



(10) **DE 11 2013 007 825 B4** 2023.11.02

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **11 2013 007 825.2**

(22) Anmeldetag: **17.01.2013**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **02.11.2023**

(51) Int Cl.: **H01J 65/04** (2006.01)

H01J 61/35 (2006.01)

H01J 61/40 (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:

61/587,380	17.01.2012	US
13/741,566	15.01.2013	US

(62) Teilung aus:

11 2013 000 595.6

(73) Patentinhaber:

KLA Corp., Milpitas, CA, US

(74) Vertreter:

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

(72) Erfinder:

Bezel, Ilya V., Sunnyvale, Calif., US; Shchemelinin, Anatoly, Pleasanton, Calif., US; Shifrin, Eugene, Sunnyvale, Calif., US; Panzer, Matthew, San Jose, Calif., US; Derstine, Matthew W., Los Gatos, Calif., US; Wang, Jincheng, San Jose, Calif., US; Chimmalgi, Anant, San Jose, Calif., US; Patil, Rajeev, Fremont, Calif., US; Brunner, Rudolf, Mountain View, Calif., US

(56) Ermittelter Stand der Technik:

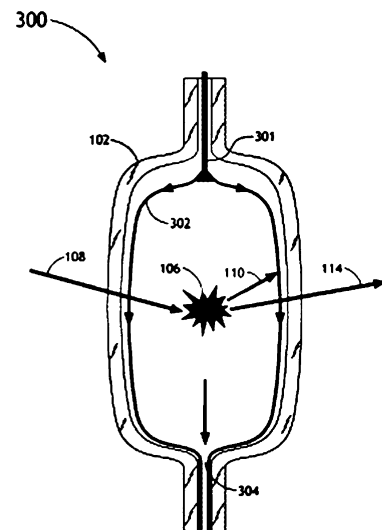
DE	11 2007 000 821	T5
US	2002 / 0 145 875	A1

(54) Bezeichnung: **PLASMAZELLE EINER MITTELS EINES LASERS AUFRECHT ERHALTENEN PLASMALICHTQUELLE MIT EINER ANORDNUNG ZUR ROTATION DES PLASMAKOLBENS UND EINER FLÜSSIGKEIT ZUR FILTERUNG VON VUV-STRAHLUNG**

(57) Hauptanspruch: Eine Plasmazelle (300) zur Filterung von ultraviolettem Licht, die für den Einsatz bei einer mittels Laser aufrechterhaltenen Plasmalichtquelle geeignet ist, umfasst:

- einen Plasmakolben (102) der ein Gas einschließt, das für die Erzeugung eines Plasmas (106) geeignet ist, wobei der Plasmakolben (102) für ein von einem Pumpplaser ausgehendes Licht (108) transparent ist, wobei der Pumpplaser derart ausgebildet ist, dass er das Plasma (106) im Plasmakolben (102) aufrecht erhält, wobei der Plasmakolben (102) für zumindest einen Teil der vom Plasma (106) emittierten Beleuchtung (114) im IR-, sichtbaren und UV-Bereich durchlässig ist;
- einen an einem ersten Teil des Plasmakolbens (102) angeordneten Flüssigkeitseinlass (301);
- einen an einem zweiten Teil des Plasmakolbens (102) angeordneten Flüssigkeitsauslass (304), der gegenüber dem ersten Teil des Plasmakolbens (102) angeordnet ist, wobei der Flüssigkeitseinlass (301) und der Flüssigkeitsauslass (304) derart ausgebildet sind, dass eine Flüssigkeit (302) vom Flüssigkeitseinlass (301) zum Flüssigkeitsauslass (304) fließt, und die Flüssigkeit (302) zum Blockieren eines ausgewählten spektralen Bereichs (110) der vom Plasma (106) emittierten Beleuchtung ausgebildet ist; und eine Betätigungsanordnung, die zur zumindest teilweisen Rotation des Plasmakolbens (102) ausgebildet ist,

um die Flüssigkeit (302) über zumindest einen Teil der inneren Oberfläche des Plasmakolbens (102) zu verteilen.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Plasma-lichtquellen, im Besonderen Gaskolben zur Filterung von UV-Licht, insbesondere VUV-Strahlung, die durch das mit Laser aufrechterhaltene Plasma innerhalb des Gasplasmas emittiert wird.

[0002] Da die Nachfrage nach integrierten Schaltungen mit immer kleiner werdenden Bauteilstrukturen wächst, erhöht sich auch die Notwendigkeit verbesserter Lichtquellen für die Inspektion dieser immer kleineren Bauteilstrukturen. Eine dieser Lichtquellen umfasst eine mit Laser aufrechterhaltene Plasma-lichtquelle. Mit Laser aufrechterhaltene Plasmalichtquellen (LSPs) sind in der Lage, ein Hochleistungs-breitbandlicht zu emittieren. Mit Laser aufrechterhaltene Lichtquellen funktionieren derart, dass Laser-Strahlung in ein Gasvolumen, wie z.B. Argon, Xenon, Quecksilber oder Ähnliches fokussiert wird, um das Gas in einem Plasmazustand zu halten, der Licht emittieren kann. Dieser Effekt wird typischerweise als „Pumpen“ des Plasmas bezeichnet. Um das für die Erzeugung des Plasmas verwendete Gas einzudämmen, erfordert eine Plasmazelle einen Kolben, um sowohl die Gasspezies als auch das erzeugte Plasma einzudämmen.

[0003] Ein typisches mit Laser aufrechterhaltenes Plasma kann mit einer Infrarot-Laser-Pumpe mit einer Strahlleistung in der Größenordnung von mehreren Kilowatt aufrecht erhalten werden. Der Laserstrahl von der gegebenen auf Laser basierten Lichtquelle wird dann in ein Volumen von Nieder- oder Mitteldruckgas in einer Plasmazelle fokussiert. Die Absorption der Laserleistung erzeugt dann das Plasma und erhält es aufrecht (z.B. 12K -14K Plasma).

[0004] DE 11 2007 000 821 T5 offenbart eine lasergetriebene Lichtquelle. Diese weist eine Kammer auf und eine Zündquelle zum Ionisieren eines Gases innerhalb der Kammer. Ferner zumindest einen Laser zum Bereitstellen von Energie an das ionisierte Gas innerhalb der Kammer, um Licht hoher Helligkeit zu erzeugen.

[0005] US 2002 / 0 145 875 A1 beschreibt eine wassergekühlte Bogenlampe. Die Elektroden, zwischen denen die Entladung erfolgt, sind von zwei konzentrischen Zylindern umgeben, zwischen denen eine Kühlflüssigkeit zirkuliert.

[0006] Herkömmliche Plasmakolben der mittels Laser aufrechterhaltenen Lichtquelle sind aus Quarzglas hergestellt. Quarzglas absorbiert Licht bei einer Wellenlänge kleiner als 170 nm. Die Absorption von Licht bei diesen kleinen Wellenlän-

gen führt zu einer schnellen Beschädigung des Plasmakolbens. Dies wiederum reduziert die optische Durchlässigkeit von Licht im Bereich von 190 - 260 nm. Die Absorption von kurzwelligem Licht (z.B. Vakuum-UV-Licht) verursacht Stress des Plasmakolbens, was zu einer Überhitzung und einer möglichen Explosion des Kolbens führt, was wiederum zu einer Begrenzung der Verwendung von mit einem Laser aufrechterhaltenen Hochleistungslichtquellen in den betroffenen Bereichen führt. Daher wäre es wünschenswert, eine Plasmazelle zur Verfügung zu stellen, die die Nachteile des Standes der Technik korrigiert.

[0007] Die Erfindung ist durch die Ansprüche definiert.

[0008] Eine Plasmazelle zur Filterung von ultraviolettem Licht, die für den Einsatz bei einer mittels Laser aufrechterhaltenen Plasmalichtquelle geeignet ist, ist offenbart.

[0009] Die Plasmazelle umfasst einen Plasmakolben, der ein Gas einschließt, das für die Erzeugung eines Plasmas geeignet ist. Der Plasmakolben ist im Wesentlichen für ein von einem Pumplaser ausgehendes Licht transparent, der derart ausgebildet ist, dass er das Plasma im Plasmakolben aufrecht erhält. Der Plasmakolben ist im Wesentlichen für zumindest einen Teil eines sammelbaren spektralen Bereichs der vom Plasma emittierten Beleuchtung durchlässig. Ein Flüssigkeitseinlass ist an einem ersten Teil des Plasmakolbens angeordnet. Ein Flüssigkeitsauslass ist an einem zweiten Teil des Plasmakolbens vorgesehen, der gegenüber dem ersten Teil des Plasmakolbens angeordnet ist, wobei der Flüssigkeitseinlass und der Flüssigkeitsauslass derart ausgebildet sind, dass die Flüssigkeit vom Flüssigkeitseinlass zum Flüssigkeitsauslass fließt und die Flüssigkeit zum Blockieren eines spektralen Bereichs der vom Plasma emittierten Beleuchtung ausgebildet ist.

[0010] Es versteht sich, dass sowohl die vorstehende allgemeine Beschreibung und die nachfolgende detaillierte Beschreibung nur als beispielhaft und erläuternd zu verstehen sind und nicht notwendigerweise beschränkend für die beanspruchte Erfindung aufgefasst werden. Die beigefügten Zeichnungen, die aufgenommen sind und einen Teil der Beschreibung darstellen, zeigen lediglich Ausführungsformen der Erfindung und dienen, zusammen mit der allgemeinen Beschreibung, zur Erläuterung der Prinzipien der Erfindung.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0011] Die zahlreichen Vorteile der Erfindung können besser von einem Fachmann durch Bezug-

nahme auf die beigefügten Figuren verstanden werden. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine Plasmazelle, die einen Plasmakolben umfasst, der mit einer Filterschicht versehen ist;

Fig. 2 eine Plasmazelle, die einen Plasmakolben umfasst, der mit einer Filteranordnung versehen ist;

Fig. 3 eine Plasmazelle, die einen Plasmakolben umfasst, der zur Verwendung eines flüssigen Filters gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ausgebildet ist;

Fig. 4 eine Plasmazelle, die einen Plasmakolben umfasst, der eine innere Plasmazelle und einen gasförmigen Filterhohlraum ausgebildet hat;

Fig. 5 eine Plasmazelle, die einen Plasmakolben umfasst, der mit einer Filterbeschichtung, einer Filteranordnung und einem Plasmahohlraum versehen ist.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0012] Es wird nun im Detail auf den offenbaren Gegenstand, der in den beigefügten Zeichnungen dargestellt ist, Bezug genommen.

[0013] Unter allgemeiner Bezugnahme auf die **Fig. 1** bis **Fig. 5** wird eine Plasmazelle zur Filterung von ultraviolettem Licht offenbart, die für den Einsatz bei einer mittels Laser aufrechterhaltenen Plasma-Lichtquelle geeignet ist. Es wird eine Plasmazelle beschrieben, die mit einem Plasmakolben ausgestattet ist, um von einem im Plasmakolben aufrechterhaltenen Plasma kurzwellige Strahlung (z. B. VUV-Strahlung) zu filtern, damit dies nicht auf die innere Oberfläche des Plasmakolbens trifft. Der erfindungsgemäße Plasmakolben ist derart ausgebildet, dass er die Transmission eines ausgewählten Bereichs der vom Plasma ausgehenden sammelbaren Strahlung (z.B. breitbandige Strahlung) erlaubt. In dieser Hinsicht ist der erfindungsgemäße Plasmakolben der Plasmazelle zumindest teilweise für die vom Pumplaser ausgehende Strahlung, die zur Aufrechterhaltung des Plasmas in der Plasmazelle verwendet wird, transparent. Ebenfalls ist der Plasmakolben für zumindest einen Teil des sammelbaren Lichts des vom Plasma im Plasmakolben emittierten Lichts durchlässig. Durch die Drosselung der Menge der kurzwelligen Strahlung (z.B. VUV-Strahlung), die auf die innere Oberfläche des Plasmakolbens trifft, ist es erfindungsgemäß möglich, die durch Einstrahlung der mittels eines Lasers aufrechterhaltenen Lichtquelle bedingten Beschädigungen des Plasmakolbens zu vermeiden. Insbesondere ist es mit der gegenwärtigen Erfindung möglich, die durch ultraviolettes Licht (z.B. VUV-Licht), das vom Plasma des

vorgegebenen Plasmakolbens ausgeht, bedingte Verschlechterung des Glases zu reduzieren. Die Verschlechterung des Plasmakolbens führt zu einer Fehlfunktion des Plasmakolbens, was zu einem Austausch des Plasmakolbens in einer gegebenen, mittels eines Lasers aufrechterhaltenen Lichtquelle führt. Hinzu kommt, dass eine Verschlechterung des Plasmakolbens die Gefahr einer Explosion des Plasmakolbens nach dem Abkühlen oder während des Betriebs erhöht. Die Erzeugung des Plasmas innerhalb von Gasspezies ist im Allgemeinen in der US-Patentanmeldung Nr. 11/695,348, vom 2. April 2007 und der US-Patentanmeldung Nr. 11/395, 523, vom 31. März 2006 beschrieben, auf die hier in ihrer Gesamtheit Bezug genommen wird.

[0014] **Fig. 1** zeigt eine Plasmazelle 100 mit einem Plasmakolben 102, der mit einer Filterschicht 104 ausgestattet ist. Die Plasmazelle 100 umfasst einen Plasmakolben 102, der eine ausgewählte Form (z.B. Zylinder, Kugel und dergleichen) besitzt und aus einem Material (z.B. Glas) hergestellt ist, das im Wesentlichen für einen Teil des Lichts 108 von einem Pumplaser (nicht dargestellt) transparent ist. Der Plasmakolben 102 ist für zumindest einen Teil der sammelbaren Beleuchtung (z.B. IR-Licht, sichtbares Licht, UV-Licht), die vom innerhalb des Plasmakolbens 102 aufrecht erhaltenen Plasma 106 ausgeht, transparent. So ist zum Beispiel der Plasmakolben 102 für einen ausgewählten spektralen Bereich der breitbandigen Emission 114 des Plasmas 106 transparent. Die Filterschicht 104 ist auf einer inneren Oberfläche des Plasmakolbens 102 vorgesehen. Die Filterschicht 104 ist derart ausgebildet, dass sie vom Plasma 106 ausgehende Beleuchtung eines ausgewählten spektralen Bereichs blockiert. Zum Beispiel kann die Filterschicht 104 zum Absorbieren eines ausgewählten Spektralbereichs der vom Plasma 106 emittierten Beleuchtung 110 ausgebildet sein. Als weiteres Beispiel kann die Filterschicht 104 geeignet sein, um im Wesentlichen einen ausgewählten spektralen Bereich der vom Plasma 106 emittierten Beleuchtung 112 zu reflektieren. In einer weiteren Ausführungsform kann die Filterschicht 104 zum Absorbieren oder Reflektieren von kurzwelliger Beleuchtung, wie z. B., aber nicht beschränkt auf, ultraviolette Beleuchtung unter etwa 200 nm (z.B. VUV-Licht) ausgebildet sein.

[0015] In einer anderen Ausführungsform kann die Filterschicht 104, ist aber nicht darauf beschränkt, ein Material umfassen, das auf die innere Oberfläche des Plasmakolbens 102 aufgebracht ist. In dieser Hinsicht kann die Filterschicht 104 ein Beschichtungsmaterial, das auf die innere Oberfläche des Plasmakolbens 102 aufgebracht ist, umfassen. Zum Beispiel kann die Filterschicht 104, ist aber nicht darauf beschränkt, eine Beschichtung aus einem Hafniumoxid, die an der inneren Oberfläche

des Plasmakolbens 102 aufgebracht ist, umfassen. Es wird hier erkannt, dass Hafniumoxid-Beschichtungen Licht bei Wellenlängen kleiner als 220 nm nachhaltig absorbieren, so dass Hafniumoxid insbesondere nützlich bei einem Filtermaterial ist. Es ist anzumerken, dass das vorliegende Beispiel nicht auf Hafniumoxid beschränkt ist. Es wurde erkannt, dass alle Beschichtungsmaterialien, die die Möglichkeit bieten, im gewünschten Wellenlängenbereich das Licht zu absorbieren oder zu reflektieren, geeignet sind, um den Plasmakolben zu implementieren. Die Transmissionseigenschaften von Hafniumoxid werden als Funktion der Wellenlänge im Detail von E.E. Hoppe et al. in J. Appl. Phys. 101, 123534 (2007) beschrieben, was hier in der Gesamtheit aufgenommen ist. Zusätzliche Materialien, die für die Implementation in der Filterschicht in Frage kommen können, sind, aber nicht darauf beschränkt, Titanoxid, Zirkoniumoxid und dergleichen.

[0016] In einer anderen Ausführungsform kann die Filterschicht 104 eine erste Schicht aus einem ersten Material und eine zweite Schicht (nicht dargestellt) umfassen, wobei die zweite Schicht aus einem zweiten Material auf der Oberfläche der ersten Beschichtung angeordnet ist. In einer weiteren Ausführungsform kann die erste Beschichtung und die zweite Beschichtung aus dem gleichen Material gebildet werden. In einer anderen Ausführungsform können die erste Beschichtung und die zweite Beschichtung aus einem anderen Material gebildet sein.

[0017] In einer anderen Ausführungsform kann die Filterschicht 104 eine mehrschichtige Beschichtung sein. In dieser Hinsicht kann die mehrlagige Beschichtung ausgebildet werden, um eine selektive Reflektion oder Absorption von verschiedenen Wellenlängen des Lichts bereitzustellen.

[0018] Bei einer anderen Ausführungsform kann die Filterschicht 104, ist aber nicht darauf beschränkt, eine mikrostrukturierte Schicht umfassen, die auf der inneren Oberfläche des Plasmakolbens 102 angeordnet. Beispielsweise kann die Filterschicht 104 durch Sub-Wellenlängenmikrostrukturierung der inneren Wand des Plasmakolbens 102 derart gebildet werden, dass eine Antireflexionsbeschichtung erzeugt wird. In dieser Hinsicht ist die Antireflexionsbeschichtung für eine bestimmte Bandbreite des Lichts fest konfiguriert (z. B. vom Plasma emittiertes sammelbares Licht). In dieser Hinsicht kann die reflektierende oder absorbierende Beschichtung für eine bestimmte Bandbreite des Lichts (z.B. vom Plasma emittiertes sammelbares Licht) konfiguriert werden. Als weiteres Beispiel kann die Filterschicht 104 durch Sub-Wellenlängenmikrostrukturierung der inneren Wand des Plasmakolbens 102 erfolgen, so dass eine absorbierende oder reflektierende Beschichtung für bestimmte Lichtbänder (z. B. VUV) gebildet wird.

[0019] Es wird weiter angemerkt, dass die Mikrostrukturierung der Beschichtung der inneren Fläche des Plasmakolbens 102 durchgeführt wird, so dass ein deutliches Maß an Rauigkeit erzielt wird, was zu einer Verringerung der durch die Einstrahlung bedingten Spannung in der Wand des Plasmakolbens 102 führt.

[0020] In einer anderen Ausführungsform kann die Filterschicht 104, ist aber nicht darauf beschränkt, Nanokristalle umfassen, die für ein spezifisches Absorptionswellenlängenband (z. B. UV-Licht) geeignet sind. Es wird darauf hingewiesen, dass Nanokristalle abstimmbar Absorptionsbanden haben. In dieser Hinsicht sind die Absorptionsbanden der Nanokristalle durch Variieren der Größe der Nanokristalle abstimmbar. Es wird ferner darauf hingewiesen, dass Nanokristalle stabile Absorptionseigenschaften besitzen. Es sei hier bemerkt, dass ein bestimmter Wellenlängenbereich (z.B. UV- oder VUV) der vom Plasma emittierten Beleuchtung durch die Benutzung einer Filterschicht 104 herausgefiltert werden kann. Die Filterschicht 104 enthält eine ausgewählte Menge eines bestimmten Nanokristalls, abgestimmt, den bestimmten und in Frage kommenden emittierten Wellenlängenbereich zu absorbieren oder zu reflektieren. Auf diese Weise kann die Auswahl eines bestimmten Nanokristalls für die Filterung auf die spezifische interessierende Bande, die aus der Beleuchtung ausgefiltert werden soll, abgestimmt werden, was wiederum die Größe der Nanokristalle diktiert (z. B. mittlere Größe, Durchschnittsgröße, Mindestgröße, Maximalgröße und dergleichen).

[0021] In einem weiteren Aspekt stellt die eine oder stellen mehrere Filterschichten 104 mechanischen Schutz des Plasmakolbens 102 bereit. In dieser Hinsicht kann die auf der inneren Oberfläche des Plasmakolbens 102 aufgebraute Filterschicht 104 den Plasmakolben 102 verstärken, was wiederum die Wahrscheinlichkeit eines mechanischen Versagens (z.B. Explosion des Kolbens) des Plasmakolbens 102 reduziert.

[0022] In einer anderen Ausführungsform umfasst die Filterschicht 104, ist aber nicht darauf beschränkt, eine Opferschicht. Es wird hier darauf hingewiesen, dass die Filterschicht 104 einer Beschädigung durch das vom Plasma emittierte Licht unterliegen kann, so dass sich die Filterschicht 104 allmählich zersetzt, schält, abblättert oder Partikel bildet. Auf diese Weise ist eine Opferschicht vorgesehen, die für den andauernden Betrieb des Plasmakolbens 102 selbst nach Abbau der Opferschicht sorgt und in der Filterschicht 104 implementiert werden kann.

[0023] Gemäß einem weiteren Aspekt kann die eine oder mehreren Filterschichten 104 derart konfiguriert

sein, dass die Wand bzw. Wände des Plasmakolbens 102 gekühlt werden. Dabei ist die Filterschicht 104 auf der inneren Oberfläche des Plasmakolbens 102 abgeschieden und thermisch mit einem Wärmemanagement-Untersystem (nicht gezeigt) gekoppelt. Das Wärmemanagement-Untersystem kann, ist aber nicht darauf beschränkt, einen Wärmetauscher und einen Kühlkörper umfassen. In diesem Sinne überträgt die Filterschicht 104 Wärme vom Plasmakolben 102 auf den Kühlkörper über einen Wärmetauscher, der thermisch den Kühlkörper und die Filterschicht 104 koppelt.

[0024] In einem weiteren Aspekt ist der Plasmakolben 102 der Plasmazelle 100 aus einem Material, wie z.B. Glas, gebildet, wobei dieses Glas im Wesentlichen für eine oder mehrere ausgewählte Wellenlängen (oder Wellenlängenbereiche) der Beleuchtung von einer zugehörigen Pumpquelle, wie z.B. eines Lasers, und die sammelbaren Breitband-Emissionen aus dem Plasma 106 transparent ist. Der Glaskolben kann aus einer Vielzahl von Glasmaterialien gebildet werden. In einer Ausführungsform kann der Glaskolben aus Quarzglas gebildet werden. In weiteren Ausführungsformen kann der Plasmakolben 102 (Glaskolben) aus einem synthetischen Quarzglas mit geringem OH-Gehalt gebildet werden. In anderen Ausführungsformen kann der Plasmakolben 102 aus einem synthetischen Quarzglas mit hohem OH-Gehalt gebildet sein. Zum Beispiel kann der Plasmakolben 102, ist aber nicht darauf beschränkt, SUPRASIL 1, SUPRASIL 2, SUPRASIL 300 SUPRASIL 310 HERALUX PLUS, HERALUX-VUV und ähnliches umfassen. Verschiedene Gläser werden für Implementation im Plasmakolben diskutiert; im Detail in A. Schreiber et al., Radiation Resistance of Quartz Glass for VUV Discharge Lamps, J. Phys. D: Appl. Phys. 38 (2005), 3242-3250, das hier in der Gesamtheit aufgenommen ist.

[0025] Gemäß einem weiteren Aspekt kann der Plasmakolben 102 der Plasmazelle 100 jede beliebige und in der Technik bekannte Form haben. Zum Beispiel kann der Plasmakolben 102 die Form, ist aber ist nicht darauf beschränkt, eines Zylinders, einer Kugel, eines Sphäroids eines Ellipsoids oder eine Herzform haben.

[0026] Es wird hier in Erwägung gezogen, dass die wiederbefüllbare Plasmazelle 100 dazu benutzt werden kann, um ein Plasma in einer Vielzahl von Gasumgebungen aufrecht zu erhalten. In einer Ausführungsform kann das Gas der Plasmazelle 100 ein Inertgas (z. B. Edelgas oder Nicht-Edelgas) oder ein nicht-inertes Gas (z. B. Quecksilber) enthalten. Zum Beispiel wird hier angenommen, dass das Gasvolumen Argon umfassen kann. Zum Beispiel kann das Gas im Wesentlichen reines Argongas bei einem Druck von über 5 atm umfassen. In einem

anderen Fall kann das Gas im Wesentlichen ein reines Kryptongas bei einem Druck von über 5 atm umfassen. Im allgemeinen Sinne kann der Plasmakolben 102 mit jedem Gas des Standes der Technik gefüllt werden, das für den Einsatz bei mittels Laser aufrechterhaltenen Plasmalichtquellen geeignet ist. Zusätzlich kann das Füllgas eine Mischung aus zwei oder mehr Gasen sein. Das zur Füllung des Plasmakolbens 102 verwendete Gas umfasst, ist aber nicht darauf beschränkt, Ar, Kr, N₂, Br₂, I₂, H₂O, O₂, H₂, CH₄; NO, NO₂, CH₃OH, C₂H₅OH, CO₂ und ein oder mehr Metallhalogenide, Ne/Xe oder Kr/Xe, Ar/Kr/Xe Mischungen ArHg, KrHg, und XeHg und Ähnliches. In einem allgemeinen Sinn sollte die vorliegende Offenbarung so interpretiert werden, dass sie auf jedes Plasmaerzeugungssystem mittels Pumpen zu erweitern ist und sollte weiterhin dahingehend interpretiert werden, dass jede Art von geeignetem Gas für die Erhaltung des Plasmas in einer Plasmazelle verwendet werden kann.

[0027] In einem anderen Aspekt der vorliegenden Offenbarung werden als Lichtquelle, um das Plasma 106 der Plasmazelle 100 zu pumpen, ein oder mehrere Laser verwendet. In einem allgemeinen Sinne kann die Lichtquelle jedes Lasersystem des Standes der Technik umfassen. Zum Beispiel kann die Lichtquelle jedes Lasersystem in der Technik umfassen, das zur Emission von Strahlung im sichtbaren oder ultravioletten Teil des elektromagnetischen Spektrums geeignet ist. In einem Ausführungsbeispiel kann die Lichtquelle ein Laser-System sein, das konfiguriert ist, um Dauerstrich-Laser-Strahlung zu emittieren. Zum Beispiel in Situationen, in denen das Gasvolumen Argon ist oder Argon enthält, kann die Lichtquelle einen Dauerstrich-Laser (z. B. Faserlaser oder Scheiben Yb-Laser) umfassen, der konfiguriert ist, um Strahlung bei 1069 nm zu emittieren. Es wird angemerkt, dass diese Wellenlänge zu einer 1068 nm Absorptionslinie von Argon passt und somit besonders zum Pumpen des Gases geeignet ist. Es wird darauf hingewiesen, dass die obige Beschreibung eines Dauerstrich-Lasers nicht als beschränkend aufgefasst werden soll, und jeder Dauerstrich-Laser des Standes der Technik im Rahmen der vorliegenden Offenbarung implementiert werden kann.

[0028] In einer weiteren Ausführungsform umfasst die Lichtquelle einen oder mehrere Dioden-Laser. Zum Beispiel kann die Lichtquelle einen oder mehrere Dioden-Laser umfassen, die Strahlung mit einer Wellenlänge emittieren, die zu einer oder mehreren Absorptionslinien der Art des Gases in der Plasmazelle passt. In einem allgemeinen Sinn kann eine Laserdiode der Lichtquelle für die Implementierung derart ausgewählt werden, dass die Wellenlängen des Dioden-Lasers auf jede Absorptionslinie eines jeden Plasmas (z.B. ionische Übergangslinien) oder eine Absorptionslinie des das Plasma erzeugenden Gases (z.B. hoch angeregte neutrale Über-

gangslinien) abgestimmt werden. Die Auswahl eines bestimmten Dioden-Lasers (oder Satzes von Diodenlasern) hängt von der Art des Gases in der Plasmazelle der vorliegenden Offenbarung ab.

[0029] In einer anderen Ausführungsform kann die Lichtquelle eine oder mehrere frequenzgewandelte Lasersysteme umfassen. Zum Beispiel kann die Lichtquelle zwei oder mehr Nd:YAG-Laser oder Nd:YLF-Laser umfassen. In einer anderen Ausführungsform kann die Lichtquelle einen Breitband-Laser umfassen. In einer anderen Ausführungsform kann die Lichtquelle ein Lasersystem umfassen, um modulierte Laserstrahlung oder gepulste Laserstrahlung zu emittieren.

[0030] Gemäß einem weiteren Aspekt kann die Lichtquelle zwei oder mehrere Lichtquellen umfassen. In einer Ausführungsform wird die Lichtquelle zwei oder mehr Laser umfassen. Zum Beispiel kann die Lichtquelle (oder die Lichtquellen) mehrere Dioden-Laser umfassen. Als weiteres Beispiel kann die Lichtquelle mehrere Dauerstrich-Laser umfassen. In einer weiteren Ausführungsform kann jeder der zwei oder mehr Laser eine Laserstrahlung emittieren, die auf die verschiedenen Absorptionslinien des Gases oder Plasmas innerhalb der Plasmazelle abgestimmt ist.

[0031] Fig. 2 stellt eine Plasmazelle 200 mit einem Plasmakolben 102 dar, der mit einer Filteranordnung 202 in dem Volumen des Plasmakolbens 102 versehen ist. Es wird hier darauf hingewiesen, dass die Typen von Gasfüllungen, die Materialien des Glaskolbens, die Kolbenformen und Laser-Pumplichtquellen, wie hier zuvor mit Bezug auf Fig. 1 diskutiert, dahingehend verstanden werden sollen, dass sie sich auch auf die Plasmazelle 200 der vorliegenden Offenbarung erstrecken, es sei denn, es ist anderes angegeben.

[0032] Es wird weiter darauf hingewiesen, dass in der vorliegenden Ausführungsform die Filterung (d.h. Reflexion oder Absorption), wie zuvor hierin beschrieben, über die Filteranordnung 202 erreicht wird. In dieser Hinsicht ist die Filteranordnung 202 zum Blockieren eines ausgewählten spektralen Bereichs des vom Plasma 106 emittierten Lichts geeignet. Zum Beispiel kann die Filteranordnung 202 zum Absorbieren eines ausgewählten spektralen Bereichs der durch das Plasma 106 emittierten Beleuchtung 110 geeignet sein. Ein anderes Beispiel der Filteranordnung 202 kann geeignet sein, um im Wesentlichen einen ausgewählten spektralen Bereich des durch das Plasma 106 emittierten Lichts 112 zu reflektieren. In einer weiteren Ausführungsform kann die Filteranordnung 202 zum Absorbieren oder Reflektieren kurzweiligen Lichts geeignet sein, wie zum Beispiel, aber nicht darauf beschränkt, von

ultravioletem Licht von unter 200 nm (z.B. VUV-Licht).

[0033] In einer anderen Ausführungsform ist die Filteranordnung 202 mechanisch mit einer inneren Oberfläche des Plasmakolbens 102 gekoppelt. Es wird hier angemerkt, dass die Filteranordnung 202 mechanisch mit der inneren Oberfläche des Plasmakolbens 102 auf jede in der Technik bekannten Weise gekoppelt sein kann.

[0034] In einem Aspekt kann die Filteranordnung aus einem ersten Material gebildet sein, während der Plasmakolben 102 aus einem zweiten Material gebildet ist. In einer Ausführungsform ist die Filteranordnung 202 aus einem anderen Glasmaterial hergestellt, als das des Plasmakolbens 102. Es wird hierin angemerkt, dass die verschiedenen Absorptionseigenschaften des Glases der Filteranordnung 202 einen Schutz des Plasmakolbens 102 ermöglichen.

[0035] Bei einer anderen Ausführungsform ist die Filteranordnung 202 aus Glas der gleichen Art hergestellt, wie das Glas des Plasmakolbens 102. In einer anderen Ausführungsform wird das Glasmaterial der Filteranordnung 202 bei der gleichen Temperatur gehalten, wie das Material des Plasmakolbens 102. Es wurde erkannt, dass die Absorption von Strahlung durch die Filteranordnung 202 das Glas des Plasmakolbens 102 vor der Strahlenbelastung (z.B. VUV-Lichtbelastung) schützt. Bei diesem Aufbau gefährdet die Einstrahlungsschädigung der Filteranordnung 202 nicht die strukturelle Integrität des Plasmakolbens 102. Selbst in Fällen, in denen die Filteranordnung 202 Risse bildet, treten keine Fehlfunktionen des Plasmakolbens 102 (z.B. Explosion durch hohen Druck innerhalb des Kolbens) auf.

[0036] Bei einer anderen Ausführungsform wird das Glas des Plasmakolbens 102 bei einer anderen Temperatur als das Glas der Filteranordnung 202 gehalten. Zum Beispiel kann das Glas der Filteranordnung 202 bei einer höheren Temperatur gehalten werden als die Temperatur des Glases des Plasmakolbens 102. Es sei hier bemerkt, dass die Absorptionseigenschaften des Glases sich signifikant als Funktion der Temperatur ändern können. Die Absorptionseigenschaften der Filteranordnung 202 können so konfiguriert sein, dass das Glas des Plasmakolbens 102 vor der Strahlung (z. B. VUV-Licht) geschützt ist. In einer weiteren Ausführungsform kann der Schaden durch Einstrahlung an der Filteranordnung 202 durch die erhöhte Temperatur der Filteranordnung 202 getempert werden. Zum Beispiel kann die Filteranordnung 202 bei einer Temperatur von ungefähr 1200 °C gehalten werden, bei der das Glas der Filteranordnung 202 weich wird und sich schnell anlagert. Es wird ferner darauf hingewiesen, dass, da die Filteranordnung 202 nicht die strukturelle Belastung des Plasmakolbens 102 trägt, ein Erweichen des Glases

der Filteranordnung 202 nicht zu einer Beeinträchtigung der strukturellen Integrität des Plasmakolbens 102 führt. Im Gegensatz dazu führt der Aufbau, bei dem der Plasmakolben 102 bei einer erhöhten Temperatur gehalten wird, zum Erweichen des Glases des Plasmakolbens 102, so dass der hohe Gasdruck im Plasmakolben 102 zu einer Explosion des Plasmakolbens 102 führen kann.

[0037] Bei einer anderen Ausführungsform kann die Filteranordnung 202 durch Aufbringen eines Beschichtungsmaterials auf einen Aufbau (z.B. Glas-aufbau) gebildet werden, wobei der Aufbau innerhalb des Volumens des Plasmakolbens 102 angebracht wird. Es wurde hier erkannt, dass das bei der Filteranordnung 202 verwendete Beschichtungsmaterial aus einem oder mehreren Beschichtungsmaterialien (wie z.B. Hafniumoxid oder ähnlichem) bestehen kann, wie dies hierin bereits mit Bezug auf die Filterschicht 104 beschrieben wurde.

[0038] In einer anderen Ausführungsform kann die Filteranordnung 202 aus Saphir gebildet werden. Der Fachmann sollte erkennen, dass Saphir generell geeignet ist, um Beleuchtung im VUV-Band zu absorbieren. In einer weiteren Ausführungsform kann die Filteranordnung 202 aus einem dünnen gerollten Blatt aus Saphir bestehen. Zum Beispiel kann ein Blatt aus Saphir in eine im allgemeinen zylindrische Form gerollt werden und innerhalb des Volumens des Plasmakolbens 102 angeordnet werden. Beispielsweise kann das Saphirblatt eine Dicke von etwa 5 bis 20 mm haben.

[0039] In einer anderen Ausführungsform umfasst die Filteranordnung 202 eine mikrostrukturierte Filteranordnung. In dieser Hinsicht kann eine Oberfläche der Filteranordnung 202 nach einer ähnlichen Weise mikrostrukturiert werden, wie diese bereits zuvor in Bezug auf die mikrostrukturierte Oberfläche des Plasmakolbens 102 beschrieben worden ist.

[0040] In einer anderen Ausführungsform kann die Filteranordnung 202 eine Opferschichtanordnung enthalten. In diesem Zusammenhang kann die Filteranordnung 202 sich verschlechtern oder versagen, während die Integrität des Plasmakolbens 102 aufrechterhalten bleibt.

[0041] Fig. 3 veranschaulicht eine Plasmazelle 300 mit einem Plasmakolben 102, der mit einem Flüssigkeitseinlass 301 und einem Flüssigkeitsauslass 304 konfiguriert ist, um eine Flüssigkeit entlang der inneren Oberfläche des Plasmakolbens 102 der Plasmazelle 100 fließen zu lassen. Dies ist in Übereinstimmung mit einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Es wird hier angemerkt, dass die Typen von Gasfüllungen, Materialien des Kolbens aus Glas und Laser-Pumplichtquellen, die bereits unter Bezugnahme auf Fig. 1 diskutiert wurden, dahinge-

hend betrachtet werden sollen, als dass sie sich auf die Plasmazelle 300 der vorliegenden Offenbarung erstrecken, sofern nicht anders vermerkt ist.

[0042] Gemäß einem Aspekt der Erfindung hat die Plasmazelle 300 einen Flüssigkeitseinlass 301 an einem ersten Abschnitt des Plasmakolbens 102 angeordnet. Nach einem anderen Aspekt der Erfindung hat die Plasmazelle 300 einen Flüssigkeitsauslass 304 an einem zweiten Teil des Plasmakolbens 102, der gegenüber dem ersten Teil des Plasmakolbens 102 ist, angeordnet. Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung sind der Flüssigkeitseinlass und der Flüssigkeitsauslass 304 so konfiguriert, dass eine Flüssigkeit 302 vom Flüssigkeitseinlass 301 zum Flüssigkeitsauslass 304 fließt, um einen Teil der inneren Oberfläche des Plasmakolbens 102 mit der Flüssigkeit 302 zu benetzen. In einer weiteren Ausführungsform kann der Flüssigkeitseinlass 301 eine oder mehrere (z. B. 1, 2, 3, 4, usw.) geeignete Jets zum Verteilen der Flüssigkeit 302 über die innere Oberfläche des Plasmakolbens 102 umfassen. Gemäß einem weiteren Aspekt ist die Flüssigkeit derart konfiguriert, dass ein ausgewählter spektraler Bereich der durch das Plasma 106 emittierten Beleuchtung blockiert (z.B. absorbiert) wird.

[0043] In einer alternativen Ausführungsform sind der Flüssigkeitseinlass 301 und der Flüssigkeitsauslass 304 derart konfiguriert, dass eine Flüssigkeitsströmung vom Flüssigkeitseinlass 301 zum Flüssigkeitsauslass 304 fließt, um eine freistehende Hülle oder einen Vorhang der Flüssigkeit 302 im Volumen des Plasmakolbens 102 auszubilden. In dieser Hinsicht braucht die Ummantelung von Flüssigkeit nicht in Kontakt mit der inneren Oberfläche des Plasmakolbens 102 zu sein. In einer weiteren Ausführungsform wird die Hülle der Flüssigkeit innerhalb des Volumens des Plasmakolbens 102 mittels Verwendung von einer oder mehreren (z. B. 1, 2, 3, 4, usw.) Düsen im Flüssigkeitseinlass 301 gebildet.

[0044] Gemäß der Erfindung umfasst die Plasmazelle 300 ferner eine Betätigungsanordnung, die konfiguriert ist, um den Plasmakolben 102 zumindest teilweise zu drehen, damit die Flüssigkeit 302 über mindestens einen Teil der inneren Oberfläche des Plasmakolbens 102 verteilt wird.

[0045] In einer Ausführungsform kann die Flüssigkeit 302 eine oder mehrere die Strahlung absorbierende Mittel aufweisen. In dieser Hinsicht kann eine Flüssigkeit 302 ein ausgewähltes Absorptionsmittel vom Flüssigkeitseinlass 301 zum Flüssigkeitsauslass 304 führen. In einer anderen Ausführungsform können Absorptionsmittel eine oder mehrere Farbstoffmaterialien umfassen. In einer weiteren Ausführungsform wird das in der Flüssigkeit 302 vorliegende Farbstoffmaterial konfiguriert, um ein ausgewähltes Wellenlängenband (z.B. UV-Licht

oder VUV-Licht) zu absorbieren. Es wurde hier erkannt, dass der bestimmte in der Plasmazelle 300 verwendete Farbstoff auf der Grundlage bestimmter Strahlungsabsorptionseigenschaften der Plasmazelle 300 ausgewählt werden kann.

[0046] In einer weiteren Ausführungsform kann das Absorptionsmittel ein oder mehrere nanokristalline Materialien (z.B. Titandioxid) enthalten. In einer weiteren Ausführungsform wird das in der Flüssigkeit 302 vorliegende nanokristalline Material so konfiguriert, dass es ein ausgewähltes Wellenlängenband (z.B. UV-Licht oder VUV-Licht) absorbieren kann. Es wurde hier erkannt, dass die bestimmten in der Plasmazelle 300 eingesetzten nanokristallinen Materialien auf der Grundlage der bestimmten Strahlungsabsorptionseigenschaften der Plasmazelle 300 ausgewählt werden können. Wie bereits vorstehend bemerkt, haben die Nanokristalle Absorptionsbanden, die durch Variieren der Größe der Nanokristalle einstellbar sind und sehr robuste Absorptionseigenschaften besitzen. In dieser Hinsicht kann der spezielle Typ und die Größe der in der Plasmazelle 300 verwendeten Nanokristalle basierend auf den jeweiligen erforderlichen Strahlungsabsorptionseigenschaften der Plasmazelle 300 ausgewählt werden.

[0047] In einem weiteren Aspekt der Erfindung wird anerkannt, dass das Material (z.B. Farbstoffmaterial, nanokristallines Material, usw.), welches von der Flüssigkeit 302 transportiert wird, auf Grundlage der Anforderungen der Plasmazelle 300 geändert werden kann. Beispielsweise kann über eine erste Zeitdauer die Flüssigkeit 302 ein erstes gelöstes oder suspendiertes Material tragen, während in einem zweiten Zeitraum die Flüssigkeit 302 ein zweites gelöstes oder suspendiertes Material trägt.

[0048] In einer anderen Ausführungsform kann die Flüssigkeit 302 der Plasmazelle 300 jede aus der Technik bekannte Flüssigkeit sein. Zum Beispiel kann die Flüssigkeit 302, ist aber nicht darauf beschränkt, Wasser, Methanol, Ethanol und dergleichen umfassen. Die Lichtabsorptionseigenschaften von Wasser werden ausführlich diskutiert in: W.H. Parkinson et al. in W. H. Parkinson und K. Yoshino, Chemical Physics 294 (2003) 31-35, das hierin durch Bezugnahme in seiner Gesamtheit aufgenommen ist. Es wird hier erwähnt, dass Wasser einen großen Absorptionsquerschnitt für VUV-Wellenlängen unterhalb von 190 nm besitzt. Es sei hier bemerkt, dass eine Flüssigkeit, die über die Absorptionseigenschaft verfügt, um ein ausgewählte Wellenlängenband von Interesse zu „blockieren“, für die Umsetzung in der vorliegenden Erfindung geeignet ist.

[0049] Fig. 4 zeigt eine Plasmazelle 400 mit einem Plasmakolben 102, der mit einer inneren Plasmazelle 406 versehen ist, die innerhalb des Plasmakol-

bens 102 angeordnet ist. Ein gasförmiger Filterhohlraum 402 ist durch die äußere Oberfläche der inneren Plasmazelle 406 und der inneren Oberfläche der Kolbenwand des Plasmakolbens 102 gebildet. Es wird hier bemerkt, dass die Typen der Gasfüllungen, die Materialien des Glaskolbens und Laser-Pumpquellen, welche vorstehend bereits unter Bezugnahme auf Fig. 1 diskutiert wurden, dahingehend betrachtet werden, dass sie ebenfalls bei der Plasmazelle 400 angewendet werden, wenn nicht anders vermerkt.

[0050] Es wird hier erkannt, dass der Plasmakolben 102 und die innere Plasmazelle 406 im Wesentlichen für vom Pumplaser ausgehendes Licht transparent sind, wobei der Pumplaser so konfiguriert ist, dass er ein Plasma 106 innerhalb des Volumens 404 der inneren Plasmazelle 406 aufrecht erhält. In einem weiteren Aspekt sind der Plasmakolben 102 und die innere Plasmazelle 406 im Wesentlichen für zumindest einen Teil eines sammelbaren Spektralbereichs der vom Plasma 106 ausgehenden Beleuchtung 114 transparent. In einem weiteren Aspekt ist der gasförmige Filterhohlraum 402 derart ausgebildet, dass er ein gasförmiges Filtermaterial enthält. In einer weiteren Ausführungsform ist das gasförmige Filtermaterial derart konfiguriert, dass es einen Abschnitt eines ausgewählten spektralen Bereichs der durch das Plasma 106 emittierten Beleuchtung 110 absorbieren kann. Es wird hier angemerkt, dass das gasförmige Filtermaterial jedes in der Technik bekannte Gas sein kann, das zur Absorption von Licht des ausgewählten Bandes (z.B. UV-Licht bzw. VUV-Licht) geeignet ist.

[0051] Fig. 5 veranschaulicht eine Plasmazelle 500 die in Kombination zwei oder mehrere der vorstehend beschriebenen Merkmale umsetzt. Es wird angemerkt, dass die Typen der Gasfüllungen, die Materialien des Glaskolbens und Laser-Pumpquellen, welche vorstehend bereits unter Bezugnahme auf Fig. 1 diskutiert wurden, dahingehend betrachtet werden, dass sie ebenfalls bei der Plasmazelle 500 angewendet werden, wenn nicht anders vermerkt. In dieser Hinsicht kann die Plasmazelle 500 zwei oder mehrere der folgenden Merkmale implementieren: Filterschicht 104, Filteranordnung 202, Flüssigkeit 302 als Filter und gasförmiger Filter 402. Es wird hier erkannt, dass jedes der verschiedenen, oben beschriebenen Merkmale verwendet werden kann, um spektral unterschiedliche Bereiche der durch das Plasma 106 emittierten Strahlung zu filtern. Es wurde weiter erkannt, dass die verschiedenen oben beschriebenen Merkmale so konfiguriert sein können, dass sie bei verschiedenen Betriebsbedingungen (z.B. Temperatur, Druck und Ähnlichem) betrieben werden können.

Patentansprüche

1. Eine Plasmazelle (300) zur Filterung von ultravioletttem Licht, die für den Einsatz bei einer mittels Laser aufrechterhaltenen Plasmalichtquelle geeignet ist, umfasst:

- einen Plasmakolben (102) der ein Gas einschließt, das für die Erzeugung eines Plasmas (106) geeignet ist, wobei der Plasmakolben (102) für ein von einem Pumplaser ausgehendes Licht (108) transparent ist, wobei der Pumplaser derart ausgebildet ist, dass er das Plasma (106) im Plasmakolben (102) aufrecht erhält, wobei der Plasmakolben (102) für zumindest einen Teil der vom Plasma (106) emittierten Beleuchtung (114) im IR-, sichtbaren und UV-Bereich durchlässig ist;
- einen an einem ersten Teil des Plasmakolbens (102) angeordneten Flüssigkeitseinlass (301);
- einen an einem zweiten Teil des Plasmakolbens (102) angeordneten Flüssigkeitsauslass (304), der gegenüber dem ersten Teil des Plasmakolbens (102) angeordnet ist, wobei der Flüssigkeitseinlass (301) und der Flüssigkeitsauslass (304) derart ausgebildet sind, dass eine Flüssigkeit (302) vom Flüssigkeitseinlass (301) zum Flüssigkeitsauslass (304) fließt, und die Flüssigkeit (302) zum Blockieren eines ausgewählten spektralen Bereichs (110) der vom Plasma (106) emittierten Beleuchtung ausgebildet ist; und eine Betätigungsanordnung, die zur zumindest teilweisen Rotation des Plasmakolbens (102) ausgebildet ist, um die Flüssigkeit (302) über zumindest einen Teil der inneren Oberfläche des Plasmakolbens (102) zu verteilen.

2. Plasmazelle (300) nach Anspruch 1, wobei der Flüssigkeitseinlass (301) und der Flüssigkeitsauslass (304) derart ausgebildet sind, dass die Flüssigkeit (302) derart vom Flüssigkeitseinlass (301) zum Flüssigkeitsauslass (304) fließt, dass zumindest ein Teil einer inneren Oberfläche des Plasmakolbens (102) mit der Flüssigkeit (302) benetzbar ist.

3. Plasmazelle (300) nach Anspruch 1, wobei der Flüssigkeitseinlass (301) und der Flüssigkeitsauslass (304) derart ausgebildet sind, dass die Flüssigkeit (302) derart vom Flüssigkeitseinlass (301) zum Flüssigkeitsauslass (304) fließt, dass eine Umhüllung aus der Flüssigkeit (302) innerhalb des Volumens des Plasmakolbens (102) ausbildbar ist, wobei die Umhüllung aus der Flüssigkeit nicht mit der inneren Oberfläche des Plasmakolbens in Kontakt ist.

4. Plasmazelle (300) nach Anspruch 1, wobei die Flüssigkeit (302) zumindest eine der folgenden ist: Wasser, Methanol, Äthanol.

5. Plasmazelle (300) nach Anspruch 1, wobei die Flüssigkeit (302) nanokristallines Material und/oder Farbstoff enthält.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

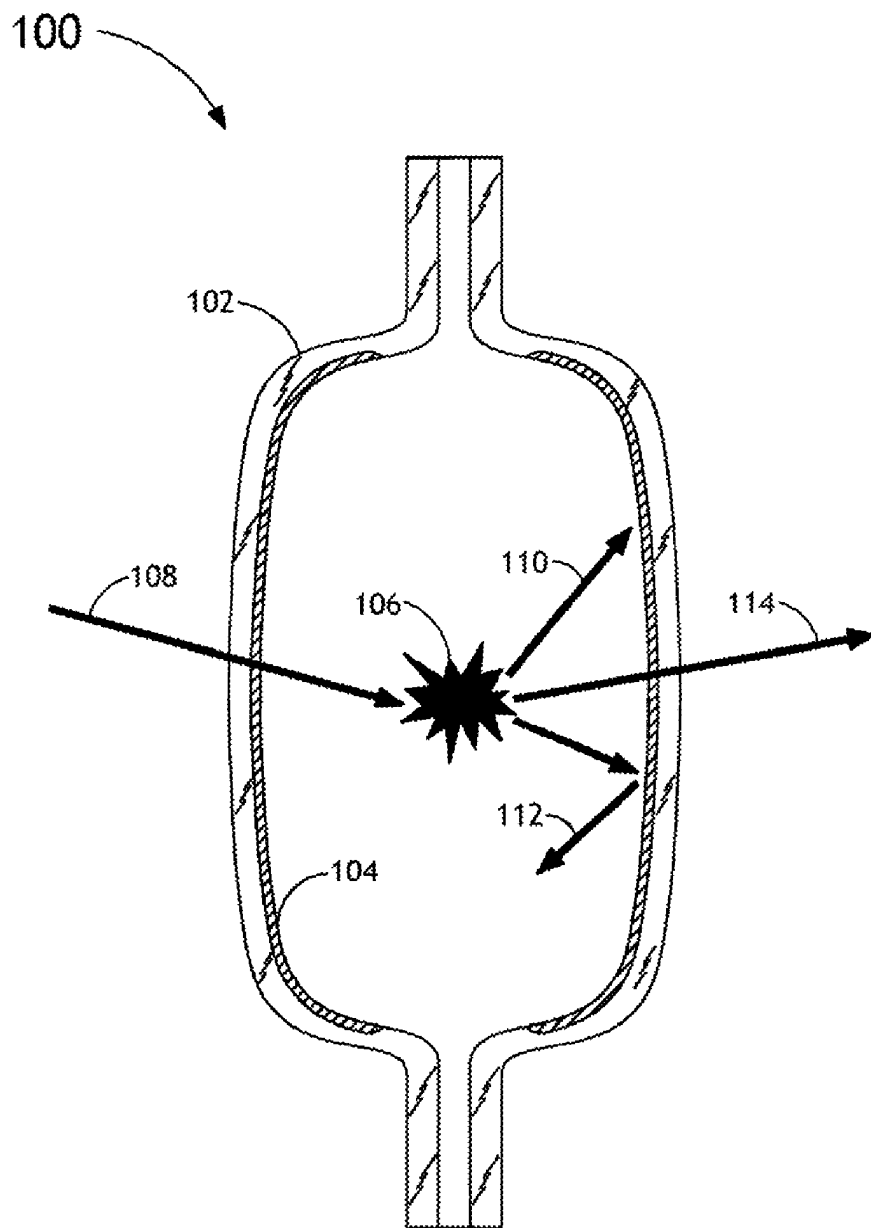


FIG. 1

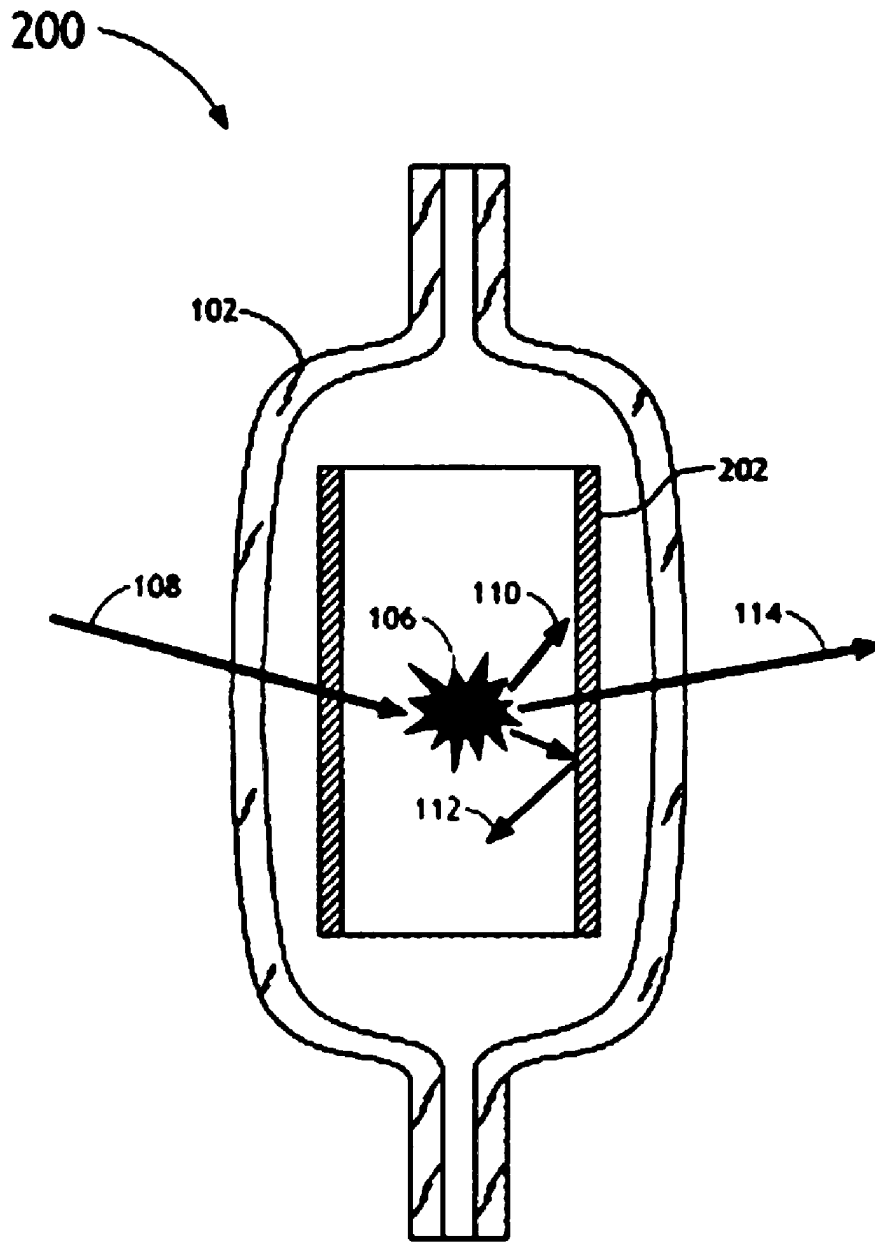


FIG.2

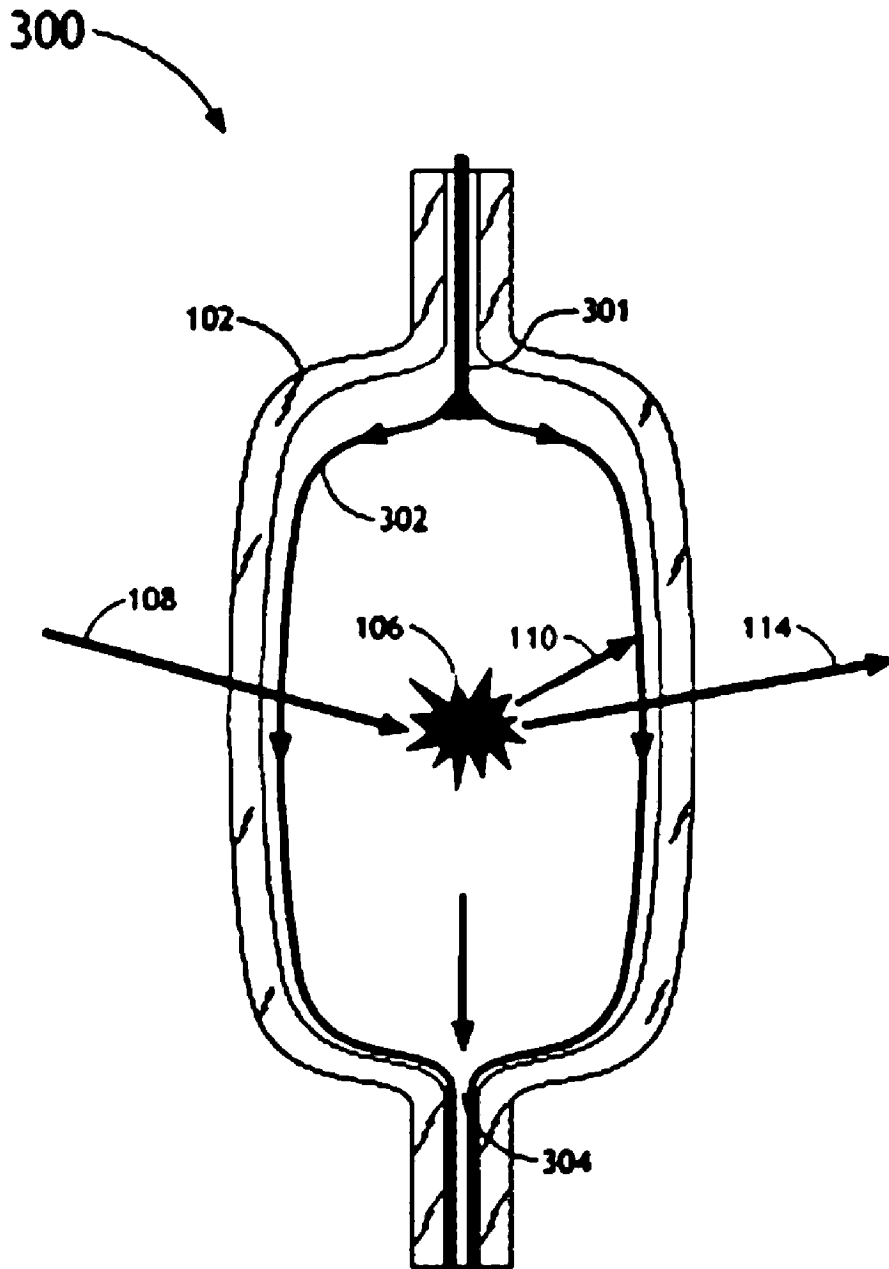


FIG. 3

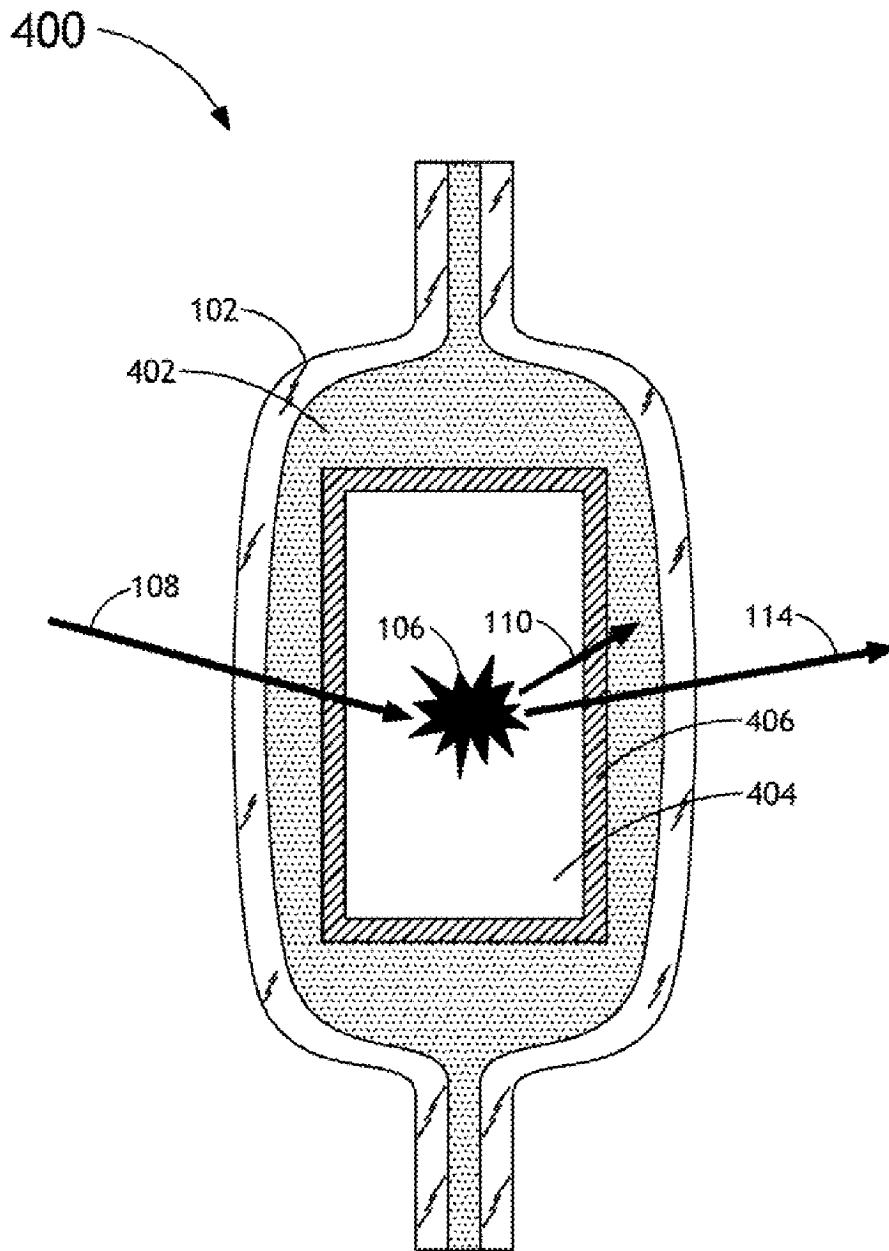


FIG.4

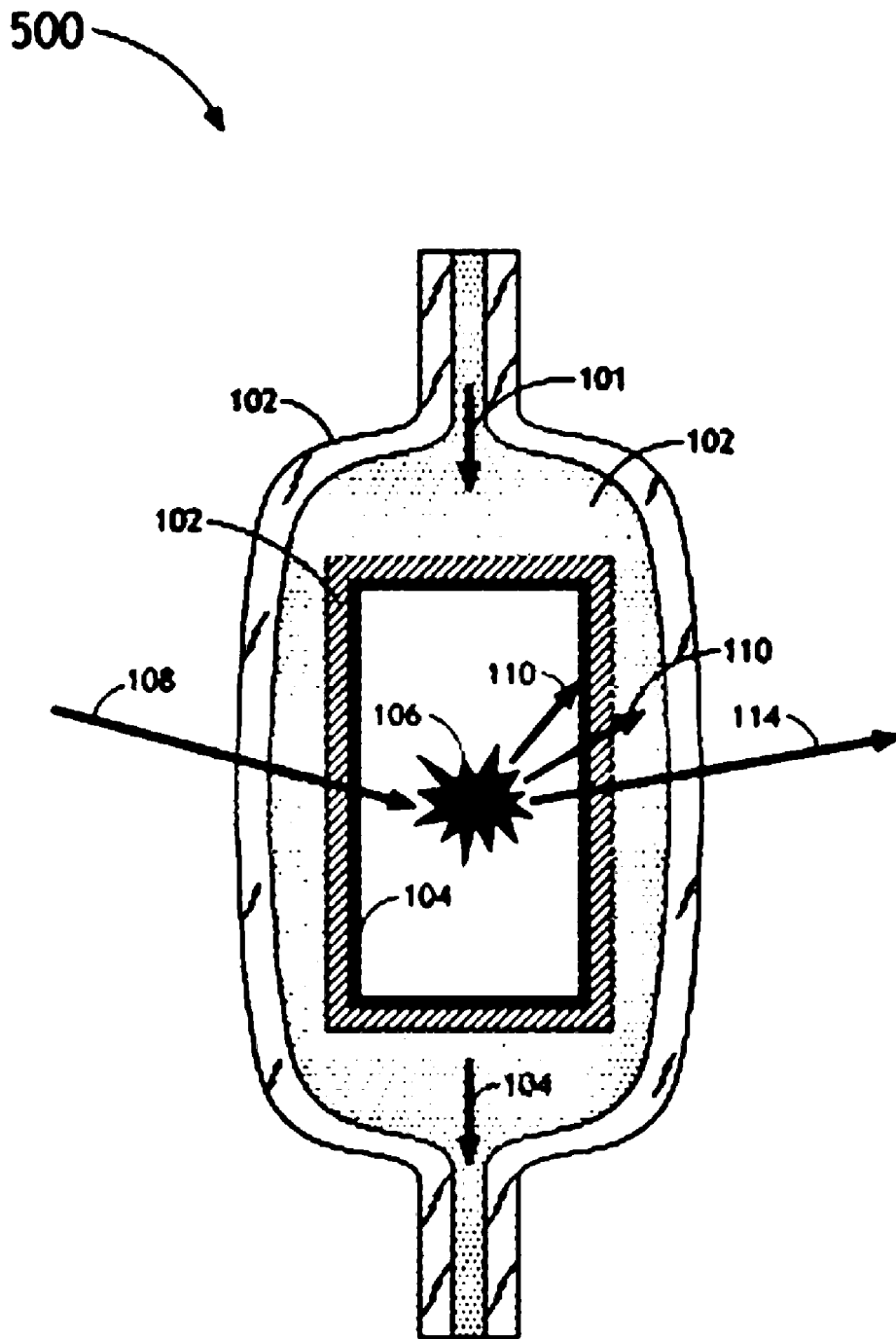


FIG.5