das Verdrehen der mindestens einen Ausrichtgruppe und des aktiven Verstärkungsmediums um eine Achse erfolgt, die mindestens partiell zur optischen Achse des aktiven Verstärkungsmediums ausgerichtet ist.

[0009] JP-A-06224494 offenbart eine Festkörper-Laserbaugruppe, die ein Gehäuse enthält, das einen Winkelregulierring aufweist, der dem Regulieren eines Winkels eines nichtlinearen optischen Elements bezüglich eines Lasermediums dient. Ein Drehen des Winkelregulierrings bewirkt eine Drehung eines O-Rings, der seinerseits die Drehung einer Elementhalterung bewirkt, in der das optische Element angeordnet ist. Anders als in der Erfindung ist die Baugruppe von JP-A-06224494 jedoch innerhalb des Gehäuses angeordnet, so dass die optische Achse der elektro-optischen Komponente mit der optischen Achse des Lasermediums ausgerichtet ist und keinen Winkel damit einschließt, und eine relative Drehung der elektro-optischen Komponente und des Lasermediums ändert diese Ausrichtung nicht, und sie ändert auch die Winkel der jeweiligen Achsen zueinander nicht.

[0010] DE-3745125 offenbart einen diodengepumpten Festkörper-Laserkopf, wobei der Laserkopf einen Laserstab und einen Ausgabekopplungsspiegel aufweist, die einen Laserhohlraum bilden. Ein in dem Hohlraum angeordneter Frequenzverdopplungskristall liefert ein frequenzverdoppeltes Ausgangssignal und kann in einer Kugelbefestigung montiert sein, die ein davon ausgehendes hohles Rohr umfasst. Die Winkelposition des hohlen Rohrs kann man mit Hilfe von Einstellschrauben einstellen, die das Rohr berühren.

[0011] In einer Ausführungsform der Erfindung wird ein elektro-optisches System bereitgestellt, umfassend ein Gehäuse, das aus einem thermisch leitenden Material hergestellt ist und einen inneren Hohlraum bestimmt. Das Gehäuse kann zusätzlich eine Anzahl Rippen aufweisen. Das System umfasst eine Pumpbaugruppe und eine Hohlraumbaugruppe. Die Pumpbaugruppe ihrerseits enthält eine Pumpquelle und ist zumindest teilweise in dem inneren Hohlraum des Gehäuses montiert. Die Hohlraumbaugruppe umfasst ein aktives Verstärkungsmedium und mindestens eine Ausrichtbaugruppe, die mindestens eine elektro-optische Komponente enthält. Die Ausrichtbaugruppen sind bezüglich des aktiven Verstärkungsmediums so angeordnet, dass man die jeweiligen elektro-optischen Komponenten unter einem Winkel gegen eine optische Achse des aktiven Verstärkungsmediums anordnen kann, und dass sie zumindest partiell mit dem aktiven Verstärkungsmedium ausgerichtet sind. Zusätzlich ist die Hohlraumbaugruppe innerhalb des inneren Hohlraums des Gehäuses angeordnet, wodurch die Hohlraumbaugruppe thermisch mit dem Gehäuse verbunden ist und dadurch einen Wärmeübergang vom aktiven Verstärkungsmedium erlaubt. Um die Hohlraumbaugruppe zumindest teilweise vor Schäden zu bewahren, kann man den inneren Hohlraum des Gehäuses gegen die äußere Umgebung isolieren.

[0012] Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird eine Hohlraumbaugruppe bereitgestellt, umfassend ein aktives Verstärkungsmedium; und mindestens eine elektro-optische Komponente; wobei mindestens eine Ausrichtgruppe ausgelegt ist zur Aufnahme mindestens einer elektro-optischen Kompo-

nente derart, dass die mindestens eine elektro-optische Komponente derart positioniert werden kann, dass eine optische Achse der elektro-optischen Komponente in einem Winkel zur optischen Achse des aktiven Verstärkungsmediums versetzt ist, und derart, dass die mindestens eine elektro-optische Komponente mindestens teilweise mit der optischen Achse des aktiven Verstärkungsmediums ausgerichtet ist, weil sich die optische Achse des aktiven Verstärkungsmediums mindestens teilweise durch die mindestens eine elektro-optische Komponente erstreckt; wobei die mindestens eine Ausrichtgruppe zum aktiven Verstärkungsmedium derart drehbar angeordnet ist, dass ein Verdrehen der mindestens einen Ausrichtgruppe zum aktiven Verstärkungsmedium die Winkelversetzung der optischen Achse der elektro-optischen Komponente zur optischen Achse des aktiven Verstärkungsmediums ändert, um hierdurch die Ausrichtung der elektro-optischen Komponente zur optischen Achse des aktiven Verstärkungsmediums zu ändern, wobei das Verdrehen der mindestens einen Ausrichtgruppe zum aktiven Verstärkungsmedium um eine Achse erfolgt, die mindestens teilweise mit der optischen Achse des aktiven Verstärkungsmediums ausgerichtet ist.

[0013] In einer Ausführungsform der Erfindung wird eine Hohlraumbaugruppe bereitgestellt, die ein aktives Verstärkungsmedium und mindestens eine elektro-optische Komponente enthält, die bevorzugt ein Frequenzverdopplungselement (z. B. KTiOPO) aufweist, und/oder einen Vierte-Harmonische-Generator (z. B. einen Beta-Bariumborat-Kristall). Zusätzlich enthält eine solche Hohlraumbaugruppe zumindest eine Ausrichtbaugruppe, die so konfiguriert ist, dass sie die elektro-optischen Komponenten derart aufnimmt, dass die elektro-optischen Komponenten zumindest teilweise mit dem aktiven Verstärkungsmedium ausgerichtet sind. Die Ausrichtbaugruppen sind bezüglich des aktiven Verstärkungsmediums drehbar angeordnet, so dass ein Verdrehen der Ausrichtbaugruppen und des aktiven Verstärkungsmediums die Ausrichtung der elektro-optischen Komponenten bezüglich des aktiven Verstärkungsmediums ändert. Jede Ausrichtbaugruppe umfasst ein Positionierglied, das zur Aufnahme einer entsprechenden elektro-optischen Komponente eingerichtet ist; und ein Keilglied, beinhaltend erste und zweite größere einander gegenüberliegende Oberflächen, wobei die erste Fläche einen spitzen Winkel mit der zweiten Fläche einschließt, und das Keilglied drehbar angeordnet ist zum entsprechenden Positionierglied derart, dass ein Verdrehen des Keilglieds gegen das Positionierglied die Ausrichtung der jeweiligen elektro-optischen Komponente zum aktiven Verstärkungsmedium ändert. Das Positionierglied ist ausgelegt zur Aufnahme einer entsprechenden elektro-optischen Komponente derart, dass die elektro-optische Komponente zumindest partiell mit dem aktiven Verstärkungsmedium ausgerichtet ist und/oder so, dass sie einen Winkel mit einer Achse einschließt, die durch das Montageteil bestimmt ist. Das Positionierglied und das Keilglied können aneinander befestigt sein, z. B. unabhängig vom Montageteil befestigt sein.

[0014] Die Hohlraumbaugruppe kann zudem ein Montageteil enthalten, das eine Öffnung bestimmt, wobei das aktive Verstärkungsmedium in der Öffnung angeordnet ist, die durch das Montageteil bestimmt ist. In einer Ausführungsform weist das Montageteil ein Außengewinde auf. Zumindest eine der Ausrichtbaugruppen kann am Montageteil befestigt werden. Die Ausrichtbaugruppen können beispielsweise eine erste Ausrichtbaugruppe und eine zweite Ausrichtbaugruppe enthalten, wobei die erste Ausrichtbaugruppe am Montageteil befestigt werden kann. Die zweite Ausrichtbaugruppe kann dann an der ersten Ausrichtbaugruppe gegenüber dem Montageteil befestigt werden. Die erste Ausrichtbaugruppe kann beispielsweise auch so ausgelegt sein, dass sie eine erste elektro-optische Komponente aufnimmt, und die zweite Ausrichtbaugruppe so, dass sie eine zweite elektro-optische Komponente aufnimmt, die sich von der ersten elektro-optischen Komponente unterscheidet. Das aktive Verstärkungsmedium kann in thermischem Kontakt mit dem Montageteil angeordnet sein, so dass die vom aktiven Verstärkungsmedium erzeugte Wärme zumindest teilweise zum Montageteil geleitet wird. In einer Ausführungsform umfasst die Hohlraumbaugruppe zudem eine Halterungsbaugruppe, auf der das aktive Verstärkungsmedium befestigt ist. Dabei kann die Halterungsbaugruppe zumindest teilweise in der im Montageteil bestimmten Öffnung am Montageteil befestigt werden.

[0015] Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Einbau einer Hohlraumbaugruppe in ein Gehäuse bereitgestellt, umfassend: Bereitstellen eines aktiven Verstärkungsmediums; Positionieren mindestens einer Ausrichtgruppe zum aktiven Verstärkungsmedium, wobei die Ausrichtgruppe jeweils beinhaltet eine elektro-optische Komponente, die so angeordnet werden kann, dass eine optische Achse der elektro-optischen Komponente winkelig versetzt ist zur optischen Achse des aktiven Verstärkungsmediums und derart, dass die mindestens eine elektro-optische Komponente mindestens teilweise mit der optischen Achse des aktiven Verstärkungsmediums ausgerichtet ist, weil sich die optische Achse des aktiven Verstärkungsmediums mindestens teilweise durch die mindestens eine elektro-optische Komponente erstreckt, und wobei das Positionieren der mindestens einen Ausrichtgruppe umfasst das Bereitstellen eines Verdrehens zwischen der mindestens einen Ausrichtgruppe und dem aktiven Verstärkungsmedium, um die Winkelversetzung der optischen Achse der entsprechenden elektro-optischen Komponente bezüglich der optischen Achse des aktiven Verstärkungsmediums zu ändern, um hierdurch

die Ausrichtung der jeweiligen elektro-optischen Komponente zur optischen Achse des Verstärkungsmediums zu ändern, und eine Verdrehung der mindestens einen Ausrichtgruppe zum aktiven Verstärkungsmedium um eine Achse erfolgt, die mindestens teilweise mit der optischen Achse des aktiven Verstärkungsmediums ausgerichtet ist.

[0016] Ein Verfahren, das die Erfindung ausführt, beginnt stets mit dem Bereitstellen eines Montageteils. Danach wird ein aktives Verstärkungsmedium am Montageteil befestigt. In Ausführungsformen, die eine Halterungsbaugruppe umfassen, wird das aktive Verstärkungsmedium an der Halterungsbaugruppe befestigt, und die Halterungsbaugruppe wird innerhalb einer Öffnung befestigt, die durch das Montageteil bestimmt wird. Nun werden Ausrichtbaugruppen bezüglich des Montageteils positioniert, wobei jede Ausrichtbaugruppe eine elektro-optische Komponente enthält. Die Ausrichtbaugruppen werden durch das Bereitstellen einer Verdrehung zwischen den Ausrichtbaugruppen und dem aktiven Verstärkungsmedium positioniert, damit dadurch die Ausrichtung der jeweiligen elektro-optischen Komponenten bezüglich des aktiven Verstärkungsmediums verändert wird, wobei das Positionieren der mindestens einen Ausrichtbaugruppe das Positionieren der mindestens einen Ausrichtbaugruppe in einer Weise umfasst, bei der die mindestens eine elektro-optische Komponente unter einem Winkel gegen eine optische Achse des aktiven Verstärkungsmediums positioniert werden kann und sie zumindest partiell mit dem aktiven Verstärkungsmedium ausgerichtet ist. Nun wird mindestens eine Ausrichtbaugruppe am Montageteil befestigt.

[0017] In Ausführungsformen, in denen die Ausrichtbaugruppen jeweils ein Positionierteil und ein Keilglied enthalten, werden die Ausrichtbaugruppe dadurch positioniert, dass zuerst das Keilglied einer jeden Ausrichtbaugruppe durch Drehen gegen das zugehörige Positionierteil ausgerichtet wird, so dass eine Verdrehung des Keilglieds gegen das entsprechende Positionierteil die Ausrichtung der jeweiligen elektro-optischen Komponente bezüglich des aktiven Verstärkungsmediums ändert. Daraufhin wird das Keilglied am zugehörigen Positionierteil befestigt.

[0018] Eine Hohlraumbaugruppe, die die Erfindung ausführt, enthält mindestens eine Ausrichtbaugruppe zum Ausrichten der jeweiligen elektro-optischen Komponenten eines elektro-optischen Systems und zum Halten der elektro-optischen Komponenten in einer Weise, die eine unerwünschte freie Drehbewegung unterbindet. Zusätzlich enthält ein elektro-optisches System, das die Erfindung ausführt, eine Hohlraumbaugruppe und weist ein Gehäuse auf, das dem Schutz der Hohlraumbaugruppe vor der äußeren Umgebung dient, und das Wärme von der Hohlraumbaugruppe abführt, so dass eine unabhängige Wärmesinke unnötig ist.

[0019] Es wird nun beispielhaft auf die beiliegenden Zeichnungen Bezug genommen. Es zeigt:

[0020] Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Hohlraumbaugruppe gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

[0021] Fig. 2A-Fig. 2C diverse perspektivische Ansichten und eine Vorderansicht einer Halterungsbaugruppe gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

[0022] Fig. 3A-Fig. 3B perspektivische Ansichten eines Montageteils gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

[0023] Fig. 4A-Fig. 4C verschiedene Ansichten eines Positionierteils gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

[0024] Fig. 5A-Fig. 5C verschiedene Ansichten eines Positionierteils gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung;

[0025] Fig. 6A-Fig. 6C diverse Ansichten eines Keilglieds gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

[0026] Fig. 7A-Fig. 7C verschiedene Ansichten eines Keilglieds gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung;

[0027] Fig. 8 eine perspektivische Explosionsdarstellung der Elemente der Hohlraumbaugruppe gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

[0028] Fig. 9 eine perspektivische Ansicht eines elektro-optischen Systems gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

[0029] Fig. 10 eine perspektivische Explosionsdarstellung des elektro-optischen Systems in Fig. 9 mit abgenommenem Gehäuse;

[0030] Fig. 11A-Fig. 11C diverse Ansichten eines Gehäuses gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

[0031] Fig. 12A-Fig. 12C verschiedene Ansichten eines Endteils gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

[0032] Fig. 13 eine perspektivische Explosionsdarstellung der Elemente des elektro-optischen Systems gemäß einer Ausführungsform der Erfindung; und

[0033] Fig. 14A, Fig. 14B eine Draufsicht bzw. Querschnittsansicht eines elektro-optischen Systems gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfin-

dung.

[0034] Die Erfindung wird im Weiteren ausführlicher anhand der beiliegenden Zeichnungen beschrieben, in denen bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung dargestellt sind. Die Erfindung kann jedoch in zahlreichen unterschiedlichen Formen ausgeführt werden und sollte nicht als auf die hier angegebenen Ausführungsformen eingeschränkt angesehen werden. Statt dessen werden diese Ausführungsformen bereitgestellt, damit die Offenbarung gründlich und vollständig ist und den Bereich der Erfindung für Fachleute vollständig übermittelt. Gleiche Bezugszeichen beziehen sich durchwegs auf gleiche Elemente.

[0035] Anhand von Fig. 1 wird die Hohlraumbaugruppe **10** gemäß einer Ausführungsform der Erfindung erläutert. Die Hohlraumbaugruppe kann beliebig unterschiedliche elektro-optische Systeme tragen. Die Hohlraumbaugruppe ist jedoch besonders vorteilhaft für das Tragen und Ausrichten eines Mikrolasersystems, bei dem eine präzise Ausrichtung zwischen einer Pumpquelle (z. B. einer Laserdiode), einem Laserkristall oder einem anderen aktiven Verstärkungsmedium (im Weiteren generell als Mikroresonatorhohlraum bezeichnet) und verschiedenen anderen elektro-optischen Komponenten erforderlich ist. Deshalb wird die Hohlraumbaugruppe im Folgenden zusammen mit einem Mikrolasersystem beschrieben. Die Hohlraumbaugruppe enthält wie dargestellt ein Montageteil **12**, das eine optische Achse **18** bestimmt, die sich in einer beliebigen Position aus einer Anzahl von Positionen befinden kann, in einer bevorzugten Ausführungsform jedoch durch die Mitte des Montageteils verläuft.

[0036] Die Hohlraumbaugruppe **10**, siehe Fig. 2A, enthält zudem eine Halterungsbaugruppe **32**, die ein Befestigungsglied **34** enthält und eine Wärmesinkenplattform **36**, damit ein Mikroresonatorhohlraum **38** wie im Folgenden beschrieben mit der Pumpquelle ausgerichtet und daran befestigt wird. Da die Pumpquelle in der Regel mit der optischen Achse **18** des Montageteils **12** ausgerichtet ist, ist der Mikroresonatorhohlraum in aller Regel ebenfalls mit der optischen Achse des Montageteils ausgerichtet. Damit Wärme vom Mikroresonatorhohlraum abgeführt wird, ist das Befestigungsglied bevorzugt aus einem Wärme leitenden Material hergestellt, beispielsweise Aluminium. In vergleichbarer Weise ist die Wärmesinkenplattform bevorzugt aus einem Wärme leitenden Material hergestellt, beispielsweise Kupfer. Hierzu ist der Mikroresonatorhohlraum an der Wärmesinkenplattform befestigt, und die Wärmesinkenplattform ist am Befestigungsglied montiert. Fachleuten ist geläufig, dass ein Element oder eine Komponente, das bzw. die als "auf' oder "montiert auf' dem oder "befestigt an" einem anderen Element beschrieben ist, entweder direkt auf dem darunter liegenden Element befestigt oder montiert sein kann oder einfach über dem anderen Element liegen kann, wobei sich eine oder mehrere Zwischenschichten oder Elemente zwischen den Elementen befinden können. Jede Komponente der Halterungsbaugruppe kann in irgendeiner von zahlreichen beliebigen Arten befestigt werden. In einer Ausführungsform ist jedoch der Mikroresonatorhohlraum auf die Wärmesinkenplattform gelötet, und die Wärmesinkenplattform ist über eine Schraube **37**, einen Stift oder ein ähnliches Bauteil (im Weiteren generell als Schraube bezeichnet) am Befestigungsglied montiert. Wie im Folgenden beschrieben wird, kann das Befestigungsglied innerhalb des Montageteils befestigt werden und enthält hierzu in einer Ausführungsform ein Außengewinde, das in ein zugeordnetes Innengewinde des Montageteils eingeschraubt wird.

[0037] Das Befestigungsglied **34** definiert gemäß einer Ausführungsform eine Öffnung **42** und eine Mikroresonator-Einstellöffnung **44**, siehe Fig. 2B und Fig. 2C. Wird die Wärmesinkenplattform **36** einschließlich des Mikroresonatorhohlraums **38** am Befestigungsglied montiert, so ist der Mikroresonatorhohlraum zumindest teilweise mit der Öffnung **42** ausgerichtet. Die Einstellöffnung erlaubt das Ausrichten des Mikroresonatorhohlraums bezüglich der einzustellenden Öffnung **42**. Hierzu ist die Einstellöffnung in einer bevorzugten Ausführungsform eine längliche sich radial erstreckende Öffnung, durch die die Schraube verläuft. Die Schraube greift auch in die Wärmesinkenplattform ein und stellt anfänglich eine relativ lockere Verbindung her, so dass man die Wärmesinkenplattform und den von der Wärmesinkenplattform getragenen Mikroresonatorhohlraum bezüglich des Befestigungsglieds einstellen kann, und zwar innerhalb der Grenzen, die durch die Einstellöffnung festgelegt sind. Ist der Mikroresonatorhohlraum wie unten beschrieben korrekt positioniert, so kann man die Schraube anziehen, damit die Position der Wärmesinkenplattform und des Mikroresonatorhohlraums bezüglich des Befestigungsglieds festgehalten werden.

[0038] Der Mikroresonatorhohlraum **38** enthält bevorzugt ein aktives Verstärkungsmedium und einen sättigbaren Absorber, der zwischen zwei Spiegeln liegt, die den Resonanzhohlraum bestimmen. Beispiele eines geeigneten Mikroresonatorhohlraums sind im US-Patent 5,394,413 (John J. Zayhowski), veröffentlicht am 28 Feb. 1995, und im US-Patent 6,072,815 (Brian L. Peterson), veröffentlicht am 6. Juni 2000, beschrieben. Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform enthält der Mikroresonatorhohlraum ein aktives Verstärkungsmedium, das aus einem mit Neodym dotierten Yttrium-Aluminium-Granat (YAG) hergestellt ist. Der sättigbare Absorber ist aus einem YAG hergestellt, der mit vierwertigem Chrom dotiert ist. Das aktive Verstärkungsmedium einer vorteilhaften Ausführungsform ist mit ungefähr 1,6 Atomprozent Neodym dotiert. Das aktive Verstär-

kungsmedium und der sättigbare Absorber können jedoch unterschiedliche prozentuale Dotierungen enthalten, ohne den Bereich der Erfindung zu verlassen. Der Mikroresonatorhohlraum dieser Ausführungsform sendet linear polarisierte Laserimpulse mit einer Wellenlänge von 1,06 Mikrometer aus. Fachleuten ist jedoch bekannt, dass man das aktive Verstärkungsmedium und den sättigbaren Absorber aus anderen Materialien herstellen kann, damit Laser-Ausgangssignale bereitgestellt werden, die andere Eigenschaften haben, beispielsweise andere Wellenlängen.

[0039] Die Halterungsbaugruppe **32**, siehe Fig. 3A-Fig. 3B, kann derart innerhalb des Montageteils **12** montiert werden, dass die Halterungsbaugruppe und das Montageteil in thermischer Verbindung stehen, damit Wärme von der Halterungsbaugruppe und damit auch vom Mikroresonatorhohlraum **38** abgeführt wird. Damit man die Halterungsbaugruppe montieren kann und sich die Laserimpulse durch das Montageteil ausbreiten können, bestimmt das Montageteil bevorzugt eine Öffnung **52** durch das Teil. In Ausführungsformen, in denen das Befestigungsglied **34** ein Außengewinde aufweist, besitzt die Öffnung des Montageteils bevorzugt ein Innengewinde, damit man die Halterungsbaugruppe in die Öffnung einschrauben und dadurch befestigen kann.

[0040] Zum Fokussieren von Pumplicht von der Pumpquelle in den Mikroresonatorhohlraum **38** (im Weiteren beschrieben), kann man eine Lichtfokussiervorrichtung **54**, beispielsweise eine Gradientenindexlinse (GRIN) oder eine andere Linsenart am Montageteil **12** in der Nähe oder in der Öffnung **52** befestigen, siehe Fig. 8. Zum Halten der Lichtfokussiervorrichtung kann das Montageteil einen Plattformabschnitt **56** enthalten, der auf einer Fläche des Montageteils angeordnet ist. Der Plattformabschnitt bestimmt generell eine Vertiefung **58**, die in der Nähe der optischen Achse des Montageteils angeordnet und dafür eingerichtet ist, die Lichtfokussiervorrichtung aufzunehmen.

[0041] Die Lichtfokussiervorrichtung **54** kann in irgendeiner von zahlreichen beliebigen Arten in der Vertiefung **58** befestigt werden. In einer Ausführungsform ist die Lichtfokussiervorrichtung jedoch durch eine Befestigungsbaugruppe gehalten, die eine Blattfeder **20** umfasst sowie eine Schraube **22**, mit der die Blattfeder am Montageteil **12** befestigt ist. Hierzu kann man die Lichtfokussiervorrichtung in der Vertiefung zwischen dem Plattformabschnitt und der Blattfeder anordnen und anschließend durch Anziehen der Schraube am Plattformabschnitt befestigen. Nach dem Befestigen liegt die Lichtfokussiervorrichtung generell auf der optischen Achse, die durch das Montageteil bestimmt ist. Das Montageteil einschließlich des Plattformabschnitts ist aus Wärme leitendem Material hergestellt, beispielsweise Aluminium. Damit kann das Montageteil zumindest teilweise die Wärme abführen, die das aktive Verstärkungsmedium **38** erzeugt und die die Halterungsbaugruppe **32** abführt, und zwar wie unten beschrieben in ein Gehäuse.

[0042] Die Hohlraumbaugruppe **10** enthält auch eine Ausrichtbaugruppe, die am Montageteil befestigt ist. Die Hohlraumbaugruppe kann auch eine oder mehrere zusätzliche Ausrichtbaugruppen enthalten, wobei jede Ausrichtbaugruppe an einer benachbarten Ausrichtbaugruppe befestigt werden kann. Die Hohlraumbaugruppe kann beispielsweise, siehe nochmals Fig. 1, eine erste Ausrichtbaugruppe **14** enthalten, die am Montageteil befestigt werden kann, und eine zweite Ausrichtbaugruppe **16**, die an der ersten Ausrichtbaugruppe befestigt werden kann. Jede Ausrichtbaugruppe kann eine elektro-optische Komponente aufnehmen. Beispielsweise können eine oder mehrere Ausrichtbaugruppen einen Frequenzverdopplungskristall aufnehmen, der normalerweise aus KTiOPO besteht, d. h. KTP. Zusätzlich oder wahlweise können eine oder mehrere Ausrichtbaugruppen einen Generator für vierte Harmonische enthalten, der normalerweise aus einem Beta-Bariumborat-Kristall oder BBO hergestellt wird, damit ein Ausgangssignal vierter Ordnung erzeugt wird.

[0043] Zum Befestigen der elektro-optischen Komponente an der entsprechenden Ausrichtbaugruppe **14**, **16** kann man unterschiedliche Techniken einsetzen. Man kann die elektro-optische Komponente an der jeweiligen Ausrichtbaugruppe beispielsweise mit Hilfe von Lot, einem Epoxidharz oder einem anderen Verbindungsmaterial befestigen. Wahlweise kann die Ausrichtbaugruppe eine Befestigungsbaugruppe enthalten. Die Befestigungsbaugruppe kann jede beliebige Anzahl an Elementen umfassen. In einer bevorzugten Ausführungsform enthält sie jedoch eine Blattfeder **20**, beispielsweise eine Edelstahlfeder, die mit einer Schraube **22** am Montageteil befestigt ist. Hierzu kann man die elektro-optische Komponente benachbart zu der jeweiligen Ausrichtbaugruppe zwischen der jeweiligen Ausrichtbaugruppe und der Blattfeder anordnen, und sie anschließend durch Anziehen der Schraube an der jeweiligen Ausrichtbaugruppe befestigen. Zum weiteren Befestigen der elektro-optischen Komponente können die Blattfeder und/oder die jeweilige Ausrichtbaugruppe eine Nut bestimmen, die die elektro-optische Komponente aufnimmt, siehe unten. Auf diese Weise kann die elektro-optische Komponente befestigt werden und sich thermisch ausdehnen und zusammenziehen, ohne dass die Ausrichtung der elektro-optischen Komponente verschoben wird.

[0044] Die Ausrichtbaugruppen können sich um die optische Achse **18** des Montageteils **12** drehen und dadurch die Übertragungsachsen der jeweiligen elektro-optischen Komponenten parallel zur Polarisa-

tion der vom Mikroresonatorhohlraum **38** ausgesendeten Laserimpulse ausrichten. Auf diese Weise kann man einen Intensitätsabfall der polarisierten Laserimpulse, den die jeweiligen elektro-optischen Komponenten durch Winkeldifferenzen zwischen den polarisierten Laserimpulsen und den Übertragungsachsen der elektro-optischen Komponenten bewirken, so gering wie möglich halten.

[0045] Da der Mikroresonatorhohlraum **38** generell auf der optischen Achse **18** des Montageteils **12** liegt, so dass die Laserimpulse in einer Richtung parallel zur optischen Achse polarisiert werden, ist die Gitterstruktur der elektro-optischen Kristalle, die die Übertragungsachse der jeweiligen elektro-optischen Komponente bestimmt, bevorzugt mit der optischen Achse ausgerichtet. Dabei enthalten die elektro-optischen Kristalle eine Gitterstruktur, die entlang einer vorbestimmten Ebene gewachsen ist. Die Kristalle werden entlang der vorbestimmten Ebene geschnitten und mit der optischen Achse des Mikroresonatorhohlraums ausgerichtet. Durch Schwankungen beim Wachsen und/oder Schneiden der elektro-optischen Kristalle zeigen jedoch viele elektro-optische Kristalle eine Neigung der Gitterstruktur gegen die Ebene, in der der Kristall geschnitten wird. Lässt man diese Neigung gegen die Achse außer Acht, so kann dies dazu führen, dass die elektro-optischen Kristalle die Laserimpulse beeinträchtigen. Daher kann jede Ausrichtbaugruppe **14**, **16** ein Positionierteil **24**, **26** enthalten, auf dem die elektro-optische Komponente montiert ist, und ein Keilglied **28**, **30**.

[0046] Um der Neigung der elektro-optischen Komponenten gegen die Achse Rechnung zu tragen kann das Keilglied **28**, **30** für jede Ausrichtbaugruppe **14**, **16** um eine Achse gedreht werden, beispielsweise um die optische Achse **18** des Montageteils **12**, damit das jeweilige Positionierteil **24**, **26** positioniert wird und dadurch die elektro-optische Komponente, die das Positionierteil trägt, unter einem vorbestimmten Winkel gegen das Montageteil ausgerichtet wird. Auf diese Weise lässt sich das Positionierteil so positionieren, dass die Gitterstruktur der entsprechenden elektro-optischen Komponente korrekt mit der Polarisationsrichtung der Laserimpulse ausgerichtet ist, d. h., dass sie beispielsweise auf der optischen Achse ausgerichtet ist, wenn die Ausrichtbaugruppe am Montageteil befestigt ist. Zum Vergrößern des Winkelbereichs, um den die elektro-optische Komponente geneigt werden kann, siehe unten, kann das Positionierteil die jeweilige elektro-optische Komponente unter einem Winkel gegen die optische Achse aufnehmen, so dass die Übertragungsachse der elektro-optischen Komponente einen Winkel dazu einnimmt.

[0047] Anhand von **Fig.** 4-5 und **Fig.** 6-7 werden nun Ausführungsformen des Positionierteils **24** und des Keilglieds **28** der ersten Ausrichtbaugruppe **14** erläutert. Das Positionierteil, siehe **Fig. 4A**-**Fig. 4C**, kann jedes beliebige Material aus einer Anzahl unterschiedlicher Materialien umfassen. Es ist jedoch bevorzugt Wärme leitend und umfasst in einer Ausführungsform Edelstahl. Das Positionierteil ist generell so ausgelegt, dass es eine entsprechende elektro-optische Komponente aufnimmt. Das Positionierteil bestimmt eine Aufnahme **60**. Da der Mikroresonatorhohlraum **38** bevorzugt entlang der optischen Achse **18** des Montageteils **12** montiert ist, bestimmt das Positionierteil die Aufnahme bevorzugt derart, dass die optische Achse zumindest teilweise hindurch geht, wenn die Ausrichtbaugruppe am Montageteil befestigt ist.

[0048] In der erläuterten Ausführungsform kann beispielsweise das Positionierteil **24** allgemein zylindrisch sein, und es kann aufgrund einer keilförmigen Aussparung **62** die Form eines C haben. Innerhalb der Aussparung bestimmt das Positionierteil die Aufnahme **60** derart, dass die optische Achse **18** des Montageteils **12** hindurch geht. Obwohl das dargestellte Positionierteil die Form eines C hat, sollte klar sein, dass das Positionierteil nicht die Form eines C haben muss, sondern dass es lediglich in der Lage sein muss, die entsprechende elektro-optische Komponente zu tragen, und dass es drehbar sein muss. Beispielsweise kann das Positionierteil zylindrisch sein und ein Durchgangsloch aufweisen, das die elektro-optische Komponente aufnimmt. Das Positionierteil kann auch, siehe **Fig. 5A**-**Fig. 5C**, allgemein zylindrisch sein und eine rechteckige Aussparung bestimmen, in der die Aufnahme bestimmt ist. Zum Befestigen der elektro-optischen Komponente am Positionierteil kann das Positionierteil zusätzlich eine Befestigungsbaugruppe enthalten. Wie angegeben kann die Befestigungsbaugruppe eine Blattfeder **20** enthalten, die über der elektro-optischen Komponente liegt, und eine Schraube **22** oder ein anderes Verbindungsteil, das die Blattfeder am Positionierteil befestigt (siehe **Fig. 1**). Die Befestigungsbaugruppe weist Vorteile auf, da es die Befestigungsbaugruppe erlaubt, die elektro-optische Komponente innerhalb der Aufnahme des Positionierteils zu befestigen, und sie sich thermisch auszudehnen und zusammenzuziehen kann, ohne dass sie von der Ausrichtung mit der optischen Achse abweicht. Obwohl die elektro-optische Komponente bevorzugt mit Hilfe der Befestigungsbaugruppe am Positionierteil befestigt wird, kann man die elektro-optische Komponente natürlich mit irgendeinem beliebigen anderen Verfahren aus einer Anzahl unterschiedlicher Verfahren am Positionierteil befestigen, ohne den Bereich der Erfindung zu verlassen.

[0049] Wie bereits angegeben kann man die Ausrichtbaugruppen **14**, **16** um die optische Achse **18** des Montageteils **12** drehen, damit dadurch die Übertragungsachse der entsprechenden elektro-optischen Komponenten bezüglich der Polarisation der

Laserimpulse ausgerichtet wird, die der Mikroresonatorhohlraum **38** aussendet. Daher bestimmt das Positionierteil **24** der in Fig. 4A-Fig. 4C erläuterten Ausführungsform zumindest eine und in aller Regel mehrere gekrümmte Öffnungen **64**, die mindestens ein Befestigungselement aufnehmen, beispielsweise eine Schraube, einen Stift oder ein ähnliches Teil. Auf diese Weise kann sich das Positionierteil drehen, wobei das Befestigungselement durch eine entsprechende gekrümmte Öffnung verläuft, solange das Befestigungselement das Positionierteil nicht fest mit dem Montageteil verbindet, siehe die folgende Beschreibung.

[0050] Zum Vergrößern des Winkelbereichs, in dem man die elektro-optische Komponente ausrichten kann, kann das Positionierteil **24** die entsprechende elektro-optische Komponente unter einem Winkel aufnehmen. Auf diese Weise kann die Aufnahme **60**, die durch das Positionierteil für den Empfang der jeweiligen elektro-optischen Komponente bestimmt ist, unter einem vordefinierten Winkel α bezüglich der Achse angeordnet werden, die das zylinderförmige Positionierteil bestimmt. Obwohl der vordefinierte Winkel beträchtlich schwanken kann ist in einer Ausführungsform der vordefinierte Winkel nicht größer als der Winkel, den das entsprechende Keilglied **28** bestimmt, z. B. fünf Grad.

[0051] Das Keilglied **28**, siehe Fig. 6A-Fig. 6C, einer Ausführungsform der Ausrichtbaugruppe **14** enthält einander gegenüberliegende erste und zweite größere Oberflächen **66**, **68**, wobei die erste Fläche des Keilglieds einen spitzen Winkel θ von beispielsweise fünf Grad mit der zweiten Fläche einschließt. Ähnlich wie das Positionierteil **24** kann das Keilglied jedes beliebige Material aus einer Anzahl unterschiedlicher Materialien umfassen. Es ist jedoch in einer Ausführungsform Wärme leitend, beispielsweise aus Edelstahl. Damit sich die Laserimpulse durch das Keilglied ausbreiten können, bestimmt das Keilglied eine Öffnung **70**, durch die sich die vom Mikroresonatorhohlraum **38** ausgesendeten Laserimpulse ausbreiten. Durch das Ausrichten des Mikroresonatorhohlraums entlang der optischen Achse **18** des Montageteils **12** kann sich die optische Achse generell durch die Öffnung erstrecken, die das Keilglied bestimmt, wenn die Ausrichtbaugruppe am Montageteil befestigt wird. Für eine weitere Ausführungsform des Keilglieds der Ausrichtbaugruppe siehe Fig. 7A-Fig. 7C.

[0052] Man kann das Keilglied **28** in irgendeiner Weise von zahlreichen verschiedenen Weisen bezüglich des jeweiligen Positionierteils **24** anordnen. In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Keilglied in der Nähe des entsprechenden Positionierteils angeordnet und darauf mit Hilfe eines männlichen Abschnitts entweder des Keilglieds oder des Positionierteils und eines zugeordneten weiblichen Abschnitts zentriert, der durch das andere Teil bestimmt wird. Man kann das Keilglied bezüglich des jeweiligen Positionierteils in irgendeiner Weise von zahlreichen unterschiedlichen Weisen positionieren. In einer Ausführungsform können sich Befestigungselemente zumindest teilweise durch das Keilglied und das zugehörige Positionierteil erstrecken. In dieser Ausführungsform bestimmt das Keilglied zumindest eine und in aller Regel mehrere gekrümmte Öffnungen **72** (in der Ausführungsform in Fig. 6A-Fig. 6C dargestellt), die den Öffnungen des Positionierteils gleichen und die entsprechenden Befestigungselemente aufnehmen. Dadurch können sich das Keilglied und/oder das Positionierteil drehen, und die Befestigungselemente sind dabei in die entsprechenden gekrümmten Öffnungen eingesetzt. Dabei dürfen aber die Befestigungselemente das jeweilige Keilglied und/oder das Positionierteil noch nicht fest mit dem Montageteil **12** verbunden haben. Da das Keilglied einen Winkel bildet, dient eine Verdrehung des Keilglieds gegen das jeweilige Positionierteil zum Ändern des Winkels der Übertragungsachse der jeweiligen elektro-optischen Komponente gegen die Polarisationsrichtung der Laserimpulse, die der Mikroresonatorhohlraum **38** aussendet. Nach der korrekten Ausrichtung kann man das Keilglied bezüglich des jeweiligen Positionierteils befestigen, z. B. indem man eines oder mehrere Befestigungselemente sowohl in das Keilglied als auch das entsprechende Positionierteil einsetzt und anschließend die Befestigungselemente anzieht.

[0053] Die Erfindung stellt auch ein vorteilhaftes Verfahren zum Einbau einer Hohlraumbaugruppe **10**, die mindestens eine Ausrichtbaugruppe enthält, in ein Gehäuse bereit. Das Verfahren wird nun in Verbindung mit der in Fig. 8 dargestellten Ausführungsform der Hohlraumbaugruppe beschrieben. Gemäß einer Ausführungsform dieses Aspekts der Erfindung wird die Halterungsbaugruppe **32** zunächst zumindest teilweise, bevorzugt jedoch vollständig, in der Öffnung **52** des Montageteils **12** befestigt, beispielsweise durch das Einschrauben der Halterungsbaugruppe in die Öffnung. Zum Fixieren der Halterungsbaugruppe an Ort und Stelle kann man ein Festhalteglied **74** innerhalb der Öffnung des Montageteils nahe an der Halterungsbaugruppe montieren. Der Mikroresonatorhohlraum **38** der Halterungsbaugruppe ist nun zumindest teilweise mit der optischen Achse **18** des Montageteils ausgerichtet.

[0054] Um die Wärme, die der Mikroresonatorhohlraum **38** erzeugt, möglichst wirksam abzuführen, ist der Mikroresonatorhohlraum mit der Pumpquelle ausgerichtet, und zwar normalerweise auf der optischen Achse **18** des Montageteils **12**, so dass das Pumplicht an einem Punkt in den Mikroresonatorhohlraum fokussiert wird, der so nahe wie möglich an der Berührebene zwischen dem Mikroresonatorhohlraum und der Wärmesinkenplattform **36** liegt, ohne

dadurch zu bewirken, dass die Wärmesinkenplattform auch nur einen Teil des Pumplichts abschneidet. Daher wird zum Ausrichten der Halterungsbaugruppe **32** mit der optischen Achse gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform eine vorläufige Ausrichtung ermittelt. Nun wird Licht in dem Mikroresonatorhohlraum gepumpt. In der Regel erfolgt die vorläufige Ausrichtung so, dass die Pumpquelle den Mikroresonatorhohlraum ungefähr in der Mitte einer Endfläche des Mikroresonatorhohlraums pumpt. Nach dem Lösen der Schraube **37**, die die Wärmesinkenplattform am Befestigungsglied **34** hält, werden die Wärmesinkenplattform und der Mikroresonatorhohlraum radial bezüglich des Befestigungsglieds so justiert, dass das Pumplicht an einem Punkt des Mikroresonatorhohlraums gebündelt wird, der näher an der Wärmesinkenplattform liegt. Nun wird das Laserausgangssignal beobachtet. Das Ausrichten des Mikroresonatorhohlraums wird nun bei fortgesetzter Beobachtung des Laserausgangssignals wiederholt, bis das Laserausgangssignal beginnt, sich zu verschlechtern, weil das Pumplicht zumindest teilweise von der Wärmesinkenplattform abgeschnitten wird. Die radiale Bewegung der Wärmesinkenplattform wird nun zurückgenommen, bis das Laserausgangssignal nicht mehr verschlechtert ist. An diesem Punkt wird die Schraube angezogen, die die Wärmesinkenplattform am Befestigungsglied hält, damit die Position der Wärmesinkenplattform und des Mikroresonatorhohlraums relativ zum Befestigungsglied festgehalten wird.

[0055] Ist die Halterungsbaugruppe **32** am Montageteil **12** befestigt und mit der optischen Achse **18** des Montageteils ausgerichtet, so werden die Ausrichtbaugruppen bezüglich des Montageteils ausgerichtet. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird die erste Ausrichtbaugruppe am Montageteil befestigt. Auf diese Weise wird die erste Ausrichtbaugruppe nahe an einer Seite des Montageteils befestigt, die der Lichtfokussiervorrichtung **54** gegenüberliegt, d. h. auf der Seite, durch die die Laserimpulse abgegeben werden. Zum Befestigen einer jeden Ausrichtbaugruppe wird jedes Positionierteil zuerst bezüglich eines entsprechenden Keilglieds ausgerichtet.

[0056] Wie bereits angegeben weisen zahlreiche elektro-optische Kristalle durch Schwankungen beim Wachsen und/oder Schneiden der elektro-optischen Kristalle eine Neigung gegen die Achse auf. Um eine Verschlechterung des Laserausgangssignals des Mikroresonatorhohlraums **38** zu vermeiden, muss man der Neigung gegen die Achse durch eine Neigung der elektro-optischen Komponente gegen die optische Achse **18** des Montageteils **12** Rechnung tragen, so dass die Gitterstruktur der elektro-optischen Komponenten mit der Polarisation der Laserimpulse ausgerichtet ist, die der Mikroresonatorhohlraum aussendet. Zum Ausrichten der Gitterstruktur gemäß einem beispielhaften Verfahren kann man das Keilglied **28** und das Positionierteil **24** der ersten Ausrichtbaugruppe **14** vorübergehend am Montageteil befestigen, beispielsweise durch das Einsetzen der Befestigungselemente in die gekrümmten Öffnungen **64** und **72** des Positionierteils und des Keilglieds. Die Befestigungselemente werden jedoch nicht festgezogen, damit sich das Keilglied um die optische Achse des Montageteils drehen kann.

[0057] Nach dem vorübergehenden Befestigen des Keilglieds **28** und des entsprechenden Positionierteils **24** am Montageteil **12** kann man Pumplicht in den Mikroresonatorhohlraum **38** fokussieren, damit Laserimpulse erzeugt werden, die die elektro-optische Komponente durchlaufen, die das Positionierteil trägt. Das Keilglied kann nun um die optische Achse **18** des Montageteils gegen das Positionierteil verdreht werden, das entweder festgehalten oder entgegengesetzt zum Keilglied gedreht wird. Durch die gewinkelte Anordnung des Keilglieds verändert eine Drehung des Keilglieds den Winkel der elektro-optischen Komponente und damit der Gitterstruktur bezogen auf das Laserausgangssignal. Das Keilglied wird wiederholt gedreht und dabei das Ausgangssignal beobachtet, das die elektro-optische Komponente liefert, bis die Gitterstruktur der elektro-optischen Komponente mit der optischen Achse ausgerichtet ist. Die Ausrichtung kann man durch einen Spitzenwert der Intensität des Ausgangssignals der elektro-optischen Komponente feststellen. Wie bereits angegeben kann man in einer bevorzugten Ausführungsform die elektro-optische Komponente am Positionierteil unter einem Winkel von fünf Grad befestigen, und die Oberflächen des Keilglieds können einen spitzen Winkel von fünf Grad bestimmen. Dadurch kann die erste Ausrichtbaugruppe **14** durch Drehen des Keilglieds bezüglich der optischen Achse eine Neigung gegen die Achse von null bis zehn Grad ausgleichen. Ist das Keilglied in die gewünschte Position bezüglich des Positionierteils gedreht, so wird das Keilglied am Positionierteil befestigt, etwa durch das Anziehen der Befestigungselemente.

[0058] Nach dem Befestigen des Keilglieds **28** am Positionierteil **24** kann die gesamte erste Ausrichtbaugruppe **14**, d. h. die Kombination aus dem Keilglied und dem entsprechenden Positionierteil, bezüglich der optischen Achse **18** des Montageteils **12** in eine Position gedreht werden. Wie bereits angegeben richtet das Drehen der Ausrichtbaugruppe um die optische Achse die Übertragungsachse der elektro-optischen Komponente parallel zur Polarisation der Laserimpulse aus, die der Mikroresonatorhohlraum **38** aussendet, der der elektro-optischen Komponente vorgeschaltet ist. Wie ebenfalls bereits angegeben wurde gibt der Mikroresonatorhohlraum einer Ausführungsform linear polarisierte Laserimpulse ab. Daher kann man zum Positionieren der Ausrichtbaugruppe gemäß einer Ausführungsform in vergleichbarer Weise zum vorhergehenden Verfahren

für das Ausrichten des Keilglieds gegen das Positionierteil Pumplicht in den Mikroresonatorhohlraum fokussieren, damit die Laserimpulse des Mikroresonatorhohlraums die elektro-optische Komponente beleuchten, die das Positionierteil trägt. Die Ausrichtbaugruppe kann nun kontinuierlich um die optische Achse gedreht werden, bis die Übertragungsachse der elektro-optischen Komponente besser parallel zur Polarisation der Laserimpulse ausgerichtet ist, die der Mikroresonatorhohlraum abgibt. Man kann auch dies als Spitzenwert der Intensität des Ausgangssignals der elektro-optischen Komponente feststellen. Aufgrund der linearen Polarisation der Ausgangsimpulse gibt es offensichtlich zwei um 180° voneinander entfernte Punkte auf dem elektro-optischen Kristall, an denen die Übertragungsachse parallel zur Polarisation der Laserimpulse ausgerichtet ist, die der Mikroresonatorhohlraum abgibt. Die Ausrichtbaugruppe wird so gedreht, dass sie in eine dieser beiden Positionen gelangt.

[0059] Nach dem Drehen der ersten Ausrichtbaugruppe **14** in die Position kann man die erste Ausrichtbaugruppe am Montageteil **12** befestigen, beispielsweise mit Schrauben, Stiften oder einem ähnlichen Bauteil. In der Ausführungsform, in der Schrauben zum Befestigen der Ausrichtbaugruppe am Montageteil eingesetzt werden, umfassen die Schrauben bevorzugt Köpfe, die in vertieften Abschnitten des Positionierteils der ersten Ausrichtbaugruppe sitzen, damit sie nicht über eine Ebene hinaus vorstehen, die durch eine Oberfläche des Positionierteils gegenüber dem Montageteil bestimmt ist. Nach dem Befestigen der Ausrichtbaugruppe am Montageteil kann man eine oder mehrere weitere Ausrichtbaugruppen in der beschriebenen Weise bezüglich des Montageteils anordnen. Dabei wird jede zusätzliche Ausrichtbaugruppe bevorzugt nachgeschaltet zu einer vorhergehenden Ausrichtbaugruppe gegenüber dem Montageteil positioniert und anschließend an der vorhergehenden Ausrichtbaugruppe befestigt. Somit kann man eine Kette aus elektro-optischen Komponenten nachgeschaltet zum Mikroresonatorhohlraum **38** anordnen, damit die Laserimpulse weiterverarbeitet werden, die der Mikroresonatorhohlraum abgibt. Stellt man vertiefte Abschnitte des Positionierteils für die Aufnahme der Schraubenköpfe bereit, so kann man die zusätzlichen Ausrichtbaugruppen bündig mit dem vorhergehenden Positionierteil anordnen.

[0060] Die erste Ausrichtbaugruppe **14** kann beispielsweise einen Frequenzverdopplungskristall **76** enthalten, beispielsweise einen aus KTP hergestellten Kristall. Die zweite Ausrichtbaugruppe **16** kann einen Generator **78** für vierte Harmonische enthalten, der in der Regel aus BBO hergestellt wird und dem Frequenzverdopplungskristall nachgeschaltet ist, damit ein Ausgangssignal vierter Ordnung erzeugt wird. Für eine Hohlraumbaugruppe **10**, die einen Mikroresonatorhohlraum **38** enthält, der ein aktives Verstärkungsmedium aufweist, das aus einem mit Neodym dotierten YAG hergestellt ist, und einen sättigbaren Absorber, der aus einem YAG hergestellt ist, der mit vierwertigem Chrom dotiert ist und Laserimpulse mit einer Wellenlänge von 1,06 Mikrometer abgibt, erzeugt die in Fig. 8 dargestellte Hohlraumbaugruppe somit linear polarisierte Impulse mit einer Wellenlänge von 266 Nanometer.

[0061] Wie in Fig. 9 und Fig. 10 dargestellt kann eine beschriebene Hohlraumbaugruppe in einem elektro-optischen System **80** verwendet werden. Ein derartiges elektro-optisches System kann in zahlreichen Anwendungen eingesetzt werden, beispielsweise laserinduzierte Fluoreszenz, Mikrobearbeitung und Laserspektroskopie. Es wird nun anhand von Fig. 9 und Fig. 10 beschrieben. Das elektro-optische System enthält die Hohlraumbaugruppe **10**, ein Gehäuse **82** und eine Pumpbaugruppe **84**. In einer bevorzugten Ausführungsform enthält es zudem ein Endteil **86**. Das Gehäuse besitzt gegenüberliegende erste und zweite Seiten **88**, **90** und bestimmt einen inneren Hohlraum **92** (siehe Fig. 11A). Die Pumpbaugruppe kann irgendeine Vorrichtung aus einer Anzahl Vorrichtungen enthalten. Sie enthält jedoch bevorzugt eine Pumpquelle (nicht dargestellt), beispielsweise eine Laserdiode, und eine optische Ausrichtvorrichtung, beispielsweise eine Fast-Axis-Kollimatorlinse (nicht dargestellt). Die Pumpbaugruppe kann auch zusätzliche Linsen enthalten, beispielsweise eine oder mehrere Kugel- oder GRIN-Linsen sowie einen Lichtleiter, der es erlaubt, das Ausgangssignal der Pumpquelle mit einem Lichtleiter in den Mikroresonatorhohlraum zu koppeln.

[0062] Die Pumpquelle kann diverse unterschiedliche Vorrichtungen umfassen; die Laserdiode einer vorteilhaften Ausführungsform ist jedoch aus Galliumarsenid hergestellt und liefert ungefähr 1,5 Watt Pumpleistung. Die Pumpbaugruppe **84** kann in einen Blechbehälter oder ein ähnliches Teil eingebaut sein und zahlreiche leitende Stifte **93** enthalten, die sich aus dem Behälter nach außen erstrecken und den elektrischen Anschluss zur Pumpquelle herstellen. Das elektro-optische System **80** kann daher betrieben werden, indem man die leitenden Stifte der Pumpbaugruppe ansteuert, die ihrerseits die Pumpquelle ansteuern. Die Pumpbaugruppe ist generell innerhalb des inneren Hohlraums **92** des Gehäuses nahe am ersten Ende montiert. Sie ist so ausgerichtet, dass sie Pumpsignale auf der optischen Achse zum zweiten Ende des Gehäuses aussendet. Die Hohlraumbaugruppe (einschließlich des Mikroresonatorhohlraums **38** und der Ausrichtbaugruppen **14**, **16**) ist ebenfalls innerhalb des inneren Hohlraums angeordnet, jedoch näher am zweiten Ende, so dass sie die Pumpsignale empfängt. Dabei ist die optische Achse, auf der die Pumpbaugruppe Pumpsignale aussendet, bevorzugt mit der optischen Achse **18** des Montageteils **12** der Hohlraumbaugruppe ausge-

richtet.

[0063] Es wird nun Bezug auf Fig. 11A-Fig. 11C genommen. Sie zeigen das Gehäuse **82** des elektro-optischen Systems **80**. Das Gehäuse ist stets aus einem Wärme leitenden Material hergestellt, beispielsweise Aluminium. Die Pumpbaugruppe **84** und die Hohlraumbaugruppe **10** sind bevorzugt so angeordnet, dass die Pumpbaugruppe und die Hohlraumbaugruppe thermisch mit dem Gehäuse verbunden sind. Damit kann das Wärme leitende Gehäuse als Wärmesinke für das System dienen und dadurch den Komponenten des Systems Wärme entziehen. Um die Fähigkeit des Gehäuses, als Wärmesinke zu dienen, weiter zu fördern, weist das Gehäuse bevorzugt einen großen Oberflächenbereich auf, über den die Wärme abgeführt wird. In der dargestellten vorteilhaften Ausführungsform umfasst das Gehäuse beispielsweise zahlreiche Rippen **98** auf der Gehäuseaußenfläche. Das Gehäuse kann zusätzlich oder wahlweise – obgleich dies nicht dargestellt ist – ein Gebläse enthalten, das Luft über die äußere gerippte Oberfläche des Gehäuses bläst, damit die Wärme leichter abgeführt wird.

[0064] Man kann die Pumpbaugruppe **84** in dem inneren Hohlraum **92** des Gehäuses **82** in irgendeiner beliebigen Weise von zahlreichen Weisen montieren. In der dargestellten Ausführungsform ist jedoch das erste Ende des Gehäuses verschlossen und bestimmt eine Anzahl Löcher **99**. Die Pumpbaugruppe kann über das offene zweite Ende des Gehäuses so eingeführt werden, dass die zahlreichen leitenden Stifte **93** der Pumpbaugruppe durch die entsprechenden Löcher verlaufen. Auf diese Weise kann man die Pumpbaugruppe innerhalb des Gehäuses nahe am ersten Ende **88** des Gehäuses montieren, wobei die leitenden Stifte durch die entsprechenden Löcher verlaufen. In der dargestellten Ausführungsform kann man die Pumpbaugruppe an ihrem Platz befestigen, wobei sich die entfernten Abschnitte der leitenden Stifte außerhalb des inneren Hohlraums befinden. Die Pumpbaugruppe kann man auf unterschiedliche Weisen befestigen. Die leitenden Stifte können an entsprechende Anschlussflecke oder andere Teile einer gedruckten Platine (PCB) **101** angeschlossen werden, die in der Nähe einer Außenfläche des ersten Endes des Gehäuses angeordnet ist, siehe Fig. 13. In dieser Ausführungsform ist die PCB elektrisch und mechanisch mit den leitenden Stiften verbunden. Sie kann am Gehäuse befestigt werden, etwa mit Schrauben, Stiften oder ähnlichen Bauteilen, und dadurch auch die Pumpbaugruppe am Gehäuse befestigen.

[0065] Ist die Pumpbaugruppe **84** in der Nähe des ersten Endes **88** des Gehäuses **82** montiert, und ist die Hohlraumbaugruppe **10** in den inneren Hohlraum eingesetzt, so wird das Endteil **86** stets in der Nähe des zweiten Endes **90** des Gehäuses angeordnet. Man kann das Endteil in einer beliebigen Weise von zahlreichen unterschiedlichen Weisen anordnen. In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Endteil in das zweite Ende des Gehäuses eingeschraubt. Zum Schutz der Hohlraumbaugruppe vor Verschmutzungen in der äußeren Umgebung verschließen das Endteil und die Pumpbaugruppe das erste und das zweite Ende des Gehäuses, damit dadurch der innere Hohlraum **92** des Gehäuses isoliert wird. Das System **80**, siehe nochmals Fig. 9, kann auch ein Druckventil **94** enthalten, beispielsweise ein Schraderventil, mit dem man den inneren Hohlraum unter Druck setzen kann, um die Hohlraumbaugruppe noch weitergehend gegen die äußere Umgebung zu schützen, die andernfalls die optischen Bauteile im Verlauf der Zeit beschädigen könnte. Zusätzlich kann das System einen Druckanzeiger **96** enthalten, beispielsweise einen Druckanzeiger, der von Clippard Instrument Laboratory, Inc., in Cincinnati, Ohio, hergestellt wird. Der Druckanzeiger kann eng anliegend in einer Öffnung **100** sitzen, die durch das Gehäuse bestimmt ist (siehe Fig. 11A) und sich auf der anderen Seite in den inneren Hohlraum öffnet. Überschreitet der Druck in dem inneren Hohlraum einen vorbestimmten Pegel, so springt der Druckanzeiger aus der Öffnung und zeigt dadurch an, dass der innere Hohlraum einem übermäßigen Druck ausgesetzt ist.

[0066] Wie angegeben umfasst das Gehäuse bzw. in der dargestellten Ausführungsform das Endteil **86** des Systems **80** das Druckventil **94**, damit man den inneren Hohlraum **92** des Gehäuses **82** unter Druck setzen kann. Unter diesem Aspekt werden nun Fig. 12A-Fig. 12C betrachtet, die ein Endteil des Systems gemäß einer Ausführungsform darstellen. Wie dargestellt enthält das Endteil erste und zweite Enden **102** und **104**. Ähnlich wie das Gehäuse ist es bevorzugt aus einem Wärme leitenden Material hergestellt, beispielsweise Aluminium. Das Endteil bestimmt einen inneren Hohlraum **105**, der sich gemeinsam mit dem inneren Hohlraum erstreckt, den das Gehäuse bestimmt, nachdem das Endteil am Gehäuse montiert ist. Das Endteil enthält auch bevorzugt eine Öffnung **106** in den inneren Hohlraum des Endteils, die das Druckventil aufnimmt, damit man den inneren Hohlraum des Gehäuses unter Druck setzen kann, nachdem das Endteil am Gehäuse montiert ist. Das Endteil bestimmt zusätzlich eine Öffnung **108** in den inneren Hohlraum des Endteils, die generell auf der optischen Achse ausgerichtet ist. Bei Betrieb des Systems können sich daher Laserimpulse durch die Öffnung ausbreiten, die im Endteil bestimmt ist. Da jedoch der innere Hohlraum wie angegeben bevorzugt gegen die äußere Umgebung isoliert ist, wird bevorzugt ein optisch durchsichtiges Fenster **110** (in Fig. 13 dargestellt), beispielsweise ein nicht reflektierend beschichtetes Glas, zumindest teilweise in der Öffnung befestigt, so dass die inneren Hohlräume sowohl des Endteils als auch des Gehäuses von der äußeren Umgebung isoliert bleiben, ob-

wohl man Laserimpulse daraus ausgeben kann.

[0067] Das Endteil **86** kann zusätzlich mindestens ein Befestigungselement zum Befestigen des Endteils und damit des Systems **80** an einem äußeren Objekt enthalten. In der dargestellten Ausführungsform enthält das Endteil beispielsweise ein Befestigungselement, das durch zahlreiche gekrümmte Schlitze **112** bestimmt ist. Zum Befestigen des Systems an einem äußeren Objekt, beispielsweise einer äußeren Montagefläche, können Schrauben, Stifte oder ähnliche Teile durch die gekrümmten Schlitze und in das äußere Objekt verlaufen. Die gekrümmte Form der dargestellten Schlitze erleichtert das Drehen des Systems, damit man die Richtung der Polarisation der Laserimpulse verändern kann, die das System bezüglich des äußeren Objekts abgibt.

[0068] Eine Ausführungsform eines weiteren Aspekts der Erfindung, siehe Fig. 13, stellt ein Verfahren zum Einbau des elektro-optischen Systems **80** in ein Gehäuse bereit. Generell beginnt der Gehäuseeinbau des elektro-optischen Systems mit dem Bereitstellen des Gehäuses **82**. Die Pumpbaugruppe **84** wird nun mindestens teilweise innerhalb des inneren Hohlraums **92** des Gehäuses montiert. Wie angegeben erstrecken sich in einer Ausführungsform die leitenden Stifte **94** der Pumpbaugruppe durch Löcher **99**, die jeweils einem der zahlreichen leitenden Stifte zugeordnet sind. Wie ebenfalls bereits angegeben kann man die Pumpbaugruppe an ihrem Platz mit Hilfe der distalen Teile der leitenden Stifte befestigen, die sich außerhalb des inneren Hohlraums **92** befinden. Man kann beispielsweise die leitenden Stifte mit entsprechenden Anschlussflecken oder andere Teilen der PCB **101** verbinden, die in der Nähe der Außenfläche des ersten Endes **88** des Gehäuses **82** angeordnet ist. In dieser Ausführungsform ist die PCB elektrisch und mechanisch mit den leitenden Stiften verbunden. Sie ist am Gehäuse befestigt, etwa mit Schrauben **114**, Stiften oder ähnlichen Bauteilen. Dadurch wird auch die Pumpbaugruppe am Gehäuse befestigt.

[0069] Ist die Pumpbaugruppe **84** montiert, so kann man die Hohlraumbaugruppe **10** innerhalb des inneren Hohlraums **92** des Gehäuses **82** befestigen. Man kann die Hohlraumbaugruppe innerhalb des inneren Hohlraums in einer beliebigen Weise von zahlreichen Weisen befestigen. In einer bevorzugten Ausführungsform besitzt jedoch das Montageteil **12** der Hohlraumbaugruppe ein Außengewinde, und der innere Hohlraum besitzt ein Innengewinde, damit man das Montageteil und damit die Hohlraumbaugruppe in den inneren Hohlraum einschrauben kann. Nach dem Befestigen im inneren Hohlraum hat der Mikroresonatorhohlraum **38** bevorzugt einen gewissen Abstand von der Pumpquelle der Pumpbaugruppe **84**. Man kann unterschiedliche Abstände verwenden; die Pumpquelle hat jedoch generell einen Abstand von 20 +– 0,5 Mikron von dem Mikroresonatorhohlraum. Nach dem Befestigen im inneren Hohlraum ist auch die optische Achse, auf der die Pumpbaugruppe Pumpsignale aussendet, bevorzugt mit der optischen Achse **18** des Montageteils der Hohlraumbaugruppe ausgerichtet. Zum Unterstützen der Befestigung der Hohlraumbaugruppe im inneren Hohlraum kann man ein Festhaltebauteil **116** innerhalb des inneren Hohlraums nahe an der Hohlraumbaugruppe und gegenüber der Pumpbaugruppe anbringen. Dabei weist das Festhaltebauteil bevorzugt ebenfalls ein Außengewinde auf.

[0070] Nach dem Befestigen der Hohlraumbaugruppe **10** und des Festhaltebauteils **116** im inneren Hohlraum **92** des Gehäuses **82** wird das zweite Ende **90** des Gehäuses verschlossen. In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Endteil **86** in der Nähe des zweiten Endes des Gehäuses befestigt, um den inneren Hohlraum zu verschließen. Man kann das Endteil in einer beliebigen Weise von zahlreichen Weisen befestigen. Wie angegeben kann man das erste Ende **102** des Endteils durch Einschrauben am zweiten Ende des Gehäuses befestigen. Das optisch durchsichtige Fenster **110** kann nun zumindest teilweise innerhalb der Öffnung **108** befestigt werden, die durch das Endteil bestimmt wird, beispielsweise mit Hilfe eines Epoxidklebers. Wahlweise kann das optisch durchsichtige Fenster am Endteil befestigt werden, bevor man das Endteil am Gehäuse befestigt. In beiden Fällen kann man ein Festhalteteil **118** innerhalb der Öffnung befestigen, die das Endteil bestimmt, um die Befestigung des optisch durchsichtigen Fensters in der Öffnung zu unterstützen.

[0071] Nach dem Abschluss des inneren Hohlraums **92** des Gehäuses **82** gegen die äußere Umgebung kann man den inneren Hohlraum unter Druck setzen, beispielsweise durch den Einsatz des Druckventils **94** und des Druckanzeigers **96**. Das Druckventil und der Druckanzeiger können am Endteil **86** bzw. am Gehäuse befestigt werden, und zwar an jedem beliebigen Punkt, bevor der innere Hohlraum unter Druck gesetzt wird. Man kann den inneren Hohlraum dadurch unter Druck setzen, dass man ein gewünschtes Gas oder einen gewünschten Dampf in den inneren Hohlraum pumpt. Der Druckanzeiger zeigt daraufhin wie beschrieben an, dass der gewünschte Druck in dem inneren Hohlraum erreicht ist. Ist der gewünschte Druck in dem inneren Hohlraum erreicht, so kann man das System **80** in irgendeiner Anwendung von zahlreichen unterschiedlichen Anwendungen nutzen. Man könnte das System an einem äußeren Objekt befestigen, beispielsweise einem Ständer oder einem optischen Tisch.

[0072] Man kann das System **80** in einer beliebigen Weise von zahlreichen Weisen befestigen. Wie angegeben umfasst das Endteil **86** einer Ausführungsform mindestens ein Befestigungselement. In Ausfüh-

rungsformen, in denen das Endteil mehrere gebogene Schlitze **112** bestimmt, können sich Schrauben, Stifte oder ähnliche Teile durch die gekrümmten Schlitze und in das äußere Objekt erstrecken. Die gekrümmte Form der dargestellten Schlitze erleichtert das Drehen des Systems, damit man dadurch die Richtung der Polarisation der Laserimpulse verändern kann, die das System bezüglich des äußeren Objekts abgibt. Zum Kennzeichnen der Polarisationsrichtung der Impulse kann das System eine Kennzeichnung enthalten, beispielsweise eine Strichmarkierung, die an einem vorbestimmten Ort des Gehäuses oder des Endteils angebracht ist und die Richtung der linearen Polarisation der Impulse angibt, die das System erzeugt.

[0073] Das elektro-optische System ist anhand der Darstellung in Fig. 9 bis 12 beschrieben. Natürlich kann man das elektro-optische System einschließlich der Hohlraumbaugruppe in irgendeiner beliebigen Form von zahlreichen unterschiedlichen Formen ausführen, ohne den Bereich der Erfindung zu verlassen. Unter diesem Gesichtspunkt wird nun Bezug auf **Fig.** 14 genommen, die eine andere Ausführungsform des elektro-optischen Systems der Erfindung darstellt. Die Hohlraumbaugruppe des elektro-optischen Systems **120**, siehe Fig. 14A und Fig. 14B, umfasst einen Hilfsträger **122**, der auf einer Wärmesinke **124** montiert ist. Die Wärmesinke kann eine passive Wärmesinke sein, die aus Wärme leitendem Material ausgebildet ist, beispielsweise eine Basis aus Silber, die mit einer Legierung aus Gold und Nickel überzogen ist. Die Wärmesinke kann auch eine aktive Wärmesinke sein oder eine Wärmepumpe, beispielsweise eine Peltierwärmepumpe oder ein anderer thermoelektrischer Kühler. Die Wärmesinke kann also nicht nur eine Wärmesinke umfassen, die eine Komponente durch das Aufnehmen überschüssiger Wärme kühlt, sondern auch eine Wärmepumpe, die zusätzliche Wärme zum Heizen einer Komponente erzeugt.

[0074] Der Hilfsträger **122** ist aus einem Wärme leitenden Material ausgebildet, damit er einen Pfad mit geringem Wärmewiderstand zur Wärmesinke **124** bereitstellt. Das Material, aus dem der Hilfsträger hergestellt ist, ist auch elektrisch isolierend, damit es die verschiedenen elektro-optischen Komponenten elektrisch isoliert, die auf dem Hilfsträger montiert sind. Man kann den Hilfsträger aus unterschiedlichen Materialien herstellen, die Wärme leiten und elektrisch isolieren. Der Hilfsträger einer vorteilhaften Ausführungsform ist aus Berilliumoxid, Aluminiumoxid oder Aluminiumnitrid ausgebildet, die sowohl Wärme leiten als auch elektrisch isolieren.

[0075] In der dargestellten Ausführungsform ist der Mikroresonatorhohlraum **38** auf dem Hilfsträger montiert, etwa mit Hilfe von Lot, einem Epoxidharz oder einem anderen Verbindungsmaterial. Der Mikroresonatorhohlraum bestimmt eine optische Achse **125**. Damit der Mikroresonatorhohlraum wenig Abstand zu einer oder mehreren elektro-optischen Komponenten **126** hat, die sich in einer oder mehreren Ausrichtbaugruppen **128** (im Weiteren beschrieben) befinden, wird der Hilfsträger **122** mit einem Arm **130** auf der Wärmesinke **124** montiert und nimmt zu den Komponenten einen Abstand ein. Man kann den Hilfsträger und die Wärmesinke in einer beliebigen Weise von zahlreichen Weisen am Arm befestigen. Hierzu gehören Lot, ein Epoxidharz oder ein anderes Verbindungsmaterial. Man kann dem Arm aus zahlreichen unterschiedlichen Wärme leitenden Materialien herstellen, um die Wärme vom Hilfsträger in die Wärmesinke zu übertragen. In einer Ausführungsform ist der Arm aus Kupfer hergestellt, das mit Nickel und Gold beschichtet ist.

[0076] Die Hilfsträgerbaugruppe der in **Fig.** 14 dargestellten Ausführungsform umfasst auch eine Pumpquelle **132**, beispielsweise eine Laserdiode, die in der Nähe des Mikroresonatorhohlraums **38** angeordnet ist. Dabei ist die Pumpquelle zumindest teilweise mit der optische Achse **125** des Mikroresonatorhohlraums ausgerichtet. Das Ausgangssignal der Pumpquelle pumpt das aktive Verstärkungsmedium so, dass der Mikroresonatorhohlraum eine Folge von Laserimpulsen abgibt. Die Pumpquelle hat bevorzugt einen geringen Abstand, beispielsweise von 20 +– 0,5 Mikron von dem Mikroresonatorhohlraum. Damit die Pumpquelle einen geringen Abstand vom Mikroresonatorhohlraum **38** hat, ist die Pumpquelle der dargestellten Ausführungsform auf einer Pumpenbefestigung **134** montiert, beispielsweise mit Lot, einem Epoxidharz oder einem anderen Verbindungsmaterial. Die Pumpenbefestigung ist ihrerseits am Arm **130** montiert. Man kann die Pumpenbefestigung **134** mit einer beliebigen Weise von zahlreichen unterschiedlichen Weisen am Arm **130** befestigen, beispielsweise mit Lot, einem Epoxidharz oder einem anderen Verbindungsmaterial. Die Pumpenbefestigung in der dargestellten Ausführungsform ist mit einem Befestigungsmittel am Arm montiert, beispielsweise einer Schraube. Man kann die Pumpenbefestigung wie den Arm aus zahlreichen unterschiedlichen Materialien herstellen. In einer Ausführungsform ist die Pumpenbefestigung aus Kupfer hergestellt, das mit Nickel und Gold beschichtet ist. Um die Pumpquelle **132** elektrisch gegen den Mikroresonatorhohlraum **38** zu isolieren, ordnet man bevorzugt ein elektrisch isolierendes Kissen (nicht dargestellt) zwischen der Pumpquelle und der Pumpenbefestigung an, damit dadurch die Pumpquelle elektrisch gegen die Pumpenbefestigung isoliert wird.

[0077] Die Hohlraumbaugruppe enthält auch mindestens eine Ausrichtbaugruppe **136**, die ein Positionierteil **137** enthält (siehe **Fig.** 4 und 5), sowie ein Keilglied **139** (siehe **Fig.** 6 und 7), beispielsweise in der beschriebenen Art. Wie ebenfalls beschrieben

kann jede Ausrichtbaugruppe eine elektro-optische Komponente aufnehmen, beispielsweise einen Frequenzverdopplungskristall (z. B. KTiOPO oder KTP) und/oder einen Generator für vierte Harmonische (z. B. BBO). Die Ausrichtbaugruppe ist der Pumpquelle **132** und dem Mikroresonatorhohlraum **38** nachgeschaltet. In der erläuterten Ausführungsform enthält die Hohlraumbaugruppe auch einen Halter **138**, auf dem die Ausrichtbaugruppe befestigt ist. Damit kann der Halter die Ausrichtbaugruppe in der Nähe des Mikroresonatorhohlraums positionieren und zumindest teilweise die elektro-optische Komponente mit der optischen Achse **125** des Mikroresonatorhohlraums ausrichten.

[0078] Der Halter **138** kann eine zylinderförmige Struktur umfassen, die einen Hohlraum bestimmt, in dem weitere Elemente der Hohlraumbaugruppe einschließlich des Mikroresonatorhohlraums **38**, des Arms **130**, der Wärmesinke **124**, der Pumpquelle **132** und der Pumpenbefestigung **134** angeordnet sind. Der Halter kann jedes beliebige Material aus einer Anzahl unterschiedlicher Materialien umfassen. In einer Ausführungsform besteht der Halter aus eloxiertem Aluminium. Ein Ende des Halters kann eine Öffnung in den Hohlraum auf der optischen Achse des Mikroresonatorhohlraums bestimmen. Die Ausrichtbaugruppe kann ihrerseits am Halter zumindest teilweise über der Öffnung befestigt sein, damit dadurch die elektro-optische Komponente zumindest teilweise mit der optischen Achse des Mikroresonatorhohlraums ausgerichtet ist.

[0079] Die Hohlraumbaugruppe, siehe Fig. 14A und Fig. 14B, ist stets innerhalb eines inneren Hohlraums eines Gehäuses **140** montiert, das ein elektro-optisches Gehäuse umfasst, beispielsweise ein TO-3- oder TO-8-Gehäuse, das Fachleuten geläufig ist. Das Gehäuse enthält generell eine Anzahl leitender Stifte **142**, die die Hohlraumbaugruppe umgeben. Durch das Herstellen geeigneter elektrischer Anschlüsse zwischen den leitenden Stiften des Gehäuses und entsprechenden Leitungen (nicht dargestellt) der Hohlraumbaugruppe einschließlich der Anode und Kathode der Pumpquelle und sämtlichen elektrischen Leitungen, die zur Wärmesinke **124** gehören, kann man das elektro-optische System betreiben, indem man die leitenden Stifte des elektro-optischen Gehäuses passend ansteuert. Damit die vom Mikroresonatorhohlraum **38** ausgesendeten Laserimpulse das Gehäuse verlassen können, bestimmt das Gehäuse bevorzugt eine Öffnung, die sich in der Nähe der elektro-optischen Komponente der Ausrichtbaugruppe befindet. Zum Isolieren der Komponenten der Hohlraumbaugruppe von der äußeren Umgebung wird jedoch ein optisch durchsichtiges Fenster **144**, beispielsweise ein nicht reflektierend beschichtetes Glas, das so ausgelegt ist, dass es bevorzugt Signale durchlässt, die die Wellenlänge der vom Mikroresonatorhohlraum ausgesendeten Laserimpulse haben, bevorzugt zumindest teilweise innerhalb der Öffnung befestigt.

[0080] Eine Ausführungsform der Erfindung stellt daher eine Hohlraumbaugruppe bereit, die mindestens eine Ausrichtbaugruppe enthält, die dem Ausrichten der jeweiligen elektro-optischen Komponenten eines elektro-optischen Systems dient. Die Ausrichtbaugruppen halten die elektro-optischen Komponenten in einer Weise, in der unerwünschte freie Drehbewegungen nicht möglich sind. Zusätzlich stellt eine Ausführungsform der Erfindung ein elektro-optisches System bereit, das die Hohlraumbaugruppe enthält und ein Gehäuse besitzt, das dazu dient, die Hohlraumbaugruppe vor der äußeren Umgebung zu schützen und Wärme abzuführen, so dass keine unabhängige Wärmesinke erforderlich ist.

[0081] Für Fachleute auf dem Gebiet der Erfindung sind anhand der Lehren, die in der obigen Beschreibung und den beigefügten Zeichnungen dargestellt werden, zahlreiche Abwandlungen und weitere Ausführungsformen der Erfindung naheliegend. Die Erfindung ist somit nicht auf die besonderen offenbarten Ausführungsformen eingeschränkt, und es ist beabsichtigt, dass die Abwandlungen und weiteren Ausführungsformen im Bereich der beigefügten Ansprüche enthalten sind. Obgleich hier besondere Begriffe verwendet werden, dienen sie nicht der Einschränkung, sondern werden nur in einem allgemeinen und beschreibenden Sinn verwendet.

Patentansprüche

1. Elektro-optisches System (**80**), umfassend
ein Gehäuse (**82**), das einen Innenhohlraum (**92**) bestimmt;
eine Hohlraumgruppe, (**10**), die Innenhohlraum (**92**) des Gehäuses (**82**) angeordnet ist, wobei die Hohlraumgruppe (**10**) ein aktives Verstärkungsmedium (**38**) umfasst;
die Hohlraumgruppe (**10**) zudem mindestens eine Ausrichtgruppe (**14**, **16**) aufweist, worin mindestens eine Ausrichtgruppe (**14**, **16**) so ausgelegt ist, dass sie mindestens eine elektro-optischen Komponente aufnehmen kann derart, dass die mindestens eine elektro-optischen Komponente so angeordnet werden kann, dass eine optische Achse der elektro-optischen Komponente versetzt ist in einem Winkel zur optischen Achse (**18**) des Verstärkungsmediums (**38**), und derart, dass die mindestens eine elektro-optische Komponente mindestens partiell ausgerichtet ist mit der optischen Achse des aktiven Verstärkungsmediums (**38**) als die optische Achse des aktiven Verstärkungsmediums sich mindestens teilweise durch die mindestens eine elektro-optischen Komponente erstreckt; und wobei die mindestens eine Ausrichtgruppe (**14**, **16**) drehbar angeordnet ist gegenüber dem aktiven Verstärkungsmedium (**38**) derart, dass ein Verdrehen der mindestens einen

Ausrichtgruppe (**14**, **16**) zum aktiven Verstärkungsmedium (**38**) die Winkelversetzung der optischen Achse der elektro-optischen Komponente zur optischen Achse (**18**) des Verstärkungsmediums (**38**) verändert, um hierdurch die Ausrichtung der elektro-optischen Komponente zur optischen Achse des aktiven Verstärkungsmediums (**38**) zu verändern, und das Verdrehen der mindestens einen Ausrichtgruppe (**14**, **16**) und des aktiven Verstärkungsmediums (**38**) um eine Achse, die mindestens partiell ausgerichtet ist zur optischen Achse (**18**) des aktiven Verstärkungsmediums (**38**).

2. Elektro-optisches System nach Anspruch 1, zudem umfassend eine Pumpquelle (**84**), die zum aktiven Verstärkungsmedium (**38**) benachbart angeordnet ist auf einer Seite des aktiven Verstärkungsmediums (**38**) gegenüber der mindestens einen Ausrichtgruppe (**14**, **16**).

3. Elektro-optisches System nach Anspruch 1 oder 2, zudem umfassend einen Hilfsträger (**122**), der montiert ist am aktiven Verstärkungsmedium (**38**), wobei der Hilfsträger (**122**) ein thermisch leitendes Material aufweist, um so Wärme vom aktiven Verstärkungsmedium (**38**) abzuleiten; und eine Wärmesinke (**124**) in thermischer Verbindung mit dem Hilfsträger (**122**), wobei die Wärmesinke (**124**) vom Hilfsträger (**122**) Wärme aufnehmen kann, um so von dem aktiven Verstärkungsmedium (**38**) Wärme abzuleiten.

4. Elektro-optisches System nach Anspruch 3, wenn abhängig von Anspruch 1, zudem umfassend eine Klammer (**130**), montiert auf dem Hilfsträger (**122**) und der Wärmesinke (**124**), wobei die Klammer (**130**) montiert ist zwischen dem Hilfsträger (**122**) und der Wärmesinke (**124**) derart, dass der Hilfsträger (**122**) und die Wärmesinke (**124**) voneinander beabstandet sind.

5. Elektro-optisches System nach Anspruch 4, zudem umfassend eine Pumpquelle (**132**) und einen Pumpenbefestigung (**134**), auf der die Pumpquelle (**132**) montiert ist, wobei der Pumpenbefestigung (**134**) an der Klammer (**130**) derart gesichert ist, dass die Pumpquelle benachbart ist dem aktiven Verstärkungsmedium (**38**), und zwar auf einer Seite des aktiven Verstärkungsmediums (**38**), die der mindestens einen Ausrichtgruppe (**14**, **16**) gegenüberliegt.

6. Elektro-optisches System nach Anspruch 1, wobei das Gehäuse (**82**) ein thermisch leitendes Material umfasst und die Hohlraumgruppe (**10**) angeordnet ist in dem Innenhohlraum (**92**) des Gehäuses (**82**) derart, dass die Hohlraumgruppe (**10**) in thermischem Kontakt ist mit dem Gehäuse (**82**), um so einen Wärmetransfer vom aktiven Verstärkungsmedium (**38**) auf das Gehäuse (**82**) zu erlauben; das System zudem umfasst eine Pumpgruppe (**84**), beinhaltend eine Pumpquelle, wobei die Pumpgruppe (**84**) montiert ist mindestens partiell im Innenhohlraum (**92**) des Gehäuses (**82**) und die mindestens eine Ausrichtgruppe (**14**, **16**) mindestens eine derartige elektro-optische Komponente beinhaltet.

7. Elektro-optisches System nach Anspruch 6, wobei der Innenhohlraum (**92**) des Gehäuses (**82**) isoliert ist von der äußeren Umgebung, so dass die Hohlraumgruppe (**10**) mindestens teilweise vom Verfall geschützt ist.

8. Elektro-optisches System nach Anspruch 6 oder 7, welches eine optischen Ausgabe liefert mit einer vorgegebenen Polarisationsrichtung, wobei das Gehäuse (**82**) ausgelegt ist, drehbar montiert zu sein an einem Objekt derart, dass die vorgegebene Polarisierungsrichtung der optischen Ausgabe in der Lage ist, um eine vorgegebene Richtung hinsichtlich des Objekts gedreht zu werden.

9. Elektro-optisches System nach Anspruch 6, 7 und 8, wobei das Gehäuse (**82**) eine Anzahl Rippen (**98**) aufweist.

10. Elektro-optisches System nach irgendeinem der Ansprüche 6 bis 9, wobei die Hohlraumgruppe (**10**) zudem aufweist eine Halterungsgruppe (**32**) und ein Montageglied (**12**), wobei das aktive Verstärkungsmedium (**38**) montiert ist an der Halterungsgruppe (**32**), und wobei die Halterungsgruppe (**32**) gesichert ist am Montageglied (**12**).

11. Elektro-optisches System nach Anspruch 10, wobei das Montageglied (**12**) der Hohlraumgruppe (**10**) befestigt ist im Innenhohlraum (**92**), den das Gehäuse (**82**) so bestimmt, dass das Montageglied (**12**) in thermischem Kontakt mit dem Gehäuse (**82**) ist.

12. Elektro-optisches System nach Anspruch 11, wobei das Montageglied (**12**) der Hohlraumgruppe (**10**) über einem Gewindegang in dem Innenhohlraum (**92**), der vom Gehäuse (**82**) bestimmt ist, befestigt ist.

13. Elektro-optisches System nach irgendeinem der Ansprüche 10 bis 12, wobei die mindestens eine Ausrichtgruppe (**14**, **16**) befestigt ist am Montageglied der Hohlraumgruppe (**10**).

14. Elektro-optisches System nach Anspruch 6 oder 7, wobei die mindestens eine Ausrichtgruppe (**14**, **16**) eine erste Ausrichtgruppe (**14**) umfasst und eine zweite Ausrichtgruppe (**16**), wobei die erste Ausrichtgruppe (**14**) eine erste elektro-optische Komponente (**76**) aufweist, die zweite Ausrichtgruppe (**16**) eine zweite elektro-optische Komponente (**78**) und die erste elektro-optische Komponente (**76**) verschieden ist von der zweiten elektro-optischen Komponente (**78**).

15. Elektro-optisches System nach Anspruch 14, wobei die erste und zweite elektro-optische Komponente (**76**, **78**) ausgewählt sind aus einer Gruppe, umfassend Frequenzverdopplungselement (**76**) und Generator (**78**) für vierte Harmonische.

16. Elektro-Optisches System nach Anspruch 15, wobei das Frequenzverdopplungselement (**76**) KTiOPO aufweist, und der Vierte-Harmonische-Generator (**78**) einen Beta-Bariumborat-Kristall.

17. Elektro-optisches System nach irgendeinem vorhergehenden Anspruch, wobei die jeweilige Ausrichtungsgruppe (**14**, **16**) umfasst:
ein Positionierglied (**24**), eingerichtet zur Aufnahme einer entsprechenden elektro-optischen Komponente;
ein Keilglied (**28**), beinhaltend erste und zweite größere einander gegenüber liegende Oberflächen (**66**, **68**), wobei die erste Fläche (**66**) im spitzen Winkel ist zur zweiten Fläche (**68**), wobei das Keilglied (**28**) drehbar angeordnet ist zum entsprechenden Positionierglied (**24**) derart, dass ein Verdrehen des Keilglieds (**28**) zum Positionierglied (**24**) die Ausrichtung der jeweiligen elektro-optischen Komponente zum aktiven Verstärkungsmedium (**38**) ändert.

18. Elektro-optisches System nach Anspruch 17, wobei das Positionierglied (**24**) ausgelegt ist zur Aufnahme einer entsprechenden elektro-optischen Komponente derart, dass die elektro-optische Komponente in einem Winkel ist zur Achse, die das aktive Verstärkungsmedium (**38**) bestimmt.

19. Hohlraumgruppe (**10**), umfassend ein aktives Verstärkungsmedium (**38**); und mindestens eine elektro-optische Komponente; wobei mindestens eine Ausrichtgruppe (**14**, **16**) ausgelegt ist zur Aufnahme mindestens einer elektro-optischen Komponente derart, dass die mindestens eine elektro-optische Komponente positioniert werden kann derart, dass eine optische Achse der elektro-optischen Komponente in einem Winkel zur optischen Achse (**18**) des aktiven Verstärkungsmediums (**38**) versetzt ist, und derart, dass die mindestens eine elektro-optische Komponente mindestens teilweise ausgerichtet ist mit der optischen Achse des aktiven Verstärkungsmediums (**38**) im Ergebnis der optischen Achse des aktiven Verstärkungsmediums, die sich mindestens teilweise durch die mindestens eine elektro-optische Komponente erstreckt; wobei die mindestens eine Ausrichtgruppe (**14**, **16**) drehbar angeordnet ist zum aktiven Verstärkungsmedium (**38**) derart, dass ein Verdrehen der mindestens einen Ausrichtgruppe (**14**, **16**) zum aktiven Verstärkungsmedium (**38**) die Winkelversetzung der optischen Achse der elektro-optischen Komponente zur optischen Achse (**18**) des aktiven Verstärkungsmediums (**38**) ändert, um hierdurch die Ausrichtung der elektro-optischen Komponente zur optischen Achse des aktiven Verstärkungsmediums (**38**) ändern, Verdrehen der mindestens einen Ausrichtgruppe zum aktiven Verstärkungsmedium (**38**) um eine Achse, die mindestens teilweise ausgerichtet ist mit der optischen Achse (**18**) des aktiven Verstärkungsmediums (**38**).

20. Hohlraumgruppe (**10**) nach Anspruch 19, wobei die mindestens eine Ausrichtgruppe (**14**, **16**) umfasst: mindestens ein Positionierglied (**24**), ausgelegt zur Aufnahme der mindestens einen elektro-optischen Komponente derart, dass die mindestens eine elektro-optische Komponente mindestens teilweise ausgerichtet ist mit dem aktiven Verstärkungsmedium (**38**); mindestens ein Keilglied (**28**), beinhaltend erste und zweite größere gegenüberliegende Flächen (**66**, **68**), wobei die erste Fläche (**66**) im spitzen Winkel ist zur zweiten Fläche (**68**), und mindestens ein Keilglied (**28**) drehbar angeordnet ist zum entsprechenden Positionierglied (**24**) derart, dass das Verdrehen des mindestens einen Keilglieds (**28**) zum entsprechenden Positionierglied (**24**) die Ausrichtung der elektro-optischen Komponente zum aktiven Verstärkungsmedium (**38**) verändert.

21. Hohlraumgruppe (**10**) nach Anspruch 20, wobei das mindestens eine Positionierglied (**24**) ausgelegt ist zur Aufnahme der mindestens einen elektro-optischen Komponente derart, dass die mindestens eine elektro-optische Komponente in einem Winkel ist zur optischen Achse.

22. Hohlraumgruppe (**10**) nach Anspruch 20 oder 21, wobei mindestens ein Positionierglied (**24**) ein erstes Positionierglied (**24**) umfasst und ein zweites Positionierglied (**24**), wobei das mindestens eine Keilglied (**28**) umfasst ein erstes Keilglied (**28**) und ein zweites Keilglied (**28**), wobei das erste Positionierglied (**24**) ausgelegt ist zur Aufnahme einer ersten elektro-optischen Komponente (**76**), wobei das zweite Positionierglied (**24**) ausgelegt ist zur Aufnahme einer zweiten Elektro-Optischen Komponente (**78**), und wobei die erste elektro-optische Komponente (**76**) verschieden ist von der zweiten elektro-optischen Komponente (**78**).

23. Hohlraumgruppe (**10**) nach Anspruch 22, wobei die erste und zweite elektro-optische Komponente (**76**, **78**) ausgewählt ist aus der Gruppe Frequenzverdopplungselement (**76**) und Generator (**78**) für vierte Harmonische.

24. Hohlraumgruppe (**10**) nach Anspruch 23, wobei das requenzverdopplungselement (**76**) KTiOPO aufweist und der Generator (**78**) für vierte Harmonische einen Beta-Bariumborat-Kristall.

25. Verfahren zum Verpacken einer Hohlraumgruppe (**10**), umfassend Bereitstellen eines aktiven Verstärkungsmediums (**38**); Positionieren mindestens einer Ausrichtgruppe (**14**, **16**) zum aktiven Ver-

stärkungsmedium (**38**), wobei die Ausrichtgruppe (**14**, **16**) jeweils beinhaltet eine elektro-optische Komponente, die so angeordnet werden kann, dass eine optische Achse der elektro-optischen Komponente winkelig versetzt ist zur optischen Achse (**18**) des aktiven Verstärkungsmediums (**38**) und derart, dass die mindestens eine elektro-optische Komponente mindestens teilweise ausgerichtet ist mir der optischen Achse des aktiven Verstärkungsmediums (**38**) im Ergebnis der optischen Achse des aktiven Verstärkungsmediums, welches sich mindestens teilweise durch die mindestens eine elektro-optische Komponente erstreckt, und wobei das Positionieren der mindestens einen Ausrichtgruppe (**14**, **16**) umfasst das Bereitstellen eines Verdrehens zwischen der mindestens einen Ausrichtgruppe (**14**, **16**) und dem aktiven Verstärkungsmedium (**38**), um die Winkelversetzung der optischen Achse zur entsprechenden elektro-optischen Komponente bezüglich der optischen Achse (**18**) des aktiven Verstärkungsmediums (**38**) zu ändern, um hierdurch die Ausrichtung der elektro-optischen Komponente zur optischen Achse des Verstärkungsmediums (**38**) zu ändern und eine Verdrehung der mindestens einen Ausrichtgruppe (**14**, **16**) zum aktiven Verstärkungsmedium (**38**) um eine Achse ist, die mindestens teilweise ausgerichtet ist mit der optischen Achse (**18**) des aktiven Verstärkungsmediums (**38**).

26. Verfahren nach Anspruch 25, zudem umfassend das Ausrichten der optischen Achse des aktiven Verstärkungsmediums (**38**) teilweise längs einer optischen Achse.

27. Verfahren nach Anspruch 25 oder 26, wobei die mindestens eine Ausrichtgruppe (**14**, **16**) umfasst eine erste Ausrichtgruppe (**14**) und eine zweite Ausrichtgruppe (**16**), wobei das Positionieren der mindestens einen Ausrichtgruppe (**14**, **16**) umfasst das Positionieren der mindestens ersten und zweiten Ausrichtgruppen (**14**, **16**), wobei das Positionieren der ersten Ausrichtgruppe (**14**) umfasst das Festmachen einer ersten elektro-optischen Komponente (**76**) an der ersten Ausrichtgruppe (**14**) und danach dann das Positionieren der ersten Ausrichtgruppe (**14**), wobei das Positionieren der zweiten Ausrichtgruppe (**16**) umfasst das Befestigen einer zweiten elektro-optischen Komponente (**78**) an der zweiten Ausrichtgruppe (**16**) und hier danach das Positionieren der zweiten Ausrichtgruppe (**16**) und wobei die erste elektro-optische Komponente (**76**) verschieden ist von der zweiten elektro-optischen Komponente (**78**).

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

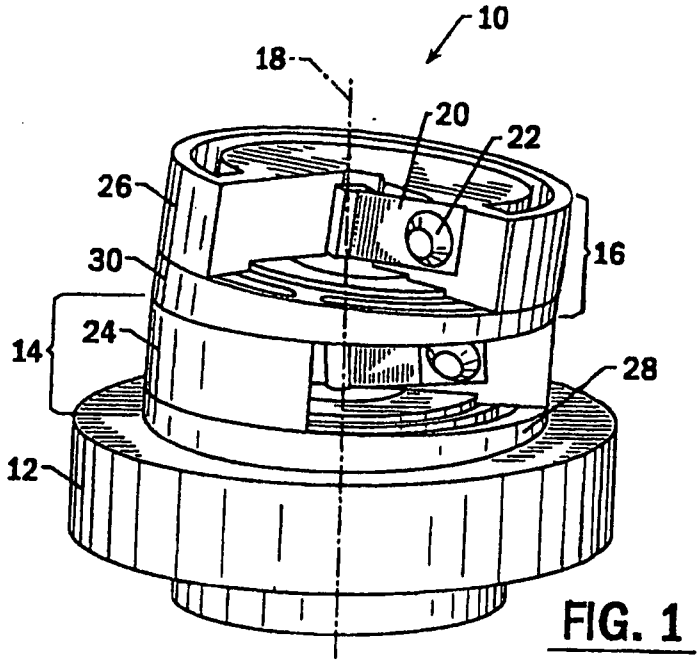

FIG. 1

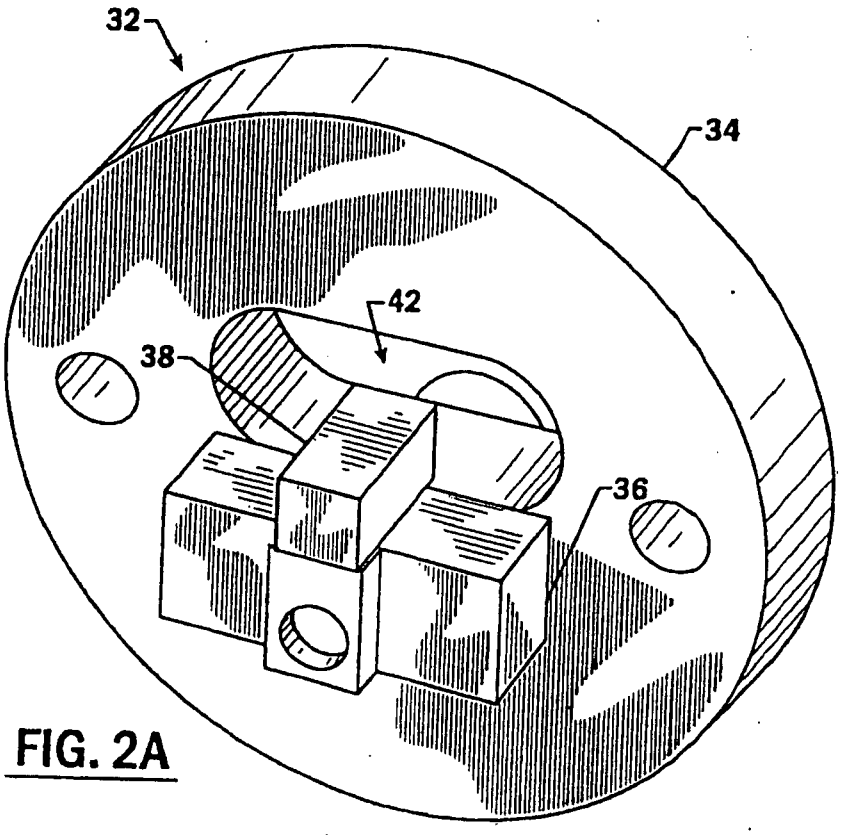

FIG. 2A

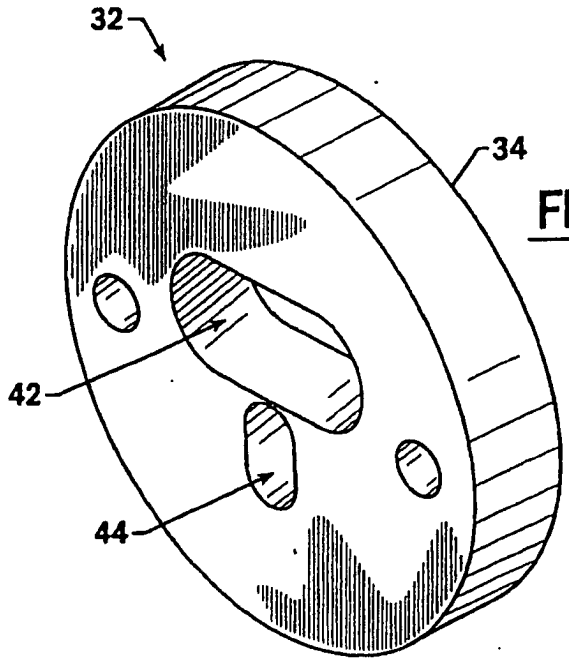

FIG. 2B

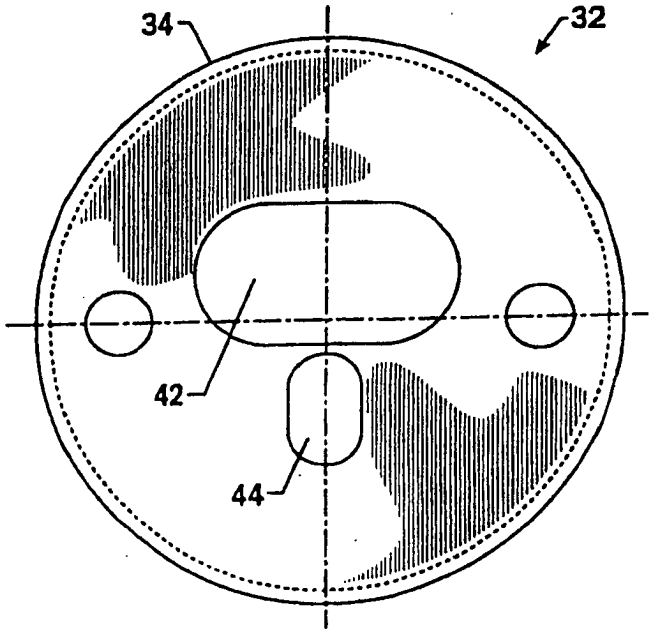

FIG. 2C

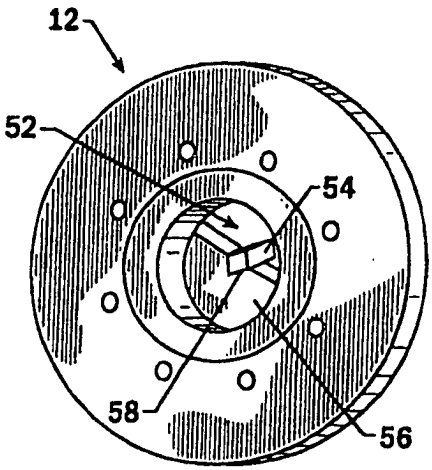

FIG. 3A

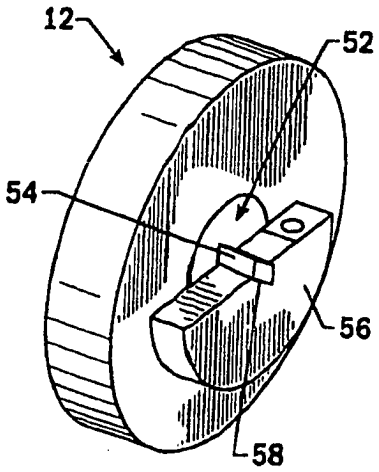

FIG. 3B

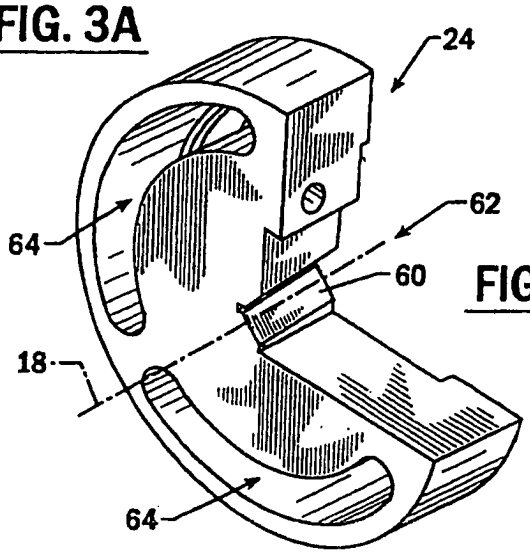

FIG. 4A

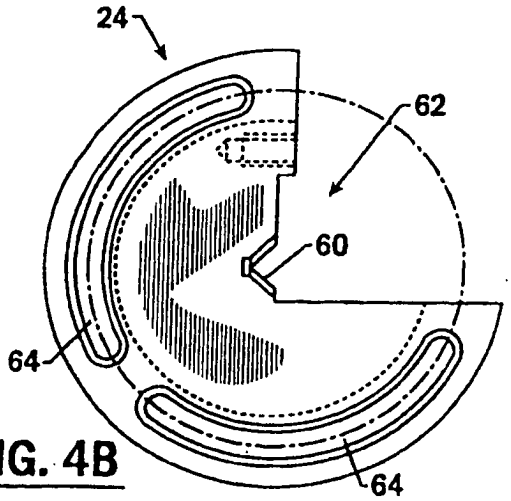

FIG. 4B

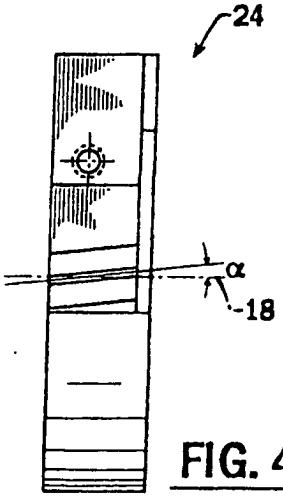

FIG. 4C

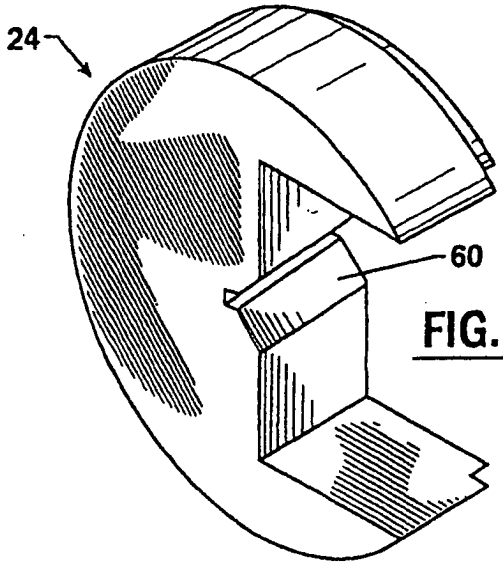

FIG. 5A

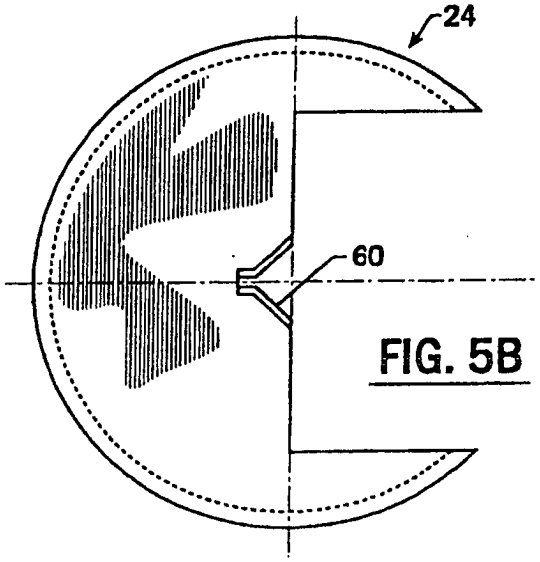

FIG. 5B

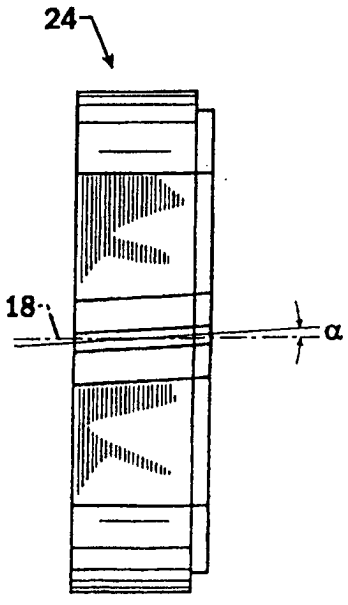

FIG. 5C

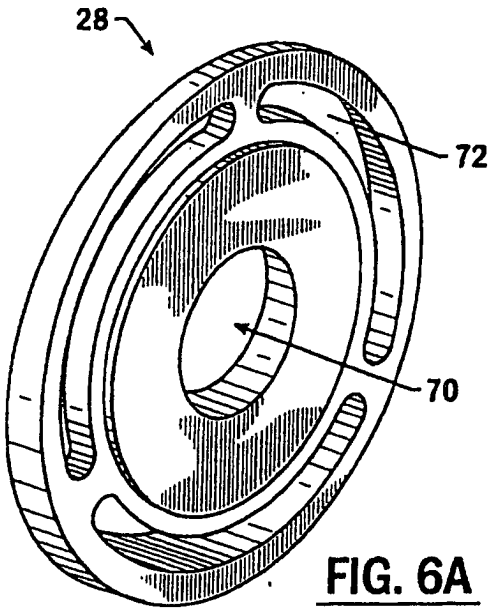

FIG. 6A

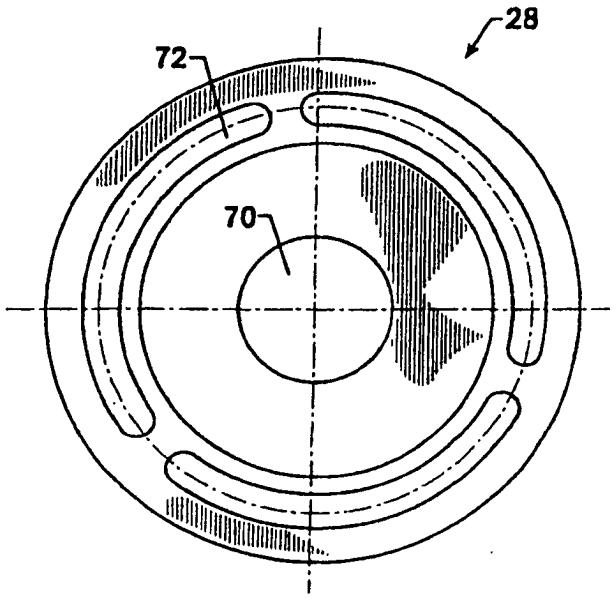

FIG. 6B

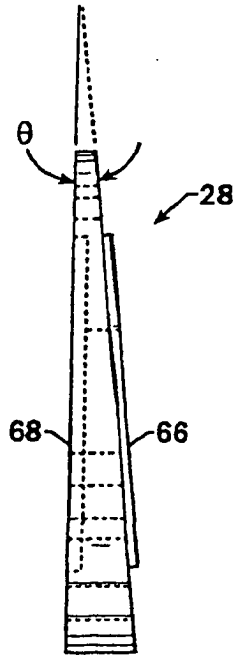

FIG. 6C

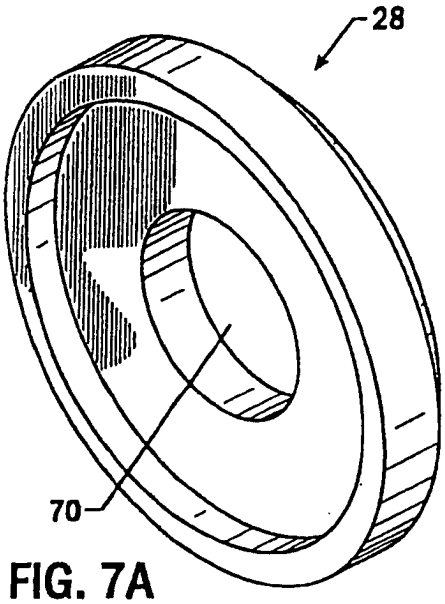

FIG. 7A

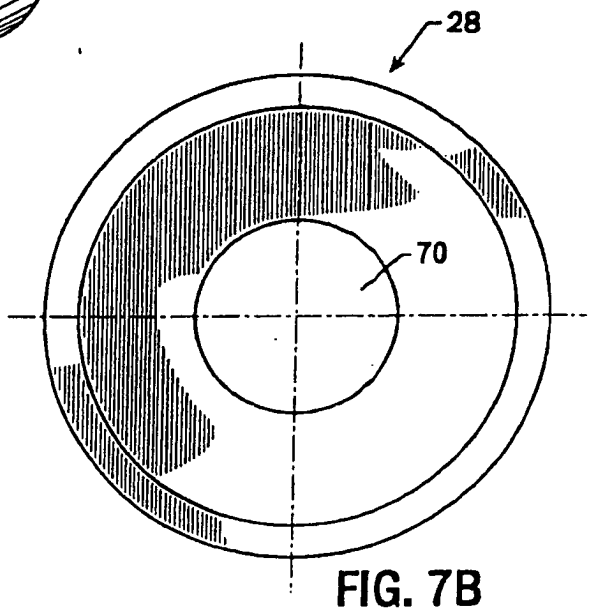

FIG. 7B

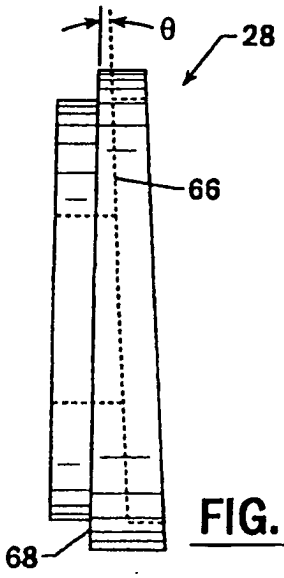

FIG. 7C

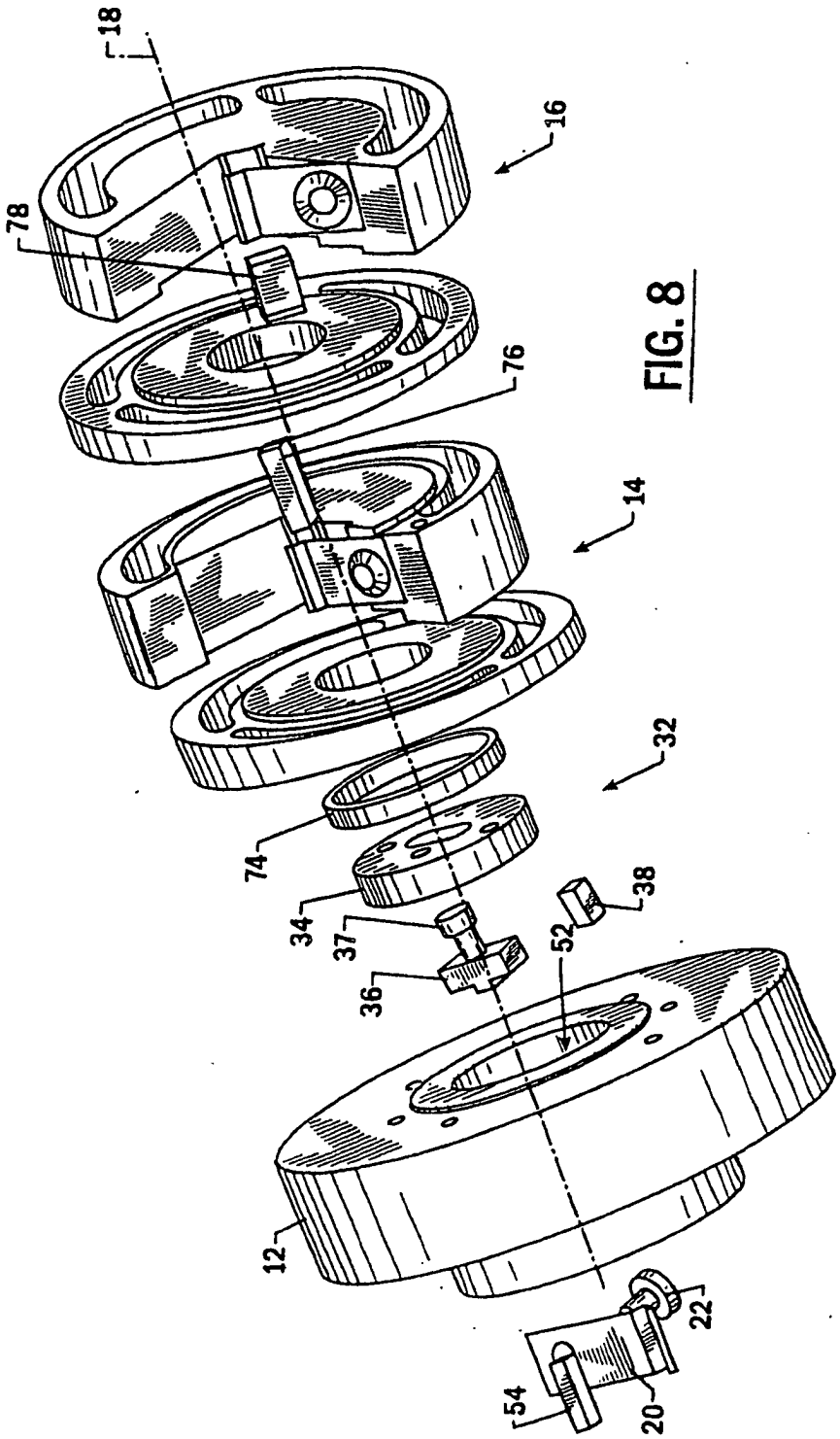

FIG. 8

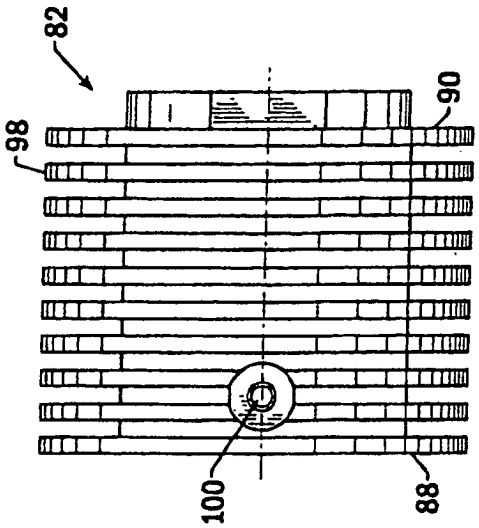

FIG. 11C

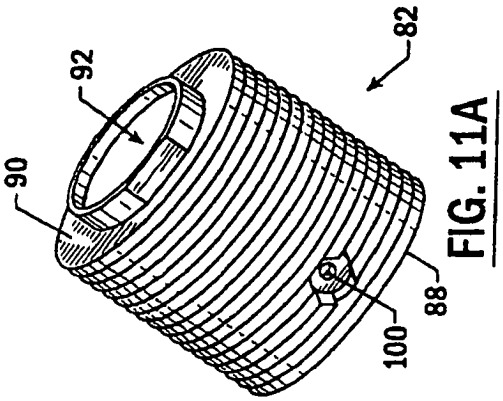

FIG. 11A

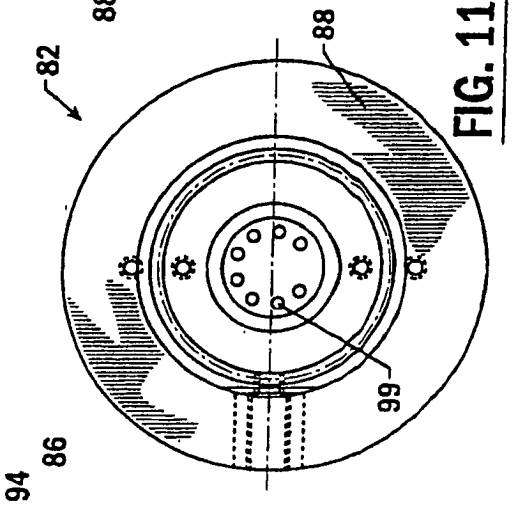

FIG. 11B

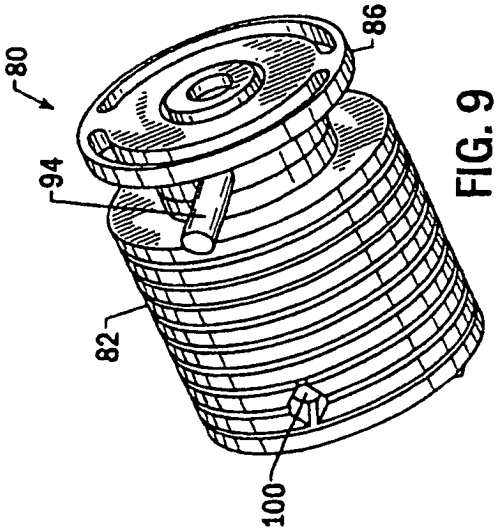

FIG. 9

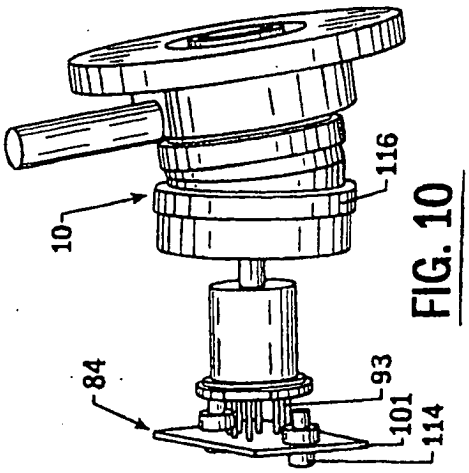

FIG. 10

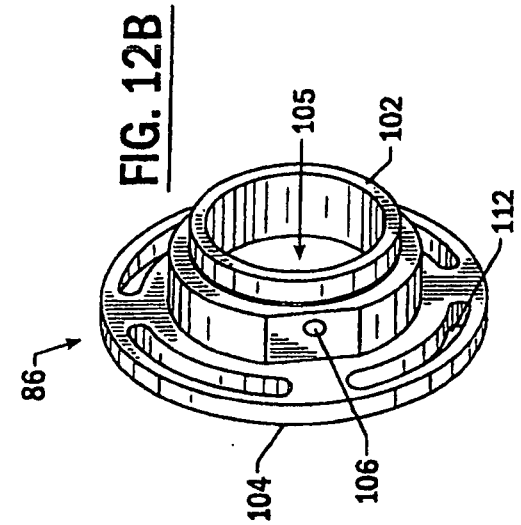

FIG. 12B

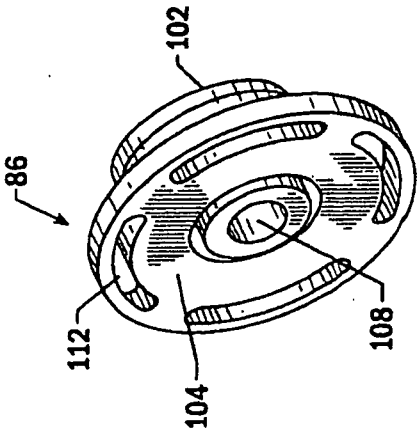

FIG. 12C

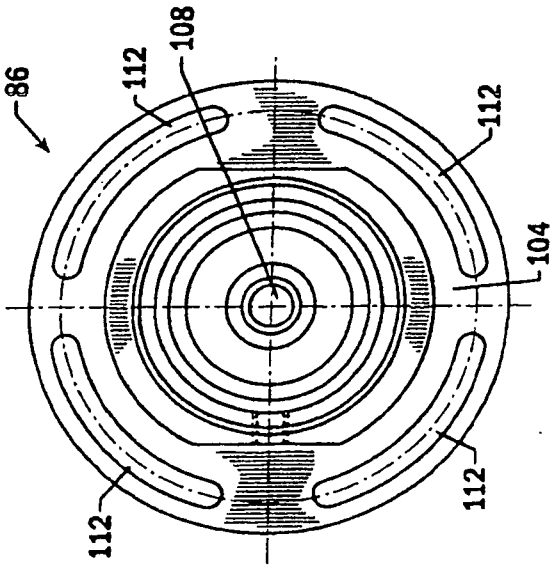

FIG. 12A

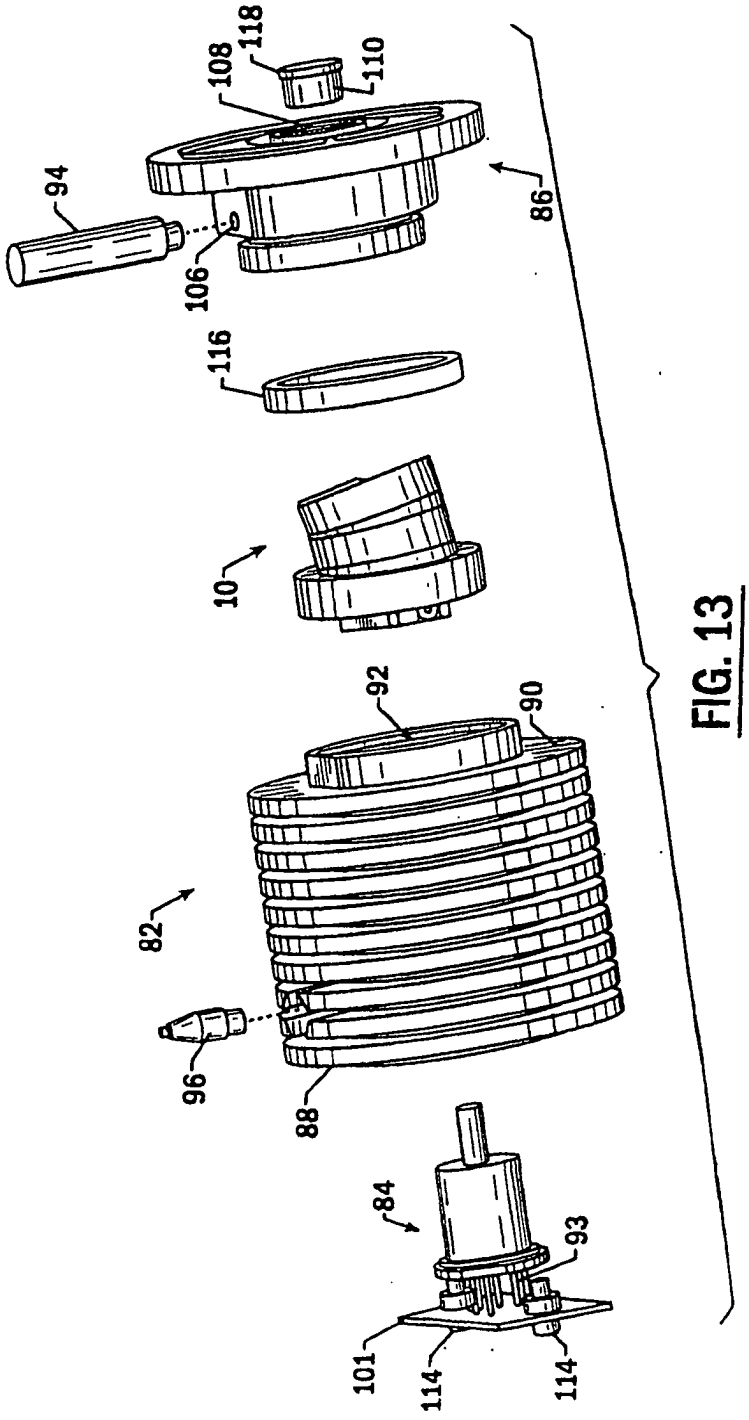

FIG. 13

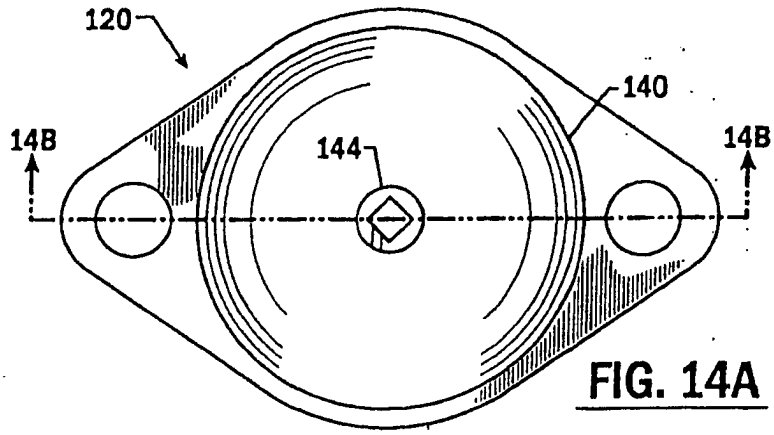

FIG. 14A

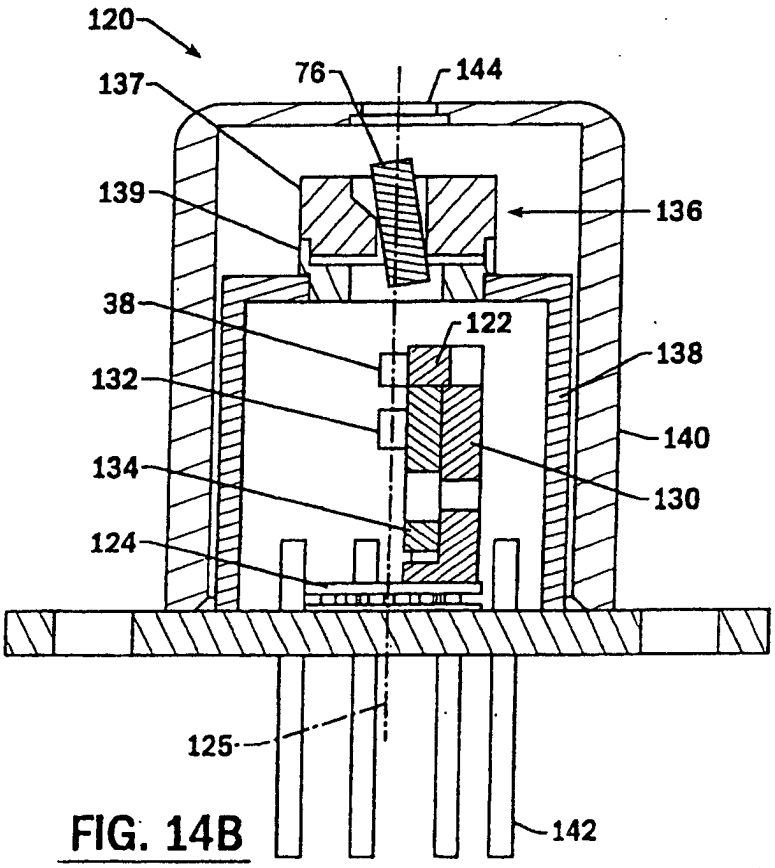

FIG. 14B