



(10) **DE 11 2014 001 747 B4** 2022.07.28

(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2014 001 747.7**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2014/032260**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2014/160981**
(86) PCT-Anmeldetag: **28.03.2014**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **02.10.2014**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **17.12.2015**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **28.07.2022**

(51) Int Cl.: **H01J 65/04 (2006.01)**
H05H 1/24 (2006.01)
H01J 65/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:

61/806,739 **29.03.2013** **US**
14/224,945 **25.03.2014** **US**

(73) Patentinhaber:

KLA-Tencor Corporation, Milpitas, Calif., US

(74) Vertreter:

**Reichert & Lindner Partnerschaft Patentanwälte,
93049 Regensburg, DE**

(72) Erfinder:

**Bezel, Ilya V., Sunnyvale, Calif., US; Shchemelinin,
Anatoly, Pleasanton, Calif., US; Derstine, Matthew
W., Los Gatos, Calif., US; Gross, Kenneth P., San
Carlos, Calif., US; Shortt, David W., Los Gatos,
Calif., US; Zhao, Wei, Sunnyvale, Calif., US;
Chimmalgi, Anant, San Jose, Calif., US; Wang,
Jincheng, San Jose, Calif., US**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

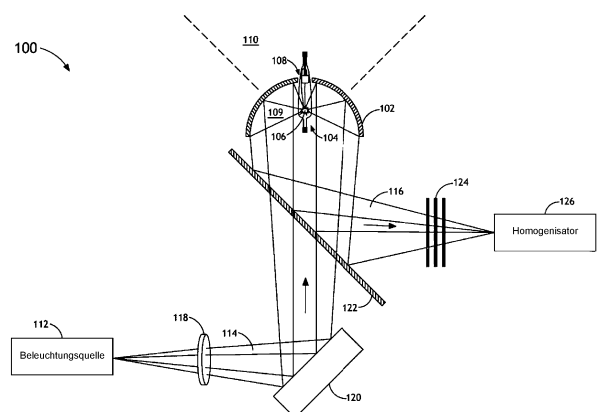
(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung einer Konvektionsströmung in einem lichtgestützten Plasma**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung (100) zur Steuerung einer Konvektionsströmung in einem lichtgestützten Plasma umfassend:

- eine Beleuchtungsquelle (112), die konfiguriert ist, um Beleuchtung (114) zu erzeugen;
- eine Plasmazelle (104), die einen Kolben (105) umfasst, um ein Gasvolumen (103) zu enthalten;
- ein Kollektorelement (102), das angeordnet ist, um die Beleuchtung (114) aus der Beleuchtungsquelle (112) in das Gasvolumen (103) zu fokussieren, um ein Plasma (106) innerhalb des im Kolben enthaltenen Gasvolumens (103) zu erzeugen, wobei ein Teil der Plasmazelle (104) in einem konkaven Bereich (109) des Kollektorelements (102) angeordnet ist, und wobei das Kollektorelement (102) eine Öffnung (108) enthält, durch welche Öffnung sich ein Teil der Plasmazelle erstreckt, damit ein Teil einer Plasmafahne (107) sich zu einem Bereich (110) außerhalb des konkaven Bereichs (109) des Kollektorelements (102) ausbreitet;
- ein außenliegendes Plasmasteuerelement (128), welches im Bereich (110) außerhalb des konkaven Bereichs (109) des Kollektorelements (102) platziert ist, wobei das außenliegende Plasmasteuerelement (128) wenigstens eine Struktur beinhaltet, die innerhalb des Plasmakolbens (105) angeordnet ist oder die außerhalb des Plasmakol-

bens (105) angeordnet ist;

- wobei das außenliegende Plasmasteuerelement (128) ein außenliegendes Konvektionssteuerelement umfasst, wobei das außenliegende Konvektionssteuerelement innerhalb des Plasmakolbens (105) platziert und dazu angeordnet ist, Konvektionsströme innerhalb des Plasmakolbens (105) zu steuern.



(56) Ermittelte Stand der Technik:

US	2013 / 0 003 384	A1
EP	2 172 962	A1

Beschreibung

TECHNISCHER BEREICH

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich im Allgemeinen auf Plasmabasierte Lichtquellen und im Speziellen auf die Verwendung eines invertierten Kollektorelements, um die Steuerung einer Konvektionsströmung in einem Plasma einer Plasma-basierenden Lichtquelle zu unterstützen.

HINTERGRUND

[0002] Da die Nachfrage nach integrierten Schaltungen, die immer kleinere Strukturmerkmale haben, immer weiter zunimmt, wächst der Bedarf nach verbesserten Beleuchtungsquellen, die zur Inspektion dieser immer kleiner werdenden Bauelemente benutzt werden, immer mehr. Eine solche Beleuchtungsquelle umfasst eine lasergestützte Plasmaquelle. Lasergestützte Plasmalichtquellen sind fähig, leistungsstarkes Breitbandlicht zu produzieren. Lasergestützte Lichtquellen funktionieren durch die Fokussierung von Laserstrahlung in ein Gasvolumen, um das Gas, wie Argon oder Xenon, in einen Plasmazustand anzuregen, der fähig ist Licht zu emittieren. Dieser Effekt wird typischerweise Plasma-„Pumpen“ genannt.

[0003] Die Patentanmeldung US 2013 / 0 003 384 A1 betrifft die Fokussierung von Licht in ein Gasvolumen, das in einem Kolben eingeschlossen ist, um darin ein Plasma zu erzeugen. Zur Korrektur von Aberrationen wird adaptive Optik verwendet.

[0004] Die Patentanmeldung EP 2 172 962 A1 betrifft eine Belichtungsanordnung für die Lithografie, mit einer durch Laserstrahlung angeregten UV-Lichtquelle.

[0005] Die Orientierung von Sammeloptiken unter dem Plasma-erzeugenden Volumen in herkömmlichen Laser-gestützten Plasmaquellen resultiert in einer Plasmakonvektionsströmung, die in den inneren Bereich der Quelle gerichtet ist. Herkömmliche Quellen erfordern, dass eine Konvektionssteuerung, ein Fahneneinfall und eine Temperatursteuerung innerhalb des Raumes innerhalb der ellipsoidförmigen Kollektoroptik herkömmlicher Quellen eingebaut sind. In gegenwärtig realisierten Systemen wird großer Aufwand auf die Kühlung des oberen Teils des Plasmakolbens und auf die Abschwächung der Konvektionsfahne des Plasmas verwendet, was durch die geometrischen Beschränkungen, die durch die nach oben gerichtete Orientierung der Sammeloptiken entstehen, begrenzt wird. Luftkühlung am oberen Bereich des Plasmakolbens führt dazu, dass sich warme Luft im Inneren des Volumens, das zur Ausbreitung von Laser- und Plasma-Licht bestimmt

ist, ausbreitet und zusätzliches Rauschen infolge von Luftverwirbelungen verursacht. Hinzu kommt, dass die gegenwärtigen Verfahren, den oberen Bereich des Plasmakolbens mittels einer nach unten gerichteten Luftdüse zu kühlen, einen Luftstrom gegen die natürliche Konvektionsrichtung zur Folge haben, was dazu führt, dass wärmere Luft auf kältere Kolbenteile geblasen wird. Außerdem gibt es in kolbenlosen Systementwürfen, in welchen sich die Konvektionsfahne innerhalb des Volumens, das zur Ausbreitung von Laser- und Plasma-Licht bestimmt ist, ausbreitet schwerwiegende Instabilitäten. Deswegen wäre es wünschenswert, eine Vorrichtung und ein Verfahren bereitzustellen, die die oben beschriebenen Fehler beheben.

ÜBERSICHT ÜBER DIE ERFINDUNG

[0006] Eine Vorrichtung zur Steuerung einer Konvektionsströmung in einem lichtgestützten Plasma ist gemäß der vorliegenden Erfindung offenbart. Die Vorrichtung enthält eine Beleuchtungsquelle, die konfiguriert ist, um Beleuchtung zu erzeugen, und umfasst eine Plasmazelle, welche einen Kolben zum Einschluss eines Gasvolumens umfasst. Die Vorrichtung beinhaltet ein Kollektorelement, das angeordnet ist, um die Beleuchtung aus der Beleuchtungsquelle in das Gasvolumen zu fokussieren, um ein Plasma innerhalb des Gasvolumens, das in dem Kolben enthalten ist, zu erzeugen. In einem Ausführungsbeispiel kann das Kollektorelement ein ellipsoid-förmiges Kollektorelement enthalten. Ein Teil der Plasmazelle ist innerhalb eines konkaven Bereichs des Kollektorelements angeordnet. In einem Ausführungsbeispiel ist mindestens ein oberer Bereich des Kollektorelements über einem Plasma-erzeugenden Bereich der Plasmazelle angeordnet und konfiguriert, um Beleuchtung aus der Beleuchtungsquelle in das Gasvolumen zu fokussieren, um ein Plasma mindestens unter dem oberen Bereich des Kollektorelements zu erzeugen. Das Kollektorelement enthält eine Öffnung zur Ausbreitung eines Bereichs einer Plasmafahne in einen Bereich außerhalb des konkaven Bereichs des Kollektorelements. In einem Ausführungsbeispiel ist die Öffnung im Wesentlichen in einem oberen Bereich des Kollektorelements platziert. Die Vorrichtung enthält ein außenliegendes Plasmasteuerelement, welches im Bereich außerhalb des konkaven Bereichs des Kollektorelements platziert ist.

[0007] Eine weitere Vorrichtung zur Steuerung einer Konvektionsströmung in einem lichtgestützten Plasma gemäß der vorliegenden Erfindung ist offenbart. Die Vorrichtung enthält eine Beleuchtungsquelle, die konfiguriert ist, um Beleuchtung zu erzeugen. Das Kollektorelement enthält einen konkaven Bereich, um zur Einschließung eines Gasvolumens beizutragen und ist angeordnet, um die Beleuchtung aus der Beleuchtungsquelle in das Gasvolumen zu

fokussieren, um ein Plasma innerhalb des Gasvolumens, das vom konkaven Bereich des Kollektorelements teilweise begrenzt wird, zu erzeugen. In einem Ausführungsbeispiel kann das Kollektorelement ein ellipsoidisch geformtes Kollektorelement umfassen. In einem Ausführungsbeispiel ist mindestens ein oberer Bereich des Kollektorelements über dem Gasvolumen angeordnet und konfiguriert, um Beleuchtung aus der Beleuchtungsquelle in das Gasvolumen zu fokussieren, um ein Plasma mindestens unter dem oberen Bereich des Kollektorelements zu erzeugen. Das Kollektorelement umfasst eine Öffnung zur Ausbreitung eines Bereichs einer Plasmafahne zu einem Bereich außerhalb des Innenbereichs des Kollektorelements. In einem Ausführungsbeispiel ist die Öffnung im Wesentlichen in einem oberen Bereich des Kollektorelements platziert. Die Vorrichtung enthält ein außenliegendes Plasmasteuerelement, welches im Bereich außerhalb des konkaven Bereichs des Kollektorelements platziert ist.

[0008] Ein Verfahren zur Steuerung einer Konvektionsströmung in einem lichtgestützten Plasma gemäß der vorliegenden Erfindung ist offenbart. Das Verfahren umfasst es, ein Kollektorelement bereitzustellen, ein Gasvolumen in einer Plasmazelle, die innerhalb eines konkaven Bereichs des Kollektorelements angeordnet ist, einzuschließen, ein Plasma innerhalb der Plasmazelle zu bilden, indem Beleuchtung in das Gasvolumen, welches in der Plasmazelle enthalten ist, fokussiert wird, und einen Bereich einer Plasmafahne sich über eine Öffnung im Kollektorelement zu einem Bereich außerhalb des konkaven Bereichs des Kollektorelements ausbreiten zu lassen.

[0009] Ein Verfahren zur Korrektur konvektionsbasierter Aberrationen gemäß der vorliegenden Erfindung ist offenbart. Das Verfahren umfasst: die Bereitstellung eines Kollektorelements; das teilweise Einschließen eines Gasvolumens durch einen konkaven Bereich des Kollektorelements; das Bilden eines Plasmas innerhalb des konkaven Bereichs des Kollektorelements, indem Beleuchtung in das Gasvolumen, welches durch den konkaven Bereich des Kollektorelements teilweise begrenzt ist, fokussiert wird; und die Ausbreitung eines Bereichs einer Plasmafahne zu einem Bereich außerhalb des konkaven Bereichs des Kollektorelements über eine Öffnung im Kollektorelement.

[0010] Sowohl die vorhergehende allgemeine Beschreibung als auch die folgende detaillierte Beschreibung sind beispielhaft und erläuternd und nicht notwendigerweise einschränkend für die beanspruchte Erfindung. Die beigefügten Zeichnungen, die in die Spezifikation integriert sind und einen Teil von ihr darstellen, zeigen Ausführungsbeispiele der Erfindung und dienen dazu, das Prinzip der Erfin-

dung, zusammen mit der allgemeinen Beschreibung, zu veranschaulichen.

Figurenliste

[0011] Die vielen Vorteile der Offenbarung können vom Fachmann durch Bezugnahme auf die beigefügten Figuren besser verstanden werden, in denen:

Fig. 1A eine schematische Übersichtsdarstellung einer Vorrichtung zur Steuerung einer Konvektionsströmung in einem lichtgestützten Plasma gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist.

Fig. 1B eine schematische Übersichtsdarstellung eines Kollektorelements und einer Plasmazelle einer Vorrichtung zur Steuerung einer Konvektionsströmung in einem lichtgestützten Plasma gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist.

Fig. 1C eine schematische Übersichtsdarstellung einer kolbenlosen Vorrichtung zur Steuerung einer Konvektionsströmung in einem lichtgestützten Plasma gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist.

Fig. 2 ein Flussdiagramm ist, das ein Verfahren zur Steuerung einer Konvektionsströmung in einem lichtgestützten Plasma gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.

Fig. 3 ein Flussdiagramm ist, das ein Verfahren zur Steuerung einer Konvektionsströmung in einem lichtgestützten Plasma gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0012] Nun wird im Detail auf den offenbarten Gegenstand Bezug genommen, der in den beigefügten Zeichnungen veranschaulicht ist.

[0013] Mit genereller Bezugnahme auf **Fig. 1A** bis **Fig. 3** werden eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Steuerung einer Konvektionsströmung in einem lichtgestützten Plasma gemäß der vorliegenden Offenbarung beschrieben. Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung sind auf die Implementierung eines invertierten Kollektor-/Reflektorelements in eine lichtgestützte Plasma-Lichtquelle gerichtet. Die Umkehrung des Kollektorelements der Plasma-Lichtquelle der vorliegenden Erfindung ermöglicht, dass die Plasmafahne sich von dem Plasmabereich der Quelle zu einem Bereich außerhalb der Kollektorgrenze über eine Öffnung im Kollektorelement ausbreitet. In Ausführungsbeispielen, in denen die Öffnung im Kollektorelement an oder nahe des

Scheitels des Kollektorelements positioniert ist, breitet sich die Fahne leicht (z.B. breitet sich innerhalb eines Plasmakolbens aus oder breitet sich in einem kolbenlosen Aufbau aus) nach oben durch die Öffnung in einen Bereich oberhalb und außerhalb des Innenbereiches des Kollektorelements aus. Solch eine Konfiguration ermöglicht die Implementierung einer beliebigen Anzahl von Plasmasteuermechanismen an einem Ort außerhalb des Kollektorelements. Beispielsweise können die Plasmasteuermechanismen Gas- und/oder Fahnenkühlung und/oder -heizung, Konvektionssteuerung, und/oder Fahneneinfang und/oder -umlenkung umfassen, sind aber nicht darauf beschränkt. Es sei angemerkt, dass die Implementierung der Plasmasteuerung in den Bereich außerhalb des Innenbereichs des Kollektorelements dazu dient, die verschiedenen Plasmakontrolleinrichtungen und -einbauten aus dem optisch aktiven Bereich der Vorrichtung zu entfernen, und dadurch geometrische Einschränkungen innerhalb der Vorrichtung abzumildern.

[0014] Fig. 1A-1B zeigen eine Vorrichtung 100, die, gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, zur Unterstützung bei der Steuerung einer Konvektionsströmung von Plasma in einer lichtgestützten Plasma-Zelle geeignet ist. Die Erzeugung von Plasma innerhalb von Inertgasen ist allgemein in der U.S.-Patentanmeldung US 2007 / 0 228 300 A1, die am 2. April 2007 eingereicht wurde, beschrieben, und in der U.S.-Patentanmeldung US 2007 / 0 228 288 A1, die am 31. März 2006 eingereicht wurde, die hierin in ihrer Gesamtheit aufgenommen sind. Verschiedene Plasmazellen-Designs und Plasmasteuermechanismen sind in der U.S.-Patentanmeldung US 2013 / 0 106 275 A1, eingereicht am 9. Oktober 2012, beschrieben, die hier durch Verweis in ihrer Gesamtheit aufgenommen ist.

[0015] In einer Ausführungsform umfasst die Vorrichtung 100 eine Beleuchtungsquelle 112 (z.B. einen oder mehrere Laser), die konfiguriert ist, um Beleuchtung einer ausgewählten Wellenlänge zu erzeugen. In einer anderen Ausführungsform enthält die Vorrichtung 100 eine Plasmazelle 104 zur Erzeugung eines Plasmas. In einer anderen Ausführungsform enthält die Plasmazelle 104 einen Kolben 105, um ein ausgewähltes Gas (z.B. Argon, Xenon, Quecksilber oder ähnliches) einzuschließen, das geeignet ist, um ein Plasma nach Absorption einer geeigneten Beleuchtung zu erzeugen. In einer Ausführungsform führt das Fokussieren von Beleuchtung 114 aus der Beleuchtungsquelle 112 in das Gasvolumen 103 dazu, dass Energie in einer oder mehreren ausgewählten Absorptionslinien des Gases oder Plasmas innerhalb des Kolbens 105 absorbiert wird, wodurch die Gasspezies „gepumpt“ wird, um Plasma zu erzeugen oder aufrechtzuerhalten. In einer anderen Ausführungsform, wenn auch

nicht gezeigt, kann die Plasmazelle 104 einen Satz von Elektroden zur Initiierung des Plasmas enthalten, wobei die Beleuchtungsquelle 114 das Plasma nach der Zündung durch die Elektroden aufrechterhält.

[0016] In einer anderen Ausführungsform enthält die Vorrichtung 100 ein Kollektor-/Reflektor-Element 102 (z.B. ein ellipsoidisch geformtes Kollektorelement), das konfiguriert ist, um Beleuchtung, die von der Beleuchtungsquelle 112 ausgeht, in das innerhalb des Kolbens 105 der Plasmazelle 104 enthaltene Gasvolumen 103 zu fokussieren. Das Kollektorelement 102 kann jeden bekannten physikalischen Aufbau aufweisen, der geeignet ist, um Beleuchtung, die von der Beleuchtungsquelle 112 ausgeht, in das innerhalb des Kolbens 105 der Plasmazelle befindliche Gasvolumen 103 zu fokussieren. In einem Ausführungsbeispiel kann das Kollektorelement 102 einen konkaven Bereich 109 mit einer reflektierenden Innenfläche 111 umfassen, die geeignet ist, um Beleuchtung 114 aus der Beleuchtungsquelle 112 zu empfangen und die Beleuchtung 114 in das Gasvolumen 103, das im Kolben 105 enthalten ist, zu fokussieren. Zum Beispiel, wie in Fig. 1B gezeigt, kann das Kollektorelement 102 ein ellipsoidisch geformtes Kollektorelement 102 beinhalten, das eine reflektierende Innenfläche 111 hat. In einem anderen Ausführungsbeispiel ist das Kollektorelement 102 angeordnet, um Breitbandbeleuchtung, die vom Plasma 106 emittiert wurde, zu sammeln und die Breitbandbeleuchtung zu einem oder mehreren zusätzlichen optischen Elementen zu führen (z.B. Homogenisator 126).

[0017] In einem Ausführungsbeispiel ist das Kollektorelement 102 so angebracht, dass ein oberer Bereich des Kollektorelements 102 über dem Plasma-erzeugenden Bereich der Plasmazelle 104 platziert ist, wie in Fig. 1B gezeigt. In einem anderen Ausführungsbeispiel ist das Kollektorelement 102 angebracht, um Beleuchtung 114 aus der Beleuchtungsquelle 112 in das Gasvolumen 103 zu fokussieren, um ein Plasma 106 unter mindestens dem oberen Bereich des Kollektorelements 102 zu erzeugen. Zum Beispiel, wie in Fig. 1B gezeigt, ist mindestens der Scheitel des Kollektorelements 102 über einem Bereich (z.B. dem Plasma-erzeugenden Bereich) des Kolbens 105 platziert. In dieser Hinsicht ist die Innenfläche 111 des konkaven Bereichs 109 angeordnet, um Beleuchtung 114 aus der Beleuchtungsquelle 102 nach unten in Richtung des Kolbens 105 der Plasmazelle 104 zu lenken.

[0018] In einer Ausführungsform beinhaltet das Kollektorelement eine Öffnung 108 zur Ausbreitung eines Bereichs einer Fahne 107 des Plasmas 106, das innerhalb des Kolbens 105 erzeugt wurde, in einen Bereich 110 außerhalb des konkaven Bereichs 109 des Kollektorelements 102. In einer Ausfüh-

rungsform, wie in **Fig. 1B** gezeigt, kann ein Bereich der Plasmazelle 104 so platziert sein, dass sie durch die Öffnung 108 verläuft. Zum Beispiel, wie in **Fig. 1B** gezeigt, kann der Kolben 105 der Plasmazelle 104 so positioniert sein, dass er durch die Öffnung 108 verläuft. Beispielsweise kann ein erster Bereich des Kolbens 105 sich innerhalb des konkaven Bereichs 109 oder des Innenbereichs, des Kollektorelements 102 befinden, während ein zweiter Bereich sich in einem Bereich 110 außerhalb des Kollektorelements 102 befinden kann. In dieser Hinsicht kann Gas oder Plasma, das im Kolben 105 enthalten ist, von einer Seite des Kollektorelements 102 (z.B. innerhalb des Kollektorelements) zu einer gegenüberliegenden Seite (z.B. außerhalb des Kollektorelements) queren, was eine Konvektionsströmung zwischen inneren und äußeren Bereichen des Kollektorelements 102 ermöglicht.

[0019] In einer Ausführungsform ist die Plasmazelle 104 innerhalb der Öffnung 108 im Kollektorelement 102 angeordnet. In einer Ausführungsform ist die Plasmazelle 104 innerhalb der Öffnung 108 des Kollektorelements 102 angebracht. In einer anderen Ausführungsform ist ein erster Bereich der Plasmazelle 104 in thermischen Austausch mit dem konkaven Bereich 109 des Kollektorelements 102 gebracht, während ein zweiter Bereich der Plasmazelle 104 in thermischen Austausch mit dem Bereich 110 außerhalb des konkaven Bereichs 109 des Kollektorelements 102 gebracht ist. In einer anderen Ausführungsform ist ein erster Bereich des Kolbens 105 der Plasmazelle 104 in thermischen Austausch mit dem konkaven Bereich 109 des Kollektorelements 102 gebracht, während ein zweiter Bereich des Kolbens 105 der Plasmazelle 104 in thermischen Austausch mit dem Bereich 110 außerhalb des konkaven Bereichs 109 des Kollektorelements 102 gebracht ist.

[0020] In einer Ausführungsform ist die Öffnung 108 im Wesentlichen in einem oberen Bereich des Kollektorelements 102 platziert. In einer anderen Ausführungsform ist die Öffnung 108 an oder in der Nähe des Scheitels des Kollektorelements platziert. Zum Beispiel im Falle eines ellipsoidisch-geformten Kollektorelements, wie in **Fig. 1B** gezeigt, kann die Öffnung 108 an oder in der Nähe des Scheitels des ellipsoidisch-geformten Kollektorelements positioniert sein. Es sei angemerkt, dass die derzeitige Erfindung nicht auf die Anordnung der Öffnung 108 an oder in der Nähe des Scheitels des Kollektorelements 102 beschränkt ist. Es wird ferner angemerkt, dass die Öffnung 108 oder die Öffnungen an einer Vielzahl von Orten längs der Wand des Kollektorelements 102 positioniert sein können, um die Ausbreitung eines Bereichs der Fahne 107 zu dem Außenbereich 110, außerhalb des konkaven Bereichs 109 des Kollektorelements 102, zu ermöglichen.

[0021] Der Kolben 105 der Plasmazelle 104 kann jede bekannte Form annehmen, die geeignet ist, um die Öffnung zwischen dem konkaven Bereich 109 und dem Außenbereich 110 zu queren. Zum Beispiel, wie in **Fig. 1B** gezeigt, kann der Kolben 105 eine längliche Form haben, aber das ist nicht erforderlich.

[0022] Es sei angemerkt, dass die invertierte Orientierung des Kollektorelements 102 zusammen mit der Positionierung der Öffnung 108 an dem oberen Bereich des Kollektorelements 102 eine verbesserte thermische Steuerung des Kolbens 105 der Plasmazelle 104 ermöglicht. In dieser Hinsicht hilft die Positionierung mindestens eines Bereichs des Kolbens (z.B. des oberen Bereichs des Kolbens) außerhalb des konkaven Bereichs 109 bei der Kühlung des Kolbens. Außerdem hilft die Ausbreitung der Fahne 107 außerhalb des konkaven Bereichs 109, den Einfluss der Plasmafahne 107 abzuschwächen.

[0023] In einem anderen Ausführungsbeispiel, wie in **Fig. 1B** gezeigt, umfasst die Vorrichtung 100 ein oder mehrere Plasmasteuerelemente 128. In einem Ausführungsbeispiel ist das außenliegende Plasmasteuerelement 128 in dem Bereich 110 außerhalb des konkaven Bereichs 109 des Kollektorelements 102 angeordnet. In einem Ausführungsbeispiel, wie in **Fig. 1B** gezeigt, ist das außenliegende Plasmasteuerelement 128 innerhalb des Kolbens 105 der Plasmazelle 104 angeordnet. In einem anderen Ausführungsbeispiel, wenngleich nicht gezeigt, ist das außenliegende Plasmasteuerelement 128 außerhalb des Kolbens 105 der Plasmazelle 104 angeordnet. Zum Beispiel kann das außenliegende Plasmasteuerelement 128 an der Außenwand des Plasmakolbens 105 befestigt sein oder es kann in unmittelbarer Nähe zu dem Plasmakolben 105 vorgesehen sein.

[0024] In einer Ausführungsform kann das außenliegende Plasmasteuerelement 128 jedes bekannte Plasmasteuerelement umfassen, um eine oder mehrere Eigenschaften des Plasmas 106 zu steuern.

[0025] In einer Ausführungsform umfasst das außenliegende Plasmasteuerelement 128 ein außenliegendes Temperatursteuerelement. Zum Beispiel kann ein außenliegendes Temperatursteuerelement innerhalb oder außerhalb des Plasmakolbens 105 der Plasmazelle 104 angeordnet sein. Das außenliegende Temperatursteuerelement kann jedes bekannte Temperatursteuerelement einschließen, das verwendet wird, um die Temperatur der Plasmazelle 104, des Plasmas 106 und/oder der Plasmafahne 107 zu steuern.

[0026] In einer Ausführungsform kann das außenliegende Temperatursteuerelement verwendet werden, um den Plasmakolben 105 der Plasmazelle 104

und/oder die Fahne 107, die durch das Plasma 106 erzeugt wird, zu kühlen, indem thermische Energie an ein Medium außerhalb des konkaven Bereichs 109 des Kollektorelements 102 übertragen wird. In einer Ausführungsform kann das außenliegende Temperatursteuerelement ein Kühlelement enthalten, um den Plasmakolben 105 zu kühlen, aber es ist nicht darauf beschränkt. In einer Ausführungsform kann das außenliegende Temperatursteuerelement ein Wärmeübertragungselement beinhalten, um thermische Energie vom Kolben 105 (oder von der Fahne 107) zu einem Medium außerhalb des konkaven Bereichs 109 des Kollektorelements 102 zu übertragen. Zum Beispiel kann das außenliegende Temperatursteuerelement ein Wärmerohr (nicht gezeigt) in thermischem Austausch mit einem oder mehreren Bereichen (z.B. Kolbenwand, Elektroden innerhalb des Kolbens und dergleichen) des Plasmakolbens 105 beinhalten, ist aber nicht darauf beschränkt. Zusätzlich kann das Wärmerohr in thermischen Austausch mit einem Wärmetauscher (nicht gezeigt) platziert sein. In dieser Hinsicht kann das Wärmerohr thermische Energie aus dem Inneren des Plasmakolbens zu dem Wärmetauscher, der in einem Bereich außerhalb des konkaven Bereichs 109 des Kollektorelements 102 angeordnet ist, übertragen. Der Wärmetauscher könnte außerdem konfiguriert sein, um die vom Wärmerohr empfangene thermische Energie zu einem Medium (z.B. einer Wärmesenke) außerhalb des Plasmakolbens 105 und des konkaven Bereichs 109 des Kollektorelements 102 zu übertragen. In einer anderen Ausführungsform ist das Wärmerohr konfiguriert, um thermische Energie von der Fahne 107, die durch von dem Plasmabereich 106 des Plasmakolbens 105 aufsteigendes Gas erzeugt wird, zu einem Medium außerhalb des konkaven Bereichs 109 des Kollektorelements 102 über einen Wärmetauscher zu übertragen.

[0027] In einer anderen Ausführungsform kann der Kolben 105 ein oder mehrere passive Wärmeübertragungselemente enthalten, die mit einem oder mehreren Bereichen des Kolbens 105 verbunden sind. Zum Beispiel können das eine oder die mehreren passiven Wärmeübertragungselemente, ohne darauf beschränkt zu sein, Ablenkplatten, Winkelmanschetten oder Lamellen enthalten, die angeordnet sind, um thermische Energie von dem heißen Plasma 106 zu einem Bereich der Plasmazelle 104 (z.B. obere Elektrode des Kolbens) zu übertragen, um die Wärmeübertragung aus dem Kolben heraus zu erleichtern.

[0028] In einer anderen Ausführungsform kann das außenliegende Temperatursteuerelement verwendet werden, um den Plasmakolben 105 der Plasmazelle 104 zu heizen. Zum Beispiel kann das außenliegende Temperatursteuerelement ein Heizgerät oder ein Wärmeübertragungselement (z.B. ein Wär-

merrohr, das thermische Energie aus einem außenliegendem Medium zu dem Kolben 105 überträgt) in thermischem Austausch mit dem Plasmakolben und konfiguriert, thermische Energie zu dem Plasmakolben zu übertragen, beinhalten. Beispielsweise kann das außenliegende Temperatursteuerelement ein Heizgerät oder ein Wärmeübertragungselement enthalten, die innerhalb des Plasmakolbens 105 oder außerhalb des Plasmakolbens 105 angeordnet sind.

[0029] Die Benutzung von Wärmeübertragungselementen ist allgemein in der U.S.-Patentanmeldung US 2013/0 106 275 A1, eingereicht am 9. Oktober 2012, die hierin durch Verweis in ihrer Gesamtheit aufgenommen ist, beschrieben. Die Benutzung von Wärmeübertragungselementen ist auch allgemein in dem U.S.-Patent US 9 099 292 B1, eingereicht am 26. Mai 2010, das hier durch Verweis in Gesamtheit aufgenommen ist, beschrieben.

[0030] In einer anderen Ausführungsform enthält das außenliegende Plasmasteuerelement 128 ein außenliegendes Konvektionssteuerelement. Zum Beispiel kann das außenliegende Konvektionssteuerelement innerhalb oder außerhalb des Plasmakolbens 105 der Plasmazelle 104 angeordnet sein. Das außenliegende Konvektionssteuerelement kann jedes bekannte Konvektionssteuergerät einschließen, das verwendet wird, um die Konvektion in der Plasmazelle 104 zu steuern. Zum Beispiel kann das außenliegende Konvektionssteuerelement eine oder mehrere Einrichtungen (z.B. Strukturen, die innerhalb der Plasmazelle 104 positioniert sind) umfassen, die zur Steuerung von Konvektionsströmen innerhalb des Plasmakolbens 105 der Plasmazelle 104 geeignet sind. Beispielsweise können die einen oder mehreren Strukturen zur Steuerung von Konvektionsströmen innerhalb des Plasmakolbens 105 so angeordnet sein, dass der Fluss des heißen Gases aus dem Bereich des heißen Plasmas 106 der Plasmazelle 104 zu den kälteren inneren Oberflächen des Glaskolbens 105 beeinflusst wird. In dieser Hinsicht können die einen oder mehreren Strukturen in einer Art und Weise konfiguriert werden, dass eine Konvektionsströmung in Bereiche innerhalb des Plasmakolbens 105 geführt wird, die den Schaden an dem Kolben 105, der vom Gas hoher Temperatur verursacht wird, minimieren oder zumindest reduzieren.

[0031] Die Verwendung von Einrichtungen zur Konvektionssteuerung ist allgemein in der U.S.-Patentanmeldung US 2013 / 0 106 275 A1, eingereicht am 9. Oktober 2012, die hierin durch Verweis in ihrer Gesamtheit aufgenommen ist, beschrieben. Die Verwendung von Geräten zur Konvektionssteuerung ist auch allgemein in dem U.S.-Patent US 9 099 292 B1, eingereicht am 26. Mai 2010, das hierin durch Verweis in Gesamtheit aufgenommen ist, beschrieben.

[0032] In einer weiteren Ausführungsform enthält das außenliegende Plasmasteuerelement 128 ein außenliegendes Fahneneinfangelement. Zum Beispiel kann ein außenliegendes Fahneneinfangelement innerhalb oder außerhalb des Plasmakolbens 105 der Plasmazelle 104 angeordnet sein. Das außenliegende Plasmasteuerelement kann jede bekannte Fahnensteuereinrichtung umfassen, die verwendet wird, um die Fahne 107 des Plasmas 106 innerhalb der Plasmazelle 104 einzufangen oder umzulenken. Zum Beispiel kann das außenliegende Fahneneinfangelement eine oder mehrere Einrichtungen beinhalten, die einen konkaven Bereich aufweisen, der geeignet ist, um eine Konvektionsfahne, die von dem Plasmabereich 106 innerhalb des Kolbens 105 der Plasmazelle 104 ausgeht, einzufangen und umzulenken. Beispielsweise kann das außenliegende Fahneneinfangelement eine oder mehrere Elektroden beinhalten (z.B. obere Elektrode), die innerhalb des Plasmakolbens 105 der Plasmazelle 104 angeordnet sind und die einen konkaven Bereich oder einen hohlen Bereich haben, der geeignet ist, um eine Konvektionsfahne, die von dem Plasmabereich 106 innerhalb des Kolbens 105 der Plasmazelle 104 ausgeht, einzufangen und/oder umzulenken.

[0033] Die Verwendung von Fahneneinfangeinrichtungen ist allgemein in der U.S.-Patentanmeldung US 2013 / 0 106 275 A1, eingereicht am 9. Oktober 2012, die hierin durch Verweis in ihrer Gesamtheit aufgenommen ist, beschrieben. Die Verwendung von Fahneneinfangeinrichtungen ist auch allgemein in dem U.S.-Patent US 9 099 292 B1, eingereicht am 26. Mai 2010, das hierin durch Verweis in Gesamtheit aufgenommen ist, beschrieben.

[0034] **Fig. 1C** veranschaulicht eine Vorrichtung 150, die zur Unterstützung bei der Steuerung einer Konvektionsströmung von Plasma, geeignet ist, gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Es sei angemerkt, dass die Vorrichtung 150 geeignet ist, um Plasma ohne den Gebrauch eines Plasmakolbens zu erzeugen. In dieser Hinsicht könnte hier die Vorrichtung 150 als ein „kolbenloses“ Design der Vorrichtung bezeichnet werden. Es sei ferner angemerkt, dass die verschiedenen Ausführungsbeispiele und Darstellungen, die hier zuvor bezüglich der Vorrichtung 100 angegeben wurden, so ausgelegt werden sollen, dass sie sich auch auf die Vorrichtung 150 erstrecken, sofern nicht anders vermerkt ist.

[0035] In einer Ausführungsform ist das Kollektorelement 102 konfiguriert, um ein Gasvolumen, das geeignet ist, um Plasma zu erzeugen, einzuschließen oder zumindest zu dem Einschluss beizutragen. In einem anderen Ausführungsbeispiel ist das Kollektorelement 102 angeordnet, um die Beleuchtung 114 aus der Beleuchtungsquelle 112 in das Gasvolu-

men 153 zu fokussieren, um ein Plasma 106 innerhalb des Gasvolumens 153, das zumindest von dem konkaven Bereich 109 des Kollektorelements 102 eingeschlossen wird, zu erzeugen oder zumindest aufrecht zu erhalten. In einem anderen Ausführungsbeispiel ist das Kollektorelement 102 angeordnet, um Breitbandbeleuchtung, emittiert vom Plasma 106, zu sammeln und die Breitbandbeleuchtung zu einem oder mehreren zusätzlichen optischen Elementen (z.B. Homogenisator 126) zu führen.

[0036] In einem Ausführungsbeispiel enthält die Vorrichtung 150 einen Gasbehälter 152. In einem anderen Ausführungsbeispiel ist der Gasbehälter 152 funktionsfähig mit dem Kollektorelement 102 verbunden. Zum Beispiel, wie in **Fig. 1C** gezeigt, ist das Kollektorelement innerhalb des Gasbehälters angeordnet. In einem anderen Ausführungsbeispiel, wenn auch nicht gezeigt, kann das Kollektorelement an einem oberen Bereich des Gasbehälters 152 angeordnet sein. Es sei angemerkt, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die obige Beschreibung oder die Darstellung der Vorrichtung 150 in **Fig. 1B** beschränkt ist, da hier, gemäß der vorliegenden Erfindung, in Betracht gezogen wird, dass die Vorrichtung 150 eine Anzahl kolbenloser Konfigurationen umfassen kann, die geeignet sind, um ein Plasma zu initiieren und/oder aufrechtzuerhalten. Eine kolbenlose Laser-gestützte Plasma Lichtquelle ist allgemein im U.S.-Patent US 9 099 292 B1, eingereicht am 26. Mai 2010, das hierin durch Verweis in Gesamtheit aufgenommen ist, beschrieben.

[0037] Wie vorher hier beschrieben umfasst die Vorrichtung 150 eine Öffnung 108, damit ein Bereich der Fahne 107 des Plasmas 106 sich zu einem Bereich 110 außerhalb des konkaven Bereichs 109 des Kollektorelements 102 ausbreitet. In dieser Hinsicht kann Gas oder Plasma, das im Kollektorelement 102 enthalten ist, von der einen Seite des Kollektorelements 102 (z.B. innerhalb des Kollektorelements) zu einer gegenüberliegenden Seite (z.B. außerhalb des Kollektorelements) durch die Öffnung 108 queren, und das ermöglicht eine Konvektionsströmung zwischen dem Innen- und Außenbereich des Kollektorelements 102.

[0038] In einem anderen Ausführungsbeispiel umfasst die Vorrichtung 150 ein Gas-Zirkulationssystem 158. Zum Beispiel kann das Gas-Zirkulationssystem 158 Gas aus dem Außenbereich 110 zu dem inneren konkaven Bereich 109 übertragen. In dieser Hinsicht kann das Gas-Zirkulationssystem 158 gekühltes Gas (nach dem Wärmeübergang von der Fahne 107 zu einem Medium (z.B. Wärmesenke)) zurück in den Plasma-erzeugenden Bereich 106 des inneren konkaven Bereichs 109 übertragen. In einem anderen Ausführungsbeispiel, wenngleich nicht gezeigt, kann das Gas-Zirkulationssystem 128

eine oder mehrere Gaspumpen beinhalten, um die Gaszirkulation zu erleichtern.

[0039] In einem anderen Ausführungsbeispiel umfasst die Vorrichtung 150 ein oder mehrere Fenster 154, die mit dem Gasbehälter 152 verbunden sind und angeordnet sind, um einfallender Beleuchtung 114 aus der Beleuchtungsquelle 112 zu ermöglichen in das Volumen des Gasbehälters 152 und den konkaven Bereichs 109 des Kollektorelements 102 zu gelangen. Das Fenster 154 kann jedes bekannte Fenstermaterial beinhalten, das geeignet ist, um Licht, etwa Laserlicht, aus der Lichtquelle 112 zum Inneren des Gasbehälters 152 durchzulassen.

[0040] In einem Ausführungsbeispiel, wenn auch nicht in **Fig. 1C** gezeigt, kann die Vorrichtung 150 ein außenliegendes Plasmasteuerelement beinhalten. In einem Ausführungsbeispiel, wie bereits erwähnt, kann das außenliegende Plasmasteuerelement in dem Bereich 110 außerhalb des konkaven Bereichs 109 des Kollektorelements 102 platziert sein. In einem Ausführungsbeispiel kann das außenliegende Plasmasteuerelement der Vorrichtung 150 jedes Plasmasteuerelement beinhalten, das zur Steuerung einer oder mehrerer Eigenschaften des Plasmas 106 in einer kolbenlosen Vorrichtung, wie Vorrichtung 150, bekannt ist. In einem Ausführungsbeispiel kann das außenliegende Plasmasteuerelement der Vorrichtung 150 an einem Bereich des Gasbehälters 152, einem Bereich der Außenwand des Kollektorelements 102 und/oder einem Bereich des Gas-Zirkulationssystems 158 angebracht beziehungsweise damit integriert sein.

[0041] In einem Ausführungsbeispiel kann das außenliegende Plasmasteuerelement der Vorrichtung 150 ein außenliegendes Temperatursteuerelement beinhalten. Zum Beispiel, wie hier bereits diskutiert, kann das außenliegende Temperatursteuerelement jedes bekannte Heizelement, Kühlelement oder Wärmeleitelement umfassen, ohne darauf beschränkt zu sein. Beispielsweise kann das außenliegende Temperatursteuerelement jedes bekannte Heizelement, Kühlelement oder Wärmeleitelement umfassen, das geeignet ist, um das Gas oder die Plasmafahne 107, die sich durch die Öffnung 108 und durch den Außenbereich 110 ausbreitet, zu kühlen und zu heizen. In einem Ausführungsbeispiel kann das Temperatursteuerelement ein Temperatursteuerelement umfassen, das außerhalb des konkaven Bereichs, aber innerhalb des Gasbehälters 152 ist. Beispielsweise kann das Temperatursteuerelement ein oder mehrere Kühlrohre umfassen, die im Bereich 110, außerhalb des konkaven Bereichs 109, aber innerhalb des Gasbehälters 152, angeordnet sind, und konfiguriert sein, um das heiße Gas und/oder die Fahne 107 beim Aufsteigen von dem heißen Plasma 106 zu kühlen. In einem anderen Ausführungsbeispiel kann das Temperatur-

steuerelement ein Temperatursteuerelement umfassen, das außerhalb des konkaven Bereichs des Gasbehälters 152 ist. Beispielsweise kann die Vorrichtung 150 einen Kühlmantel (nicht gezeigt) oder eine Kühlmanschette (nicht gezeigt) enthalten, die um einen Bereich des Gasbehälters 152 angeordnet sind und konfiguriert sind, das heiße Gas und/oder die Fahne 107 beim Aufsteigen von dem heißen Plasma 106 zu kühlen. Temperatursteuervorrichtungen und -einrichtungen, die in Zusammenhang mit der Vorrichtung 150 verwendet werden können, sind allgemein in der U.S.-Patentanmeldung US 2013 / 0 106 275 A1, eingereicht am 9. Oktober 2012 und in dem U.S.-Patent US 9 099 292 B1, eingereicht am 26. Mai 2010, die hierin beide durch Verweis in Gesamtheit aufgenommen sind, beschrieben.

[0042] In einem anderen Ausführungsbeispiel kann das außenliegende Plasmasteuerelement der Vorrichtung 150 ein außenliegendes Konvektionssteuerelement umfassen. In einem Ausführungsbeispiel kann das Gas-Zirkulationssystem 158 zur Konvektionssteuerung der Vorrichtung 150 beitragen, indem es die Konvektion steuert, welche mit heißem Gas, das von dem Plasma 106 in den Außenbereich 110 über die Öffnung 108 aufsteigt, zusammenhängt, wie vorstehend diskutiert. In einem Ausführungsbeispiel kann die Konvektionssteuerung, die von dem Gas-Zirkulationssystem 158 bewirkt wird, eine passive Konvektionssteuerung umfassen, wobei Gas, nach der Kühlung, durch das Zirkulationssystem 158 natürlicherweise zurück in den konkaven Bereich 109 zirkuliert. In einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Konvektionssteuerung, die von dem Gas-Zirkulationssystem 158 bewirkt wird, eine aktive Konvektionssteuerung umfassen. Zum Beispiel kann das Gassteuersystem 158 eine Pumpe umfassen, die konfiguriert ist, um Gas aus dem Außenbereich 158 in den konkaven Bereich 109 zu pumpen. Es sei angemerkt, dass die Konvektionssteuerung in der kolbenlosen Vorrichtung 150 mit einer Kühlungs-/Heizungssteuerung verbunden sein kann. Zum Beispiel können Kühlelemente (z.B. Kühlmantel), die sich an einer oder mehreren Stellen des Gasbehälters 152, des Gas-Zirkulationssystems 158, des Außenbereichs 110 und/oder des konkaven Bereichs 109 befinden, verwendet werden, um die Konvektion überall in der Vorrichtung zu steuern. Konvektionssteuervorrichtungen und -einrichtungen, die in Zusammenhang mit Vorrichtung 150 verwendet werden können, sind allgemein in der U.S.-Patentanmeldung US 2013 / 0 106 275 A1, eingereicht am 9. Oktober 2012 und dem U.S.-Patent US 9 099 292 B1, eingereicht am 26. Mai 2010, die hierin beide durch Verweis in Gesamtheit aufgenommen sind, beschrieben.

[0043] In einem anderen Ausführungsbeispiel kann das außenliegende Plasmasteuerelement der Vor-

richtung 150 ein außenliegendes Fahneneinfangelement beinhalten. Das außenliegende Fahnensteuerelement kann jede bekannte Fahnensteuereinrichtung umfassen, die geeignet ist, um die Fahne 107 des Plasmas 106 zu einzufangen oder die Fahne 107 des Plasmas 106 in den Bereich 110 außerhalb des konkaven Bereichs 109 umzuleiten. Zum Beispiel kann das außenliegende Fahneneinfangelement eine oder mehrere Einrichtungen umfassen, die einen konkaven Bereich aufweisen, der geeignet ist, eine Konvektionsfahne 107, die sich durch die Öffnung 108 aus dem Plasmabereich 106 ausbreitet, einzufangen und umzuleiten. Beispielsweise kann das außenliegende Fahneneinfangelement eine oder mehrere Einrichtungen (z.B. obere Elektrode) umfassen, die innerhalb des Bereichs 110 angeordnet sind und die einen konkaven Bereich oder einen hohlen Bereich haben, der geeignet ist, um eine Konvektionsfahne, die von der Öffnung 108 ausgeht, einzufangen und/oder umzuleiten. Fahneneinfangeeinrichtungen, die in Zusammenhang mit der Vorrichtung 150 verwendet werden können, sind allgemein in der U.S.-Patentanmeldung US 2013 / 0 106 275 A1, eingereicht am 9. Oktober 2012 und dem U.S. Patent US 9 099 292 B1, eingereicht am 26. Mai 2010, die hier beide durch Verweis in Gesamtheit aufgenommen sind, beschrieben.

[0044] In einem anderen Ausführungsbeispiel umfasst die Vorrichtung 150 ein oder mehrere Fenster 156, um erzeugtes Breitband-Licht (z.B. Breitband-UV-Licht) aus dem Plasma 106 zu einem oder mehreren optischen Elementen, die sich außerhalb des Gasbehälters 152 befinden, zu transmittieren. Das Fenster 156 kann jedes bekannte Fenstermaterial umfassen, das geeignet ist, um Licht, wie Breitband-UV-Licht, von dem Plasma-erzeugenden Bereich innerhalb des Gasbehälters 152 zu einem oder mehreren optischen Elementen zu übertragen, die sich außerhalb des Gasbehälters 152 befinden.

[0045] In einem Ausführungsbeispiel können die Vorrichtungen 100 und 150 verschiedene zusätzliche optische Elemente enthalten. In einem Ausführungsbeispiel könnte der Satz zusätzlicher Optik Sammeloptiken umfassen, die konfiguriert sind, um Breitband-Licht, das von dem Plasma 106 (z.B. Plasma im Kolben 105 der Vorrichtung 100 oder Plasma, das im konkaven Bereich 109 der Vorrichtung 150 aufrechterhalten wird) ausgeht, zu sammeln. Beispielsweise können die Vorrichtungen 100 und 150 einen Kaltspiegel 122 umfassen, der angeordnet ist, um Beleuchtung aus dem Kollektorelement 102 zu nachgelagerten Optiken, etwa, ohne darauf beschränkt zu sein, einem Homogenisator 126, zu führen.

[0046] In einem anderen Ausführungsbeispiel kann der Satz Optiken eine oder mehrere zusätzliche Linsen (z.B. Linse 118) umfassen, die entweder entlang

des Beleuchtungsstrahlengangs oder entlang des Sammelstrahlengangs der Vorrichtung 100 oder Vorrichtung 150 platziert sind. Die eine oder die mehreren Linsen können verwendet werden, um Beleuchtung aus der Beleuchtungsquelle 112 in das Gasvolumen 103 oder 153 zu fokussieren. Alternativ können die eine oder die mehreren zusätzlichen Linsen verwendet werden, um Breitband-Licht, das von dem Plasma 106 ausgeht, auf ein ausgewähltes Ziel (nicht gezeigt) zu fokussieren. In einem weiteren Ausführungsbeispiel kann der Satz Optiken einen oder mehrere Filter 124 (nicht in **Fig. 1C** gezeigt) umfassen, die entweder entlang des Beleuchtungsstrahlengangs oder entlang des Sammelstrahlengangs platziert sind, um Beleuchtung vor dem Eintritt von Licht in den Plasmakolben 105 (oder den konkaven Bereich 109 des Kollektorelements 102) zu filtern oder um Beleuchtung nach der Emission des Lichts aus dem Plasma 106 zu filtern. Es sei angemerkt, dass der Satz Optiken der Vorrichtungen 100 und 150, wie oben beschrieben und in den **Fig. 1A** bis **Fig. 1C** dargestellt, lediglich zur Veranschaulichung gedacht ist und nicht einschränkend ausgelegt werden soll. Es wird davon ausgegangen, dass eine Anzahl äquivalenter optischer Anordnungen innerhalb des Schutzbereichs der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann.

[0047] Es wird in Betracht gezogen, dass die Vorrichtungen 100 und 150 verwendet werden können, um ein Plasma in einer Vielzahl von Gasumgebungen aufrechtzuerhalten. In einem Ausführungsbeispiel kann das Gas, das verwendet wird, um Plasma 106 zu initiieren und / oder aufrechtzuerhalten, ein Inertgas (z.B. Edelgas oder Nicht-Edelgas) oder ein Nicht-Inertgas (z.B. Quecksilber) umfassen. In einem anderen Ausführungsbeispiel kann das Gas, das verwendet wird, um ein Plasma 106 zu initiieren und/oder aufrechtzuerhalten, eine Mischung von Gasen (z.B. Mischung von Inertgasen, Mischung von Inertgasen mit Nicht-Inertgasen oder eine Mischung von Nicht-Inertgasen) umfassen. Zum Beispiel kann das Gasvolumen 103 oder 153, das verwendet wird, um ein Plasma 106 zu erzeugen, Argon umfassen. Beispielsweise kann das Gas 103 oder 153 ein im Wesentlichen reines Argon-Gas umfassen, das bei einem Druck von mehr als 5 atm gehalten wird. In einem anderen Beispiel kann das Gas ein im Wesentlichen reines Krypton-Gas umfassen, das bei einem Druck von mehr als 5 atm gehalten wird. In einem anderen Beispiel kann das Gas 103 oder 153 eine Mischung von Argon Gas mit einem zusätzlichen Gas umfassen.

[0048] Es sei außerdem angemerkt, dass die vorliegende Erfindung auf eine Anzahl Gase ausgedehnt werden kann. Zum Beispiel können Gase, die zur Implementierung in der vorliegenden Erfindung geeignet sind, Xe, Ar, Ne, Kr, He, N₂, H₂O, O₂, H₂, D₂, F₂, CH₄, ein oder mehrere Metall-Halogenide, ein

Halogen, Hg, Cd, Zn, Sn, Ga, Fe, Li, Na, Ar: Xe, ArHg, KrHg, XeHg und ähnliches umfassen, ohne darauf beschränkt zu sein. In einem allgemeinen Sinn sollte die vorliegende Erfindung so ausgelegt werden, dass sie sich auf jegliche Vorrichtung erstreckt, die Plasma durch Pumpen mit Licht erzeugt, und sollte außerdem so ausgelegt werden, dass sie sich auf jede Art von Gas erstreckt, die geeignet ist, um Plasma innerhalb einer Plasmazelle oder innerhalb einer kolbenlosen Vorrichtung, wie Vorrichtung 150, aufrechtzuerhalten.

[0049] In einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Beleuchtungsquelle 112 der Vorrichtung 100 oder der Vorrichtung 150 einen oder mehrere Laser umfassen. Allgemein kann die Beleuchtungsquelle 112 jedes bekannte Laser-System umfassen. Beispielsweise kann die Beleuchtungsquelle 112 jedes bekannte Lasersystem umfassen, das fähig ist, Beleuchtung im sichtbaren oder ultravioletten Bereich des elektromagnetischen Spektrums zu emittieren. In einem Ausführungsbeispiel kann die Beleuchtungsquelle 112 ein Lasersystem umfassen, das konfiguriert ist, um Dauerstrichlaserstrahlung (CW) zu emittieren. Zum Beispiel kann in Konfigurationen, in denen das Gas des Volumens 103 oder 153 Argon ist oder dieses umfasst, die Beleuchtungsquelle 112 einen CW Laser (z.B. Faserlaser oder Ytterbium-Scheibenlaser) umfassen, der ausgebildet ist, um Beleuchtung von 1069 nm zu emittieren. Es sei angemerkt, dass diese Wellenlänge zu einer 1068 nm Absorptionslinie in Argon passt und als solche besonders nützlich ist, um das Argon-Gas zu pumpen. Es sei angemerkt, dass die obige Beschreibung eines CW-Lasers nicht einschränkend ist und jeder bekannte CW-Laser im Kontext der vorliegenden Erfindung implementiert werden kann.

[0050] In einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Beleuchtungsquelle 112 einen oder mehrere Diodenlaser umfassen. Zum Beispiel kann die Beleuchtungsquelle 112 einen oder mehrere Diodenlaser umfassen, die Strahlung einer Wellenlänge emittieren, die einer oder mehreren Absorptionslinien der Art des Gases, das im Volumen 103 oder 153 enthalten ist, entspricht. Allgemein kann ein Diodenlaser der Beleuchtungsquelle 112 zur Implementierung derart ausgewählt sein, dass die Wellenlänge des Diodenlasers auf irgendeine bekannte Absorptionslinie irgendeines Plasmas (z.B. ionische Übergangslinie) oder auf irgendeine Absorptionslinie des Plasma-erzeugenden Gases (z.B. hoch angeregte neutrale Übergangslinie) eingestellt wird. Daher hängt die Wahl eines gegebenen Diodenlasers (oder eines Satzes von Diodenlasern) von der Art des Gases ab, das innerhalb der Plasmazelle 104 der Vorrichtung 100 oder des konkaven Bereichs 109 der Vorrichtung 150 der vorliegenden Erfindung, enthalten ist.

[0051] In einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Beleuchtungsquelle 112 einen Ionenlaser umfassen. Zum Beispiel kann die Beleuchtungsquelle 112 jeglichen bekannten Edelgas-Ionenlaser umfassen. Beispielsweise kann, im Fall eines Argon-basierten Plasmas, die Beleuchtungsquelle 112, die benutzt wird, um Argon-Ionen zu pumpen, einen Ar⁺ Laser umfassen.

[0052] In einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Beleuchtungsquelle 112 einen oder mehrere frequenzgewandelte Laser-Systeme umfassen. Zum Beispiel kann die Beleuchtungsquelle 112 einen Nd:YAG oder Nd:YLF Laser umfassen, die ein Leistungsniveau von über 100 Watt aufweisen. In einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Beleuchtungsquelle 112 einen Breitbandlaser umfassen. In einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Beleuchtungsquelle ein Laser-System umfassen, das konfiguriert ist, modulierte Laserstrahlung oder gepulste Laserstrahlung zu emittieren.

[0053] In einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Beleuchtungsquelle 112 eine oder mehrere Nicht-Laserquellen umfassen. Allgemein kann die Beleuchtungsquelle 112 jegliche bekannte Nicht-Laser-Lichtquelle umfassen. Beispielsweise kann die Beleuchtungsquelle 112 jegliches bekannte Nicht-Laser-System umfassen, das fähig ist, Strahlung in den sichtbaren oder ultravioletten Bereichen des elektromagnetischen Spektrums diskret oder kontinuierlich zu emittieren.

[0054] In einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Beleuchtungsquelle 112 zwei oder mehr Lichtquellen umfassen. In einem Ausführungsbeispiel kann die Beleuchtungsquelle 202 zwei oder mehr Laser beinhalten. Zum Beispiel kann die Beleuchtungsquelle 112 (oder können die Beleuchtungsquellen) mehrere Diodenlaser umfassen. Als weiteres Beispiel kann die Beleuchtungsquelle 112 mehrere CW-Laser umfassen. In einem weiteren Ausführungsbeispiel kann jeder der zwei oder mehreren Laser Laserstrahlung emittieren, die auf eine andere Absorptionslinie des Gases oder Plasmas innerhalb der Plasmazelle 104 der Vorrichtung 100 oder des konkaven Bereichs 109 der Vorrichtung 150 eingestellt ist.

[0055] Fig. 2 ist ein Flussdiagramm, das die Schritte, die in einem Verfahren 200 zur Steuerung einer Konvektionsströmung in einem Licht-gestützten Plasma durchgeführt werden, veranschaulicht. Der Anmelder merkt an, dass die Ausführungsbeispiele und technologischen Voraussetzungen, die hier im Vorfeld in Zusammenhang mit den Vorrichtungen 100 und 150 beschrieben wurden, so ausgelegt werden sollen, dass sie sich auf das Verfahren 200 erstrecken. Es sei jedoch außerdem angemerkt,

dass das Verfahren 200 nicht auf die Bauweise der Vorrichtungen 100 und 150 beschränkt ist.

[0056] In einem ersten Schritt 202 wird ein Kollektorelement 102 bereitgestellt. Zum Beispiel kann, wie in **Fig. 1A** und **Fig. 1B** gezeigt, ein Kollektorelement 102 bereitgestellt werden, das grundsätzlich eine ellipsoidische Form und eine reflektierende Innenfläche 111 hat. Außerdem kann das Kollektorelement 102 so angeordnet werden, dass es Beleuchtung 114 aus der Beleuchtungsquelle 112 allgemein nach unten zu einem Gasvolumen 103 zumindest unterhalb des oberen Bereichs des Kollektorelements 102 lenkt.

[0057] In einem zweiten Schritt 204 wird ein Gasvolumen 103 innerhalb einer Plasmazelle eingeschlossen, die innerhalb eines konkaven Bereichs 109 des Kollektorelements 102 angeordnet ist. Zum Beispiel kann die Vorrichtung 100 eine Plasmazelle 104 umfassen, die innerhalb des konkaven Bereichs 109 des Kollektorelements 102 angeordnet ist. Beispielsweise kann die Plasmazelle 104 einen Kolben 105 umfassen, der geeignet ist, ein Gasvolumen (z.B. reines Gas oder Gasmischung) einzuschließen.

[0058] In einem dritten Schritt 206 wird ein Plasma innerhalb der Plasmazelle gebildet, indem Beleuchtung in das Gasvolumen fokussiert wird, das innerhalb der Plasmazelle enthalten ist. Zum Beispiel kann Beleuchtung 114 einer ausgewählten Wellenlänge erzeugt werden, indem eine Beleuchtungsquelle 112, etwa ein Laser, verwendet wird. Die Beleuchtung wiederum wird in das Gasvolumen 103 fokussiert, um ein Plasma 106 innerhalb des Gasvolumens 103 zu erzeugen. Zum Beispiel kann das Kollektorelement 102 Beleuchtung 114 aus der Beleuchtungsquelle 112 empfangen und die Beleuchtung in das Gas 103 fokussieren, das innerhalb des Kolbens 105 der Plasmazelle 104 enthalten ist. Es sei angemerkt, dass das Plasma 106 nicht von dem Licht 114 aus der Beleuchtungsquelle 102 initiiert zu werden braucht. Zum Beispiel können eine oder mehrere Elektroden (nicht gezeigt) verwendet werden, um das Plasma 106 zu initiieren, während das Licht 114 verwendet wird, um das Plasma 106 aufrechtzuerhalten.

[0059] In einem vierten Schritt 208 breitet sich ein Bereich einer Fahne des Plasmas zu einem Bereich 110 außerhalb des konkaven Bereichs 109 des Kollektorelements 102 über eine Öffnung 108 im Kollektorelement 102 aus. Zum Beispiel kann der Kolben 105 der Plasmazelle 104 innerhalb einer Öffnung 108 des Kollektorelements 102 so angeordnet sein, dass der Kolben 105 in Kontakt mit dem inneren konkaven Bereich 109 sowie mit dem Außenbereich 110 ist. Beispielsweise kann die Öffnung 108 in dem oberen Bereich (z.B. an oder nahe dem Scheitel) des Kollektorelements 102 angeordnet sein.

[0060] **Fig. 3** ist ein Flussdiagramm, das Schritte, die in einem Verfahren 300 zur Steuerung einer Konvektionsströmung in einem Licht-gestützten Plasma durchgeführt werden, darstellt. Der Anmelder merkt an, dass die Ausführungsbeispiele und technologischen Voraussetzungen, die hier im Vorfeld in Zusammenhang mit den Vorrichtungen 100 und 150 beschrieben wurden, so ausgelegt werden sollen, dass sie sich auf das Verfahren 300 zu erstrecken. Es sei jedoch außerdem angemerkt, dass das Verfahren 300 nicht auf die Bauweise der Vorrichtungen 100 und 150 beschränkt ist.

[0061] In einem ersten Schritt 302 wird ein Kollektorelement vorgesehen. Zum Beispiel, wie in der **Fig. 1C** gezeigt, kann ein Kollektorelement 102 vorgesehen werden, das grundsätzlich eine ellipsoidische Form und eine reflektierende Innenfläche 111 hat. Außerdem kann das Kollektorelement 102 so angeordnet werden, dass es Beleuchtung 114 aus der Beleuchtungsquelle 102 allgemein nach unten zu einem Gasvolumen 103 zumindest unterhalb des oberen Bereichs des Kollektorelements 102 lenkt.

[0062] In einem zweiten Schritt 304 wird ein Gasvolumen innerhalb eines konkaven Bereichs des Kollektorelements eingeschlossen. Zum Beispiel kann, wie in **Fig. 1C** gezeigt, der konkave Bereich 109 des Kollektorelements 102 dazu dienen, um das Gasvolumen 153 zumindest teilweise einzuschließen. Außerdem kann, wie in **Fig. 1C** gezeigt, der konkave Bereich 109 mit einem Gasbehälter 152 zusammenwirken, um das Gasvolumen 153 einzuschließen, aber diese Zusammenwirkung ist nicht erforderlich.

[0063] In einem dritten Schritt 306 wird ein Plasma innerhalb des konkaven Bereichs des Kollektorelements, indem Beleuchtung in das Gasvolumen, das innerhalb des konkaven Bereichs des Kollektorelements enthalten ist, fokussiert wird. Zum Beispiel kann Beleuchtung 114 einer ausgewählten Wellenlänge erzeugt werden, indem eine Beleuchtungsquelle 112, etwa ein Laser, verwendet wird. Die Beleuchtung wiederum wird in das Gasvolumen 153 fokussiert, um ein Plasma 106 innerhalb des Gasvolumens 153 zu erzeugen. Beispielsweise kann das Kollektorelement 102 Beleuchtung 114 aus der Beleuchtungsquelle 112 empfangen und die Beleuchtung in das Gas 153 fokussieren, das innerhalb des konkaven Bereichs 109 des Kollektorelements 102 enthalten ist. Es sei angemerkt, dass das Plasma 106 nicht von der Beleuchtung 114 aus der Beleuchtungsquelle 102 initiiert zu werden braucht. Zum Beispiel können eine oder mehrere Elektroden (nicht gezeigt) verwendet werden, um das Plasma 106 zu initiieren, während die Beleuchtung 114 verwendet wird, um das Plasma aufrechtzuerhalten.

[0064] In einem vierten Schritt 308 breitet sich ein Bereich einer Fahne 107 des Plasmas 106 zu einem Bereich 110 außerhalb des konkaven Bereichs 109 des Kollektorelements 102 über eine Öffnung 108 im Kollektorelement 102 aus. Zum Beispiel, wie in **Fig. 1C** gezeigt, kann die Öffnung 108 in dem oberen Bereich (z.B. an oder nahe des Scheitels) des Kollektorelements 102 so angeordnet sein, dass die Fahne 107, die durch die Erzeugung von Plasma 106 erzeugt wird, durch die Öffnung 108 in den Bereich 110 außerhalb des konkaven Bereichs 109 des Kollektorelements 102 durchtritt.

[0065] Der hier beschriebene Gegenstand veranschaulicht verschiedene Bestandteile, die innerhalb anderer Bestandteile enthalten oder mit anderen Bestandteilen verbunden sind. Es ist klar, dass diese gezeigten Bauweisen lediglich beispielhaft sind, und dass tatsächlich viele andere Bauweisen, die die gleiche Funktionalität erreichen, implementiert werden können. In einem begrifflichen Sinn ist jede Anordnung von Bestandteilen, um die gleiche Funktionalität zu erreichen, tatsächlich so „assoziiert“, dass die gewünschte Funktionalität erreicht wird. Daher können jegliche zwei Bestandteile, die hier kombiniert werden, um eine bestimmte Funktionalität zu erreichen, als „miteinander assoziiert“ angesehen werden, so dass die gewünschte Funktionalität, unabhängig von Bauweisen oder intermediären Bestandteilen, erreicht wird. Ebenfalls können jegliche zwei derart assoziierte Bestandteile auch als miteinander „verbunden“ oder „gekoppelt“ angesehen werden, um die gewünschte Funktionalität zu erreichen, und jegliche zwei Bestandteile, die so assoziiert werden können, können auch als miteinander „koppelbar“ angesehen werden, um die gewünschte Funktionalität zu erreichen. Spezielle Beispiele von koppelbar umfassen, ohne darauf beschränkt zu sein, physikalisch zusammenpassbare und/oder physikalisch wechselwirkende Bestandteile und/oder drahtlos wechselwirkfähige und/oder drahtlos wechselwirkende Bestandteile und/oder logisch wechselwirkende und/oder logisch wechselwirkfähige Bestandteile.

[0066] Es wird angenommen, dass die vorliegende Offenbarung und viele ihrer begleitenden Vorteile durch die vorangehenden Beschreibung verstanden werden und es offensichtlich ist, dass verschiedene Änderungen in der Form, dem Aufbau und der Anordnung der Bestandteile vorgenommen werden können, ohne vom offenbarten Gegenstand abzuweichen oder ohne alle seine materiellen Vorteile zu opfern. Die beschriebene Form ist lediglich erläuternd und es ist die Absicht der folgenden Ansprüche solche Änderungen zu umfassen und zu beinhalten. Außerdem ist klar, dass die Erfindung durch die angehängten Ansprüche festgelegt ist.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (100) zur Steuerung einer Konvektionsströmung in einem lichtgestützten Plasma umfassend:

- eine Beleuchtungsquelle (112), die konfiguriert ist, um Beleuchtung (114) zu erzeugen;
- eine Plasmazelle (104), die einen Kolben (105) umfasst, um ein Gasvolumen (103) zu enthalten;
- ein Kollektorelement (102), das angeordnet ist, um die Beleuchtung (114) aus der Beleuchtungsquelle (112) in das Gasvolumen (103) zu fokussieren, um ein Plasma (106) innerhalb des im Kolben enthaltenen Gasvolumens (103) zu erzeugen, wobei ein Teil der Plasmazelle (104) in einem konkaven Bereich (109) des Kollektorelements (102) angeordnet ist, und wobei das Kollektorelement (102) eine Öffnung (108) enthält, durch welche Öffnung sich ein Teil der Plasmazelle erstreckt, damit ein Teil einer Plasmafahne (107) sich zu einem Bereich (110) außerhalb des konkaven Bereichs (109) des Kollektorelements (102) ausbreitet;
- ein außenliegendes Plasmasteuerelement (128), welches im Bereich (110) außerhalb des konkaven Bereichs (109) des Kollektorelements (102) platziert ist, wobei das außenliegende Plasmasteuerelement (128) wenigstens eine Struktur beinhaltet, die innerhalb des Plasmakolbens (105) angeordnet ist oder die außerhalb des Plasmakolbens (105) angeordnet ist;
- wobei das außenliegende Plasmasteuerelement (128) ein außenliegendes Konvektionssteuerelement umfasst, wobei das außenliegende Konvektionssteuerelement innerhalb des Plasmakolbens (105) platziert und dazu angeordnet ist, Konvektionsströme innerhalb des Plasmakolbens (105) zu steuern.

2. Vorrichtung (100) nach Anspruch 1, wobei mindestens ein oberer Teil des Kollektorelements (102) über einem Plasma-erzeugenden Bereich der Plasmazelle (104) angeordnet ist und konfiguriert ist, um Beleuchtung (114) aus der Beleuchtungsquelle (112) in das Gasvolumen (103) zu fokussieren, um ein Plasma (106) unter mindestens dem oberen Bereich des Kollektorelements (102) zu erzeugen, wobei sich die Ausdrücke „oberer“ und „unter“ auf eine Richtung der natürlichen Konvektion beziehen, welche aufwärts gerichtet ist.

3. Vorrichtung (100) nach Anspruch 1, wobei das Kollektorelement (102) angeordnet ist, um von dem erzeugten Plasma (106) emittierte Breitband-Beleuchtung (114) zu sammeln und die Breitband-Beleuchtung (114) zu einem oder mehreren zusätzlichen optischen Elementen zu führen.

4. Vorrichtung (100) nach Anspruch 1, wobei das Kollektorelement (102) ein ellipsoidisch geformtes Kollektorelement (102) umfasst.

5. Vorrichtung (100) nach Anspruch 1, wobei die Öffnung (108) im Kollektorelement (102) eine Öffnung (108), die sich in einem oberen Bereich des Kollektorelements (102) befindet, umfasst, wobei sich der Ausdruck „oberen“ auf eine Richtung der natürlichen Konvektion bezieht, welche aufwärts gerichtet ist.

6. Vorrichtung (100) nach Anspruch 5, wobei die Öffnung (108) im Kollektorelement (102) eine Öffnung (108), die an einem Scheitel des Kollektorelements (102) positioniert ist, umfasst.

7. Vorrichtung (100) nach Anspruch 1, wobei die Plasmazelle (104) innerhalb der Öffnung (108) im Kollektorelement (102) angeordnet ist, wobei ein erster Teil der Plasmazelle (104) mit dem konkaven Bereich (109) des Kollektorelements (102) in thermischem Austausch ist, und wobei ein zweiter Teil der Plasmazelle (104) mit dem Bereich (110) außerhalb des konkaven Bereichs (109) des Kollektorelements (102) im thermischen Austausch ist.

8. Vorrichtung (100) nach Anspruch 1, wobei das außenliegende Plasmasteuerelement (128) ein außenliegendes Fahneneinfangelement umfasst, wobei das außenliegende Fahneneinfangelement einen konkaven Bereich beinhaltet, um eine Plasmafahne einzufangen und/oder umzulenken.

9. Vorrichtung (100) nach Anspruch 1, wobei das außenliegende Plasmasteuerelement (128) ein außenliegendes Temperatusteuererelement beinhaltet, wobei das außenliegende Temperatusteuererelement mit einem oder mehreren Bereichen des Plasmakolbens (105) verbunden ist.

10. Vorrichtung (100) nach Anspruch 1, wobei die Beleuchtungsquelle (112) einen oder mehrere Laser umfasst.

11. Vorrichtung (100) nach Anspruch 10, wobei der eine oder die mehreren Laser mindestens einen Dioden-Laser, einen Dauerstrichlaser oder einen Breitbandlaser umfassen.

12. Vorrichtung (100) nach Anspruch 1, wobei das Gas (103) ein oder mehrere Inertgase umfasst.

13. Vorrichtung (100) nach Anspruch 1, wobei das Gas (103) ein oder mehrere Nicht-Inert-Gase umfasst.

14. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei das Gas eine Mischung von zwei oder mehr Gasen umfasst.

15. Vorrichtung (150) zur Steuerung einer Konvektionsströmung in einem lichtgestützten Plasma umfassend:

- eine Beleuchtungsquelle (112), die konfiguriert ist, um Beleuchtung (114) zu erzeugen;
- einen Gasbehälter (152); und
- ein Kollektorelement (102), das einen konkaven Bereich (109) umfasst, welcher zur Einschließung eines Gasvolumens (153) beiträgt, und das angeordnet ist, um die Beleuchtung (114) aus der Beleuchtungsquelle (112) in das Gasvolumen (153) zu fokussieren, um ein Plasma (106) innerhalb des Gasvolumens (153), das durch den konkaven Bereich (109) des Kollektorelements (102) teilweise begrenzt ist, zu erzeugen und wobei das Kollektorelement (102) eine Öffnung (108) durch das Kollektorelement (102) umfasst, damit sich ein Teil einer Plasmafahne (107) von einem ersten Bereich des Gasbehälters (152) zu einem zweiten Bereich des Gasbehälters (152) ausbreitet, wobei der erste Bereich des Gasbehälters (152) und der zweite Bereich des Gasbehälters (152) zumindest teilweise durch eine Oberfläche des Kollektorelements (102) getrennt sind;
- ein außenliegendes Konvektionssteuerelement, welches im Bereich (110) außerhalb des konkaven Bereichs (109) des Kollektorelements (102) platziert ist;
- ein Gas-Zirkulationssystem, welches zumindest eine Leitung oder eine Pumpe zur Gasrückführung vom Bereich (110) des Gasbehälters (152) außerhalb des konkaven Bereichs (109) in den konkaven Bereich (109) des Kollektorelements (102) beinhaltet.

16. Vorrichtung (150) nach Anspruch 15, wobei mindestens ein oberer Teil des Kollektorelements (102) über dem Gasvolumen (153) angeordnet ist und konfiguriert ist, um Beleuchtung (114) aus der Beleuchtungsquelle (112) in das Gasvolumen (153) zu fokussieren, um ein Plasma (106) unter mindestens dem oberen Teil des Kollektorelements (102) zu erzeugen, wobei sich die Ausdrücke „oberer“ und „unter“ auf eine Richtung der natürlichen Konvektion beziehen, welche aufwärts gerichtet ist.

17. Vorrichtung (150) nach Anspruch 15, wobei das Kollektorelement (102) angeordnet ist, um von dem erzeugten Plasma (106) emittierte Breitband-Beleuchtung (114) zu sammeln und die Breitband-Beleuchtung (114) zu einem oder mehreren zusätzlichen optischen Elementen zu führen.

18. Vorrichtung (150) nach Anspruch 15, wobei das Kollektorelement (102) ein ellipsoidisch geformtes Kollektorelement (102) umfasst.

19. Vorrichtung (150) nach Anspruch 15, wobei die Öffnung (108) im Kollektorelement (102) eine Öffnung (108) umfasst, die in einem oberen Bereich des Kollektorelements (102) platziert ist, wobei sich der Ausdruck „oberen“ auf eine Richtung der natür-

lichen Konvektion bezieht, welche aufwärts gerichtet ist.

20. Vorrichtung (150) nach Anspruch 19, wobei die Öffnung (108) im Kollektorelement (102) eine Öffnung (108) umfasst, die an einem Scheitel des Kollektorelements (102) positioniert ist.

21. Vorrichtung (150) nach Anspruch 15, ferner umfassend ein außenliegendes Fahneneinfangelement, welches zumindest eine konkave oder eine hohle Struktur umfasst, um eine Plasmafahne einzufangen oder umzuleiten.

22. Vorrichtung (150) nach Anspruch 15, ferner umfassend ein außenliegendes Temperatursteuerelement, welches zumindest eine der folgenden Komponenten beinhaltet: einen Erhitzer, eine Wärmeleitung, einen Wärmetauscher, eine Kühlleitung, einen Kühlmantel, ein Umlenkblech, ein Chevron, oder eine Rippe.

23. Vorrichtung (150) nach Anspruch 15, wobei die Beleuchtungsquelle (112) einen oder mehrere Laser umfasst.

24. Vorrichtung (150) nach Anspruch 23, wobei der eine oder die mehreren Laser mindestens einen Dioden-Laser, einen Dauerstrichlaser oder einen Breitbandlaser umfassen.

25. Vorrichtung (150) nach Anspruch 15, wobei das Gas (153) ein oder mehrere Inertgase umfasst.

26. Vorrichtung (150) nach Anspruch 15, wobei das Gas (153) ein oder mehrere Nicht-Inert-Gase umfasst.

27. Verfahren zur Steuerung einer Konvektionsströmung in einem lichtgestützten Plasma, umfassend:

- Bereitstellen eines Kollektorelements (102);
- Einschließen eines Gasvolumens (103) innerhalb einer Plasmazelle (104), die in einem konkaven Bereich (109) des Kollektorelements (102) angeordnet ist;
- Erzeugen eines Plasmas (106) in der Plasmazelle (104), indem Beleuchtung (114) in das Gasvolumen (103), das in der Plasmazelle (104) enthalten ist, fokussiert wird;
- dass ein Teil einer Plasmafahne (107) sich zu einem Bereich (110) außerhalb des konkaven Bereichs (109) des Kollektorelements (102) durch eine Öffnung (108) im Kollektorelement (102) ausbreitet; und
- Steuern einer oder mehrerer Eigenschaften des Bereichs der Fahne (107), der sich zum Bereich (110) außerhalb des konkaven Bereichs (109) des Kollektorelements ausgebreitet hat.

28. Verfahren (200) nach Anspruch 27, wobei das Bereitstellen eines Kollektorelements (102) es umfasst, dass ein Kollektorelement (102) derart angeordnet wird, dass ein oberer Bereich des Kollektorelements (102) sich über einem Plasma-erzeugenden Bereich der Plasmazelle (104) befindet, wobei sich die Ausdrücke „oberer“ und „über“ auf eine Richtung der natürlichen Konvektion beziehen, welche aufwärts gerichtet ist.

29. Verfahren (300) zur Steuerung einer Konvektionsströmung in einem lichtgestützten Plasma umfassend:

- Bereitstellen eines Gasbehälters (152), wobei der Gasbehälter (152) ein Kollektorelement (102) beinhaltet;
- Teilweises Einschließen eines Gasvolumens durch einen konkaven Bereich (109) des Kollektorelements (102);
- Erzeugen eines Plasmas (106) innerhalb des konkaven Bereichs (109) des Kollektorelements (102), indem Beleuchtung (114) in das Gasvolumen (153), das durch den konkaven Bereich (109) des Kollektorelements (102) teilweise begrenzt wird, fokussiert wird;
- dass sich ein Teil einer Plasmafahne (107) von einem ersten Bereich des Gasbehälters (152) zu einem zweiten Bereich des Gasbehälters (152) ausbreitet, wobei der erste Bereich des Gasbehälters (152) und der zweite Bereich des Gasbehälters (152) zumindest teilweise durch eine Oberfläche des Kollektorelements (102) getrennt sind; und
- Steuern einer oder mehrerer Eigenschaften des Teils der Fahne (107), der sich zum Bereich (110) außerhalb des konkaven Bereichs (109) des Kollektorelements ausgebreitet hat.

30. Verfahren (300) nach Anspruch 29, wobei das Bereitstellen eines Kollektorelements (102) es umfasst, dass ein Kollektorelement (102) bereitgestellt wird, das derart angeordnet wird, dass ein oberer Bereich des Kollektorelements (102) sich über dem Plasma-erzeugenden Bereich der Plasmazelle (104) befindet, wobei sich die Ausdrücke „oberer“ und „über“ auf eine Richtung der natürlichen Konvektion beziehen, welche aufwärts gerichtet ist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

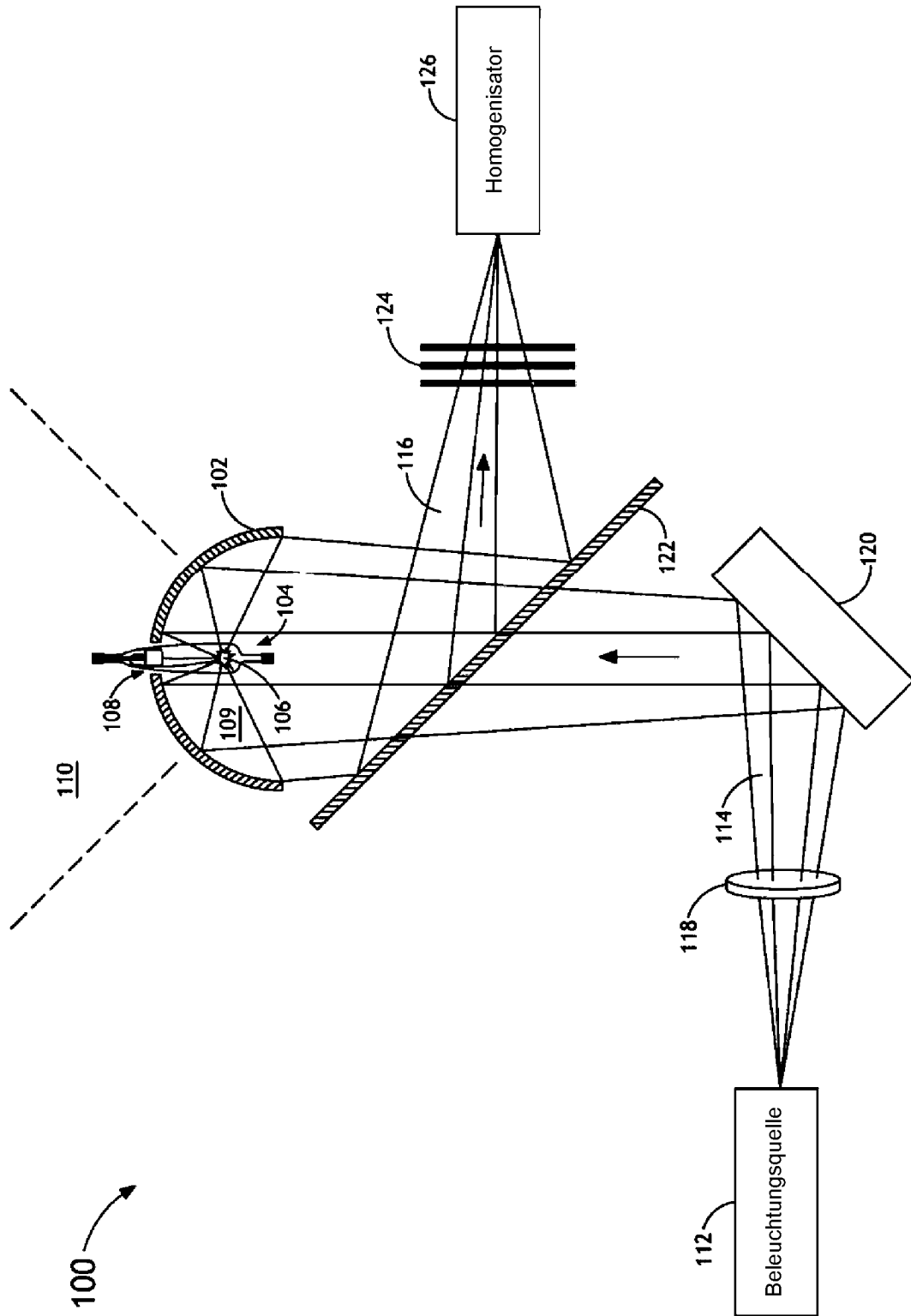


FIG. 1A

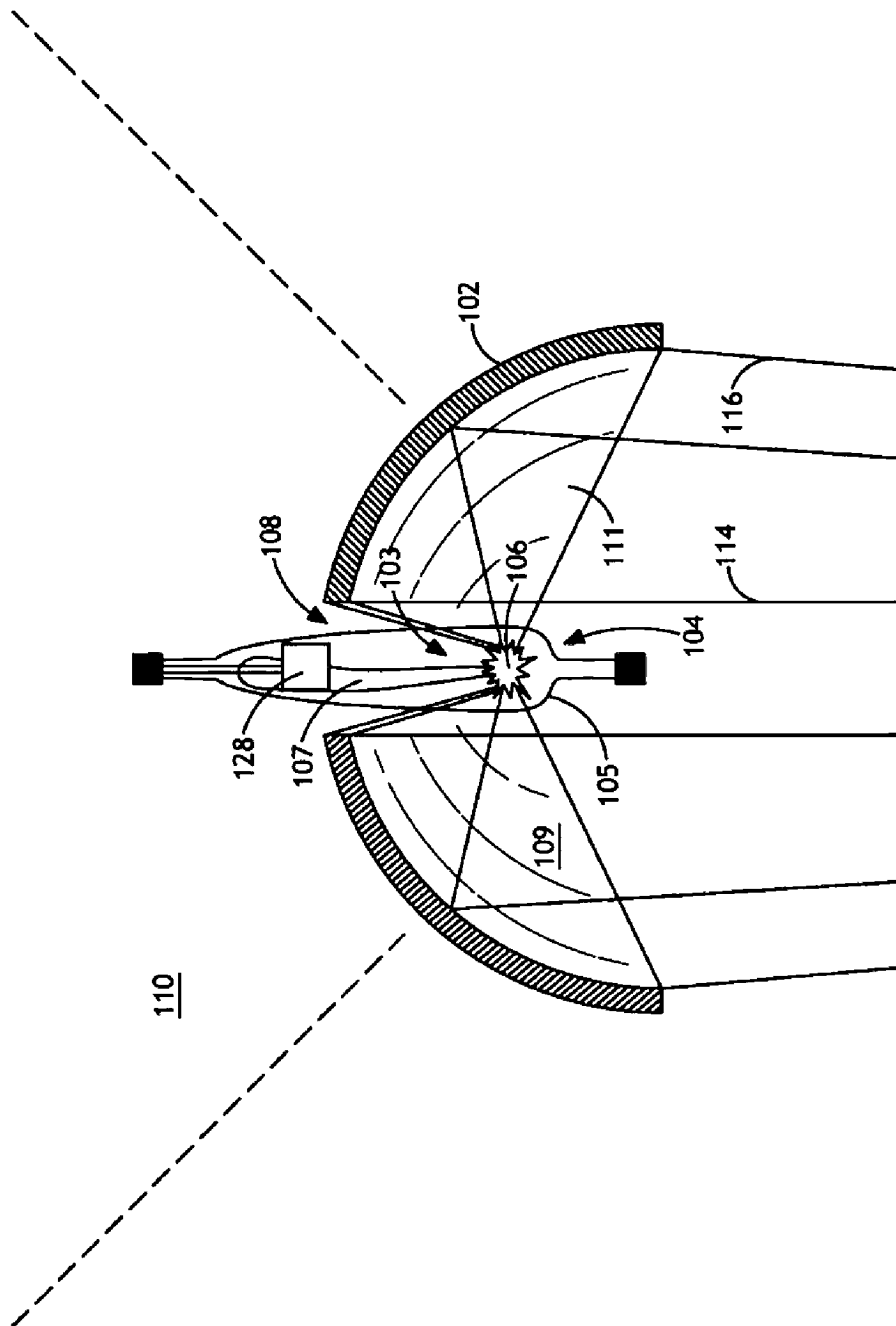


FIG.1B

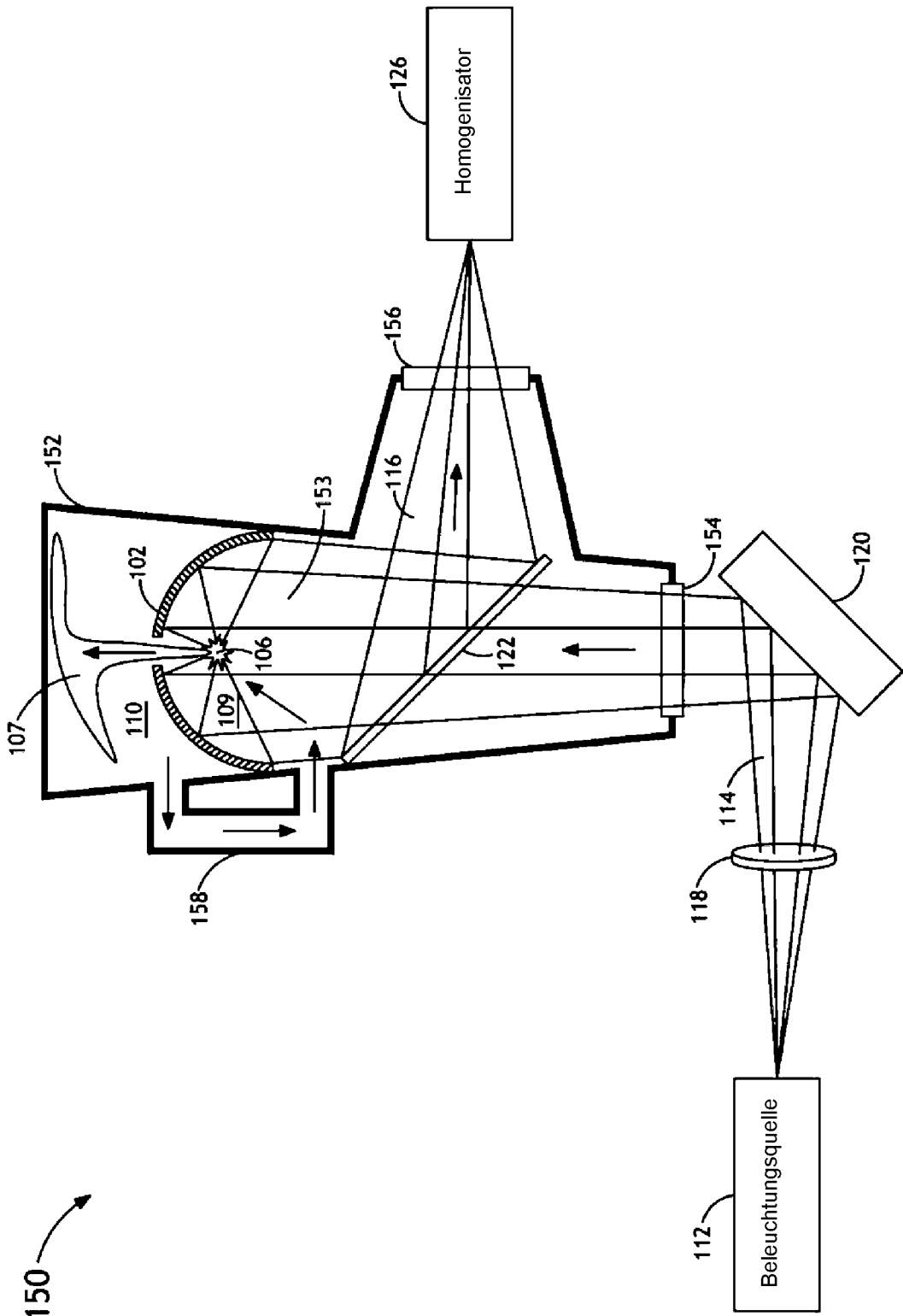


FIG.1C

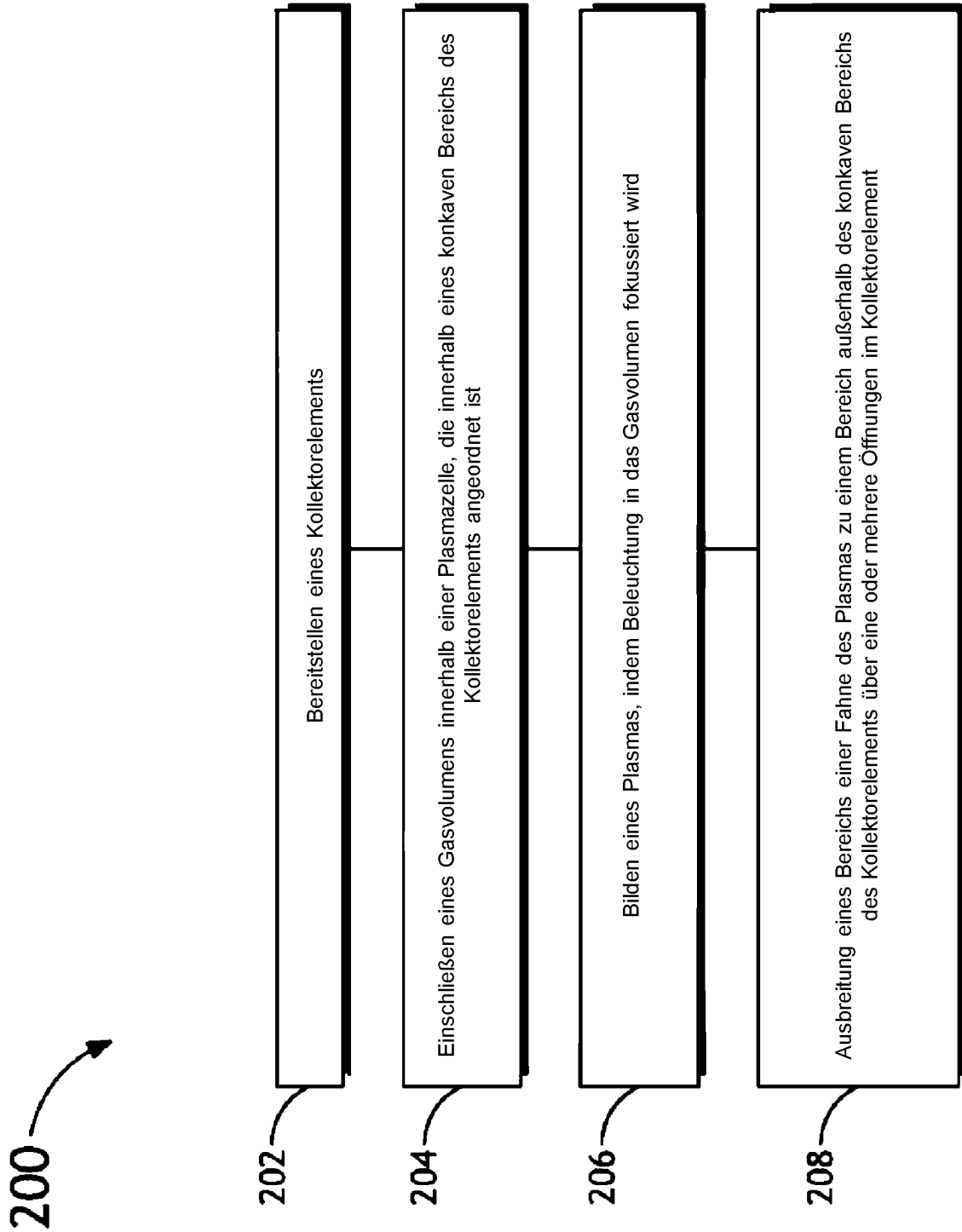


FIG.2

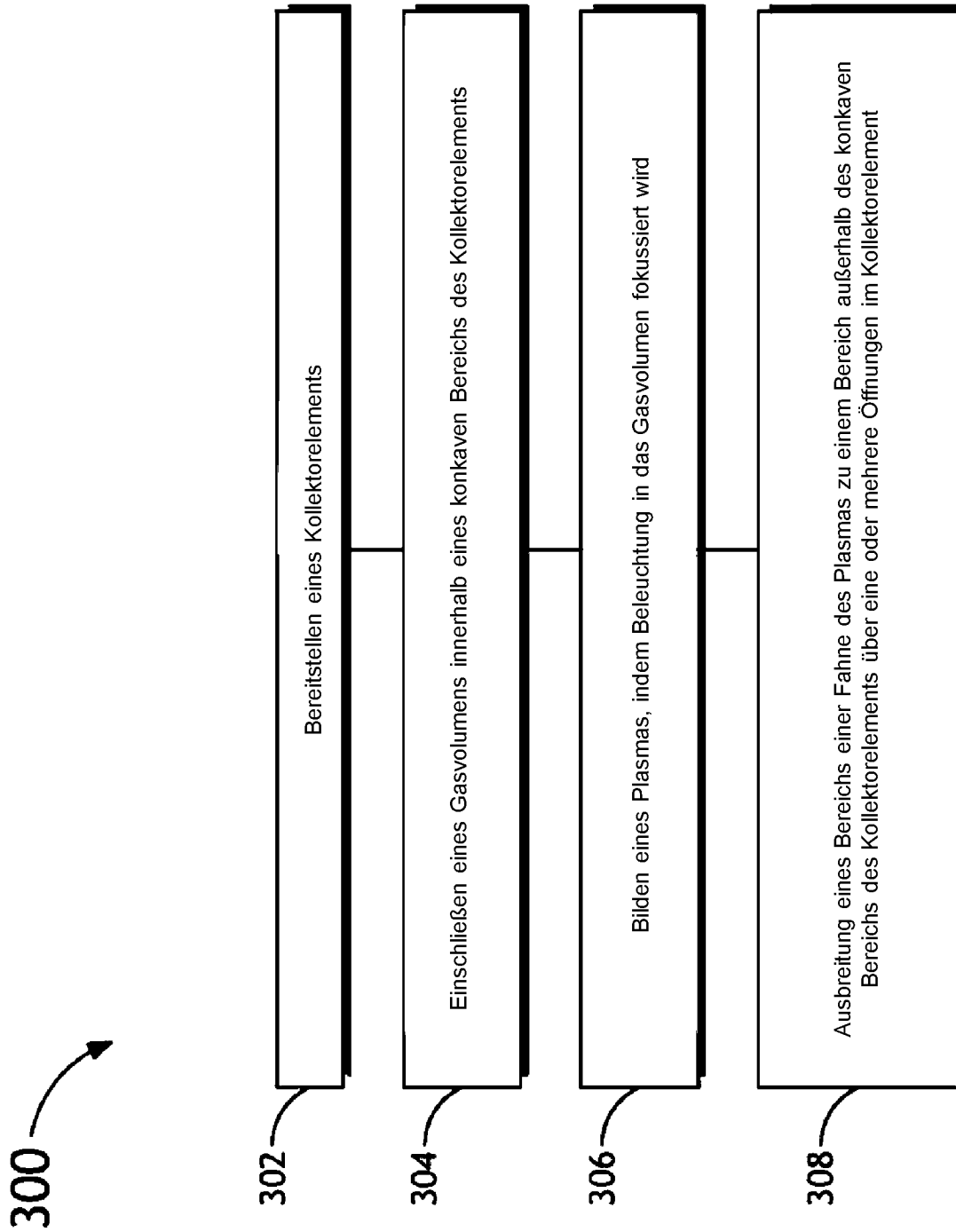


FIG.3