



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 18 690 T2** 2007.12.06

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 410 423 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H01L 21/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 18 690.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US02/22716**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 748 190.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/009350**

(86) PCT-Anmeldetag: **18.07.2002**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **30.01.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **21.04.2004**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **07.03.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **06.12.2007**

(30) Unionspriorität:  
**910298                      20.07.2001                      US**

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

(73) Patentinhaber:  
**Wafermasters Inc., San Jose, Calif., US**

(72) Erfinder:  
**YOO, Woo Sik, Palo Alto, CA 94303, US**

(74) Vertreter:  
**Wilhelms, Kilian & Partner, 81541 München**

(54) Bezeichnung: **BLITZTEMPERING**

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

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

**Beschreibung****STAND DER TECHNIK****1. Gebiet der Erfindung**

**[0001]** Diese Erfindung betrifft im Allgemeinen Halbleiterherstellungsanlagen und insbesondere ein System und Verfahren zur Schnellwärmeverarbeitung eines Halbleiterwafers.

**2. Verwandte Technik**

**[0002]** Um Halbleitervorrichtungen mit verringerten Abmessungen herzustellen, mussten neue Verarbeitungs- und Herstellungstechniken entwickelt werden. Eine wichtige Anforderung für die neuen Techniken besteht in der Fähigkeit, die Zeitspanne zu verringern, während der ein Halbleiterwafer während der Verarbeitung hohen Temperaturen ausgesetzt ist. Ein derartiges Verarbeitungsverfahren, das dafür ausgelegt ist, diese Anforderung zu berücksichtigen, ist als Schnellwärmeverarbeitung (RTP) bekannt. Die Schnellwärmeverarbeitungstechnik umfasst typischerweise das rasche Erhöhen der Temperatur des Wafers und sein Halten auf dieser Temperatur für eine Zeit, die lang genug ist, um ein Herstellungsverfahren erfolgreich auszuführen, während solche Probleme, wie beispielsweise eine unerwünschte Dotandendiffusion vermieden werden, die sonst bei den hohen Verarbeitungstemperaturen auftreten würden.

**[0003]** Im Allgemeinen verwenden herkömmliche RTP-Systeme eine Lichtquelle und Reflektoren, um die Masse des Halbleiterwafers zu erwärmen. Die Lichtquelle ist gewöhnlich eine Reihe von Halogenlampen, die Strahlungsenergie abgeben, die von den Reflektoren auf den Wafer fokussiert wird.

**[0004]** Herkömmliche RTP-Systeme, die auf Halogenlampen basieren, weisen beträchtliche Nachteile im Hinblick auf das Erreichen und Aufrechterhalten einer gleichmäßigen Temperaturverteilung auf der gesamten aktiven Schicht der Waferoberfläche auf. Zum Beispiel weist die Halogenlampe ein Filament auf, das Breitbandstrahlung erzeugt. Durch Anlegen von mehr Strom an das Filament kann die Intensität der Lampe vergrößert werden. Jedoch werden Siliziumwafer unter Verwendung eines verwendbaren Bandes von kurzen Wellenlängen erwärmt und sind ansonsten für Wellenlängen außerhalb dieses Bandes durchsichtig. Die Strahlung von der Lampe bleibt während des typischen Halogenlampenbetriebs hauptsächlich außerhalb des verwendbaren Wellenlängenbands. Als Folge davon wird ein Großteil des angelegten Stroms verschwendet.

**[0005]** Ein anderer Nachteil von Lampen des Filamenttyps besteht darin, dass sie im Allgemeinen eine breite Wellenlängenverteilung erzeugen, die nicht un-

abhängig kontrolliert werden kann. Folglich treten Temperaturschwankungen auf der Oberfläche des Wafers auf die bei hohen Temperaturen (z.B. ~1000°C) und unter verschiedenen Lampenkonfigurationen Kristallschäden und ein Verrutschen des Wafers verursachen können.

**[0006]** Eine spezifische Lösung für die Nachteile von Systemen auf Halogenlampen-Basis ist im U.S.-Patent Nr. 5,893,952 offenbart. In dem Patent'952 wird eine Vorrichtung zur Schnellwärmeverarbeitung eines Wafers unter Verwendung eines Schmalbandstrahls von elektromagnetischer Strahlung, die von einem Laser mit hoher Wattleistung erzeugt wird, beschrieben. Der Strahl wird auf den Wafer gerichtet, und zwar durch einen dünnen Absorptionsfilm, der im Wesentlichen die gesamte Energie von dem Strahl absorbiert, wodurch wiederum Wärme auf den Wafer gestrahlt wird. Leider weist die oben beschriebene Vorrichtung einige Beschränkungen und Nachteile auf. Zum Beispiel muss die Dicke des Dünnsfilms exakt bestimmt werden. Wenn der Dünnsfilm zu dünn ist, wird möglicherweise Energie von dem Strahl direkt auf den Wafer übertragen, oder wenn der Film zu dick ist, erwärmt sich der Film möglicherweise nicht schnell genug für eine Schnellwärmeverarbeitung. Es muss ein Film verwendet werden, der sich mit der Zeit nicht zersetzt, und er darf nicht zerstäuben, keine Blasen bilden oder ausgasen, wenn er sich erwärmt, sonst führt dies zu ungleichmäßiger Absorption. Aufgrund der Anforderungen an den Absorptionsdünnsfilm sind die Materialien für diesen Film beschränkt. Als Folge davon erwärmt die selbe RTP-Vorrichtung Wafer möglicherweise unterschiedlich und nicht vorhersagbar, wodurch sowohl Zeit als auch Materialien verschwendet werden.

**[0007]** US-A-6 080 965 offenbart ein System zur Wärmeverarbeitung, das eine Strahlungsquelle umfasst, die Licht abgibt, das von einem Spiegel durch ein durchsichtiges Fenster auf ein Fenster reflektiert wird.

**[0008]** US-A-5 893 952 betrifft eine Vorrichtung zur Schnellwärmeverarbeitung eines Substrats mit einem Laser mit hoher Wattleistung als Energiequelle, das über einen optischen Schalter zu einem optischen Scanner übertragen wird, um die Oberfläche des Wafers abzutasten.

**[0009]** US-A-5 446 825 offenbart eine Vorrichtung zur Schnellwärmeverarbeitung mit mehreren Lampen und einem Reflektor zum Richten von Licht von den Lampen durch ein optisches Quarzfenster und auf die Oberfläche des Wafers.

**ZUSAMMENFASSUNG**

**[0010]** Die vorliegende Erfindung schafft ein System und Verfahren zur gleichmäßigen und steuerbaren

Erwärmung der aktiven Oberfläche eines Halbleiterwafers oder Substrats während der Verarbeitung. Die vorliegende Erfindung kann, wie unten ausführlicher beschrieben, eine bereitgestellte Strahlungsenergiequelle umfassen, die von einer reflektierenden absorbierenden Oberfläche umhüllt oder im Wesentlichen umgeben ist, die die Strahlung, die von der Energiequelle abgegeben wird, sowohl reflektiert als auch absorbiert, so dass die resultierende Energieabgabe aus der Sicht des Wafers im Wesentlichen frei von Ungleichmäßigkeit ist. Vorteilhafterweise kann die resultierende Energie gleichmäßig über den Wafer ausgebreitet werden, um nur die aktive Schicht der Waferoberfläche zu erwärmen. Da die resultierende Energie über den Durchmesser des Wafers hinweg gleichmäßig ist, ist keine bedeutende Erwärmungsüberlappung vorhanden.

**[0011]** Gemäß der vorliegenden Erfindung kann die resultierende Energie mit einer sehr hohen Intensität bereitgestellt werden, so dass nur eine kurze Bestrahlungszeit notwendig ist, um die aktive Schicht des Substrats zu erwärmen. Daher kann das Verfahren als "Flash"-Glühverfahren bezeichnet werden, das das Kristallisieren der aktiven Schicht des Substrats, das Dotieren der aktiven Schicht oder eine anderweitige Wärmebehandlung der aktiven Schicht umfassen kann. Optional kann die vorliegende Erfindung eine ununterbrochene Wärmeeinwirkung bereitstellen, um das Erwärmen der Masse des Substrats zu ermöglichen.

**[0012]** Bei einem Gesichtspunkt der Erfindung wird ein System zur Schnellwärmeverarbeitung eines Substrats geschaffen. Das System umfasst eine Strahlungsenergiequelle, die von einem Reflektor umgeben ist, und einen Strahlungsauslasskanal, der die Strahlungsenergie konzentriert. Der Auslass ermöglicht, dass mindestens ein Teil der konzentrierten Strahlungsenergie von dem umgebenden Reflektor entweicht, was verursacht, dass Strahlungsenergie auf einer Oberfläche eines Substrats auftrifft, um eine aktive Schicht des Substrats zu erwärmen. Die Strahlungsenergie trifft für eine im Wesentlichen momentane Reaktionszeit auf die Oberfläche des Substrats auf. Vorzugsweise umfasst die Strahlungsenergiequelle eine Vielzahl von Lampen mit starker Intensität. Das Substrat ist vorzugsweise in einer nicht oxidierten Umgebung untergebracht.

**[0013]** Bei einem anderen Gesichtspunkt der Erfindung umfasst der Reflektor eine Reflexionsfläche zum Fokussieren der Strahlungsenergie von der Strahlungsenergiequelle auf einen ersten Brennpunkt. Die Strahlungsenergie wird so fokussiert, dass sie auf die Oberfläche eines Substrats für eine Dauer von zwischen etwa 1 Nanosekunde und etwa 10 Sekunden auftrifft. Dies erhöht die Temperatur der aktiven Schicht des Substrats in einer im Wesentlichen momentanen Zeitspanne auf zwischen etwa 500°C

und etwa 1400°C. Vorzugsweise trifft ein Energiefluss, der von dem ersten Brennpunkt ausgeht, auf die Oberfläche des Substrats auf. Die Strahlungsenergiequelle ist vorzugsweise eine Xe-Lichtbogenlampe.

**[0014]** Bei noch einem anderen Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Schnellwärmeverarbeitung eines Substrats geschaffen. Das Verfahren umfasst das Bereitstellen einer Kammer, die Folgendes umfasst: eine Strahlungsenergiequelle, einen die Energiequelle umgebenden Reflektor, und einen Auslasskanal. Der Auslasskanal konzentriert die Strahlungsenergie durch einen Schlitz und flash-behandelt die Strahlungsenergiequelle, so dass sie auf eine Oberfläche eines Substrats auftrifft, um eine aktive Schicht des Substrats zu erwärmen.

**[0015]** Vorzugsweise liegt die Temperatur der aktiven Schicht zwischen etwa 500°C und 1400°C und die Dauer der Flash-Behandlung zwischen etwa 1 Nanosekunde und etwa 10 Sekunden. Die innere Oberfläche des Reflektors ist vorzugsweise mit einem Material beschichtet, das aus der Gruppe genommen wurde, die aus Gold und Silber besteht, und reflektiert vorzugsweise Wellenlängen von weniger als 900 nm.

**[0016]** Bei einem weiteren Gesichtspunkt der Erfindung wird ein alternatives Verfahren zur Schnellwärmeverarbeitung eines Substrats geschaffen. Das Verfahren umfasst das Bereitstellen einer Kammer, die Folgendes umfasst: eine Strahlungsenergiequelle, einen Reflektor, der die Energiequelle umgibt, und einen Auslasskanal. Der Auslasskanal konzentriert die Strahlungsenergie durch einen Schlitz. Der Leistungspegel der Strahlungsenergie wird auf einen Spitzenleistungspegel erhöht, um eine aktive Schicht eines Substrats für eine im Wesentlichen momentane Zeitdauer einer ersten Strahlungsenergie auszusetzen. Daraufhin wird ein zweiter Leistungspegel der Strahlungsenergiequelle aufrechterhalten, der niedriger als der erste Leistungspegel ist, um die Masse des Substrats für eine Zeitdauer einer zweiten Strahlungsenergie auszusetzen. Die erste Zeitdauer liegt zwischen etwa 1 Nanosekunde und etwa 10 Sekunden und die zweite Zeitdauer zwischen etwa null Sekunden und etwa 3600 Sekunden.

**[0017]** Vorzugsweise umfasst die Strahlungsenergiequelle eine Lampe mit hoher Energie und weist eine Energiedichte von zwischen etwa 0,5 J/cm<sup>2</sup> und etwa 100 J/cm<sup>2</sup> auf. Die aktive Schicht des Substrats liegt vorzugsweise zwischen 0,05 µm und etwa 1 mm unterhalb einer Oberfläche des Substrats, wobei die Lampe vorzugsweise entweder eine Strömungsröhre umfasst, die ein Kühlfluid enthält, oder eine Xe-Lichtbogenlampe ist.

**[0018]** Das System und Verfahren der vorliegenden Erfindung können dazu verwendet werden, nur die aktive Schicht der Substratoberfläche zu erwärmen, daher ist das Verfahren vorteilhaft für Implantatglüh-anwendungen, wie beispielsweise Flachverbindung, Ultraflachverbindung und Source-Drain-Glügen.

**[0019]** Diese und andere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der weiter unten dargestellten ausführlichen Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen zusammen mit den beigefügten Zeichnungen leichter ersichtlich.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

**[0020]** [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) sind schematische Veranschaulichungen jeweils einer Seitenansicht und einer Draufsicht einer Ausführungsform eines Halbleiterwaferverarbeitungssystems, das eine repräsentative Umgebung der vorliegenden Erfindung darstellt;

**[0021]** [Fig. 2A](#) ist eine vereinfachte Veranschaulichung eines RTP-Reaktorsystems gemäß den Prinzipien der vorliegenden Erfindung;

**[0022]** [Fig. 2B](#) ist eine vereinfachte Veranschaulichung eines RTP-Reaktorsystems gemäß einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**[0023]** [Fig. 2C](#) ist eine vereinfachte Veranschaulichung eines RTP-Reaktorsystems gemäß einer alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**[0024]** [Fig. 2D](#) ist eine vereinfachte Veranschaulichung der aktiven Schicht eines Halbleiterwafers gemäß den Prinzipien der vorliegenden Erfindung;

**[0025]** [Fig. 3](#) ist eine vereinfachte Veranschaulichung einer Ausführungsform einer Strahlungskammer gemäß der vorliegenden Erfindung;

**[0026]** [Fig. 4](#) ist eine vereinfachte Veranschaulichung einer Abtastbaugruppe;

**[0027]** [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) sind vereinfachte Veranschaulichungen eines Flash-Glühsystems;

**[0028]** [Fig. 6](#) ist eine vereinfachte Veranschaulichung einer Reflektorbaugruppe zur Verwendung mit dem Flash-Glühsystem aus [Fig. 5](#);

**[0029]** [Fig. 7](#) ist eine vereinfachte Veranschaulichung einer alternativen Ausführungsform der Reflektorbaugruppe aus [Fig. 6](#);

**[0030]** [Fig. 8](#) ist eine vereinfachte Veranschaulichung einer alternativen Ausführungsform der Reflektorbaugruppe aus [Fig. 6](#);

**[0031]** [Fig. 9A–Fig. 9D](#) sind vereinfachte Schaltpläne einer Stromversorgung zum Zünden einer Lampe gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung; und

**[0032]** [Fig. 10](#) ist eine Ausführungsform eines Stromversorgungskreises gemäß den Prinzipien der vorliegenden Erfindung; und

**[0033]** [Fig. 11](#) ist eine Ausführungsform eines Stromversorgungskreises gemäß den Prinzipien der vorliegenden Erfindung.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

**[0034]** Wie hierin verwendet, umfasst das Wort "Flash" seine gewöhnliche Bedeutung, wie sie allgemein von Fachleuten verstanden wird. Diese Definition umfasst die Definition, dass Flash die plötzliche oder im Wesentlichen momentane Abgabe von Licht (oder die Abgabe von Licht in transienten Stößen) für eine Zeitspanne von zwischen etwa 1 Nanosekunde und etwa 10 Sekunden bedeutet.

**[0035]** [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) sind schematische Veranschaulichungen jeweils einer Seitenansicht und einer Draufsicht einer Ausführungsform eines Halbleiterwaferverarbeitungssystems **10**, das eine repräsentative Umgebung der vorliegenden Erfindung darstellt. Das repräsentative System ist vollständig in der mitangemeldeten U.S.-Patent-Anmeldung mit der Serien-Nr. 09/451,677, eingereicht am 30. November 1999 offenbart. Das Verarbeitungssystem **10** umfasst eine Ladestation **12**, die mehrere Plattformen **14** zum Stützen und Bewegen einer Waferkassette **16** aufwärts und in eine Ladesperre **18** aufweist. Die Waferkassette **16** kann eine entfernbare Kassette sein, die entweder manuell oder mit automatisierten geführten Fahrzeugen (AGV) in eine Plattform **14** geladen wird. Die Waferkassette **16** kann ebenfalls eine feste Kassette sein, wobei in diesem Fall die Wafer unter Verwendung herkömmlicher atmosphärischer Roboter oder Ladevorrichtungen (nicht gezeigt) auf die Kassette **16** geladen werden. Sobald sich die Waferkassette **16** im Inneren der Ladesperre **18** befindet werden die Ladesperre **18** und die Transferkammer **20** auf atmosphärischem Druck gehalten oder ansonsten unter Verwendung einer Pumpe **50** auf Vakuumdruck heruntergepumpt. Ein Roboter **22** in der Transferkammer **20** dreht sich in Richtung der Ladesperre **18** und nimmt einen Wafer **24** aus der Kassette **16** auf. Ein Reaktor oder eine Wärmeverarbeitungskammer **26**, die ebenfalls atmosphärischen Druck aufweisen oder unter Vakuum stehen kann, nimmt den Wafer **24** von dem Roboter **22** durch ein Schieberventil **30** an. Optional können zusätzliche Reaktoren zu dem System hinzugefügt werden, zum Beispiel der Reaktor **28**. Der Roboter **22** zieht sich daraufhin zurück und das Schieberventil **30** schließt sich, um mit der Verarbeitung des Wafers **24** zu beginnen.

Nachdem der Wafer **24** verarbeitet worden ist, öffnet sich das Schieberventil **30**, um dem Roboter **22** zu ermöglichen, den Wafer **24** aufzunehmen und in einer Kühlstation **60** anzubringen. Die Kühlstation **60** ermöglicht den neu verarbeiteten Wafern, die Temperaturen oberhalb von 100°C aufweisen können, abzukühlen, bevor sie wieder in einer Waferkassette in der Ladesperre **18** angeordnet werden.

**[0036]** Gemäß der vorliegenden Erfindung sind die Reaktoren **26** und **28** RTP-Reaktoren wie beispielsweise solche, die beim Wärmeglühen, bei der Dotandendiffusion, Wärmeoxidation, Nitrierung, der chemischen Bedampfung und ähnlichen Verfahren verwendet werden. Die Reaktoren **26** und **28** werden im Allgemeinen horizontal verschoben, jedoch werden bei einer bevorzugten Ausführungsform die Reaktoren **26** und **28** vertikal verschoben (d.h. übereinander gestapelt), um die vom System **10** eingenommene Bodenfläche zu minimieren. Die Reaktoren **26** und **28** sind an die Transferrammer **20** geschraubt und werden des Weiteren von einem Stützrahmen **32** gestützt. Prozessgase, Kühlmittel und elektrische Anschlüsse können unter Verwendung von Schnittstellen **34** durch die Hinterseite der Reaktoren bereitgestellt werden.

**[0037]** [Fig. 2A](#) ist eine vereinfachte Veranschaulichung einer Ausführungsform des RTP-Reaktorsystems **40** gemäß den Prinzipien der vorliegenden Erfindung. Bei dieser Ausführungsform umfasst das Reaktorsystem **40** eine Prozesskammer **102** und eine Scannerbaugruppe **200**. Die Scannerbaugruppe **200** kann in der Nähe der Prozesskammer **102** angeordnet sein, so dass die Scannerbaugruppe bei Betrieb so beschaffen sein kann, dass der in der Kammer angeordnete Wafer adequat abgetastet wird.

**[0038]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform kann die Prozesskammer **102** eine Röhre mit geschlossenem Ende **103** umfassen, die einen inneren Hohlraum **104** abgrenzt. Innerhalb der Röhre **103** befinden sich Waferstützpfosten **106**, typischerweise drei (von denen zwei gezeigt sind), um einen einzelnen Wafer **108** zu stützen. Eine Öffnung oder ein Loch (nicht gezeigt) an einem Ende der Röhre **103** stellt einen Zugriff auf das Laden und Entladen des Wafers **108** vor und nach der Verarbeitung bereit. Das Loch kann eine relativ kleine Öffnung sein, jedoch groß genug, um einen Wafer mit einer Dicke von zwischen etwa 0,5 bis 0,8 mm und einem Durchmesser von bis zu 300 mm (~12 Zoll) und den Arm und Endeffektor des Roboters **22** aufzunehmen. Vorzugsweise ist das Loch nicht größer als zwischen etwa 18 mm und 22 mm, vorzugsweise 20 mm. Die relativ kleine Lochgröße unterstützt die Reduzierung eines Strahlungswärmeverlustes aus der Röhre **103**.

**[0039]** Da der Wafer **108** unter Verwendung des Roboters **22** geladen und entladen wird, erfordert die

Röhre **103** keine inneren beweglichen Teile zur Anordnung des Wafers **108**, wie beispielsweise Hebestifte, Stellglieder und dergleichen. Daher kann die Röhre **103** mit einem Wafer **108** konstruiert sein, der ein minimales inneres Volumen umgibt. Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist das Volumen des inneren Hohlraums **104** gewöhnlich nicht größer als etwa 1,0 m<sup>3</sup> und vorzugsweise ist das Volumen nicht größer als etwa 0,3 m<sup>3</sup>. Dementsprechend ermöglicht das kleine Röhrenvolumen, dass das Reaktorsystem **40** kleiner hergestellt wird und als Folge davon kann das System **10** kleiner hergestellt werden, wodurch es weniger Bodenfläche erfordert. Vorzugsweise ist die Röhre **103** aus einem durchsichtigen Quarz oder einem ähnlichen Material hergestellt.

**[0040]** [Fig. 2A](#) veranschaulicht ebenfalls die Scannerbaugruppe **200**, die in Zusammenhang mit einer Strahlungsenergiequelle **202** verwendet werden kann, um eine Schnellwärmeverarbeitung des Halbleiterwafers **108** bereitzustellen. Die Scannerbaugruppe **200** umfasst ein Gehäuse **216**, das ein Stellglied **204**, eine Reflexionskammer **212** und einen Strahlungsauslasskanal **214** stützt. Die äußeren Abmessungen des Gehäuses **216** werden von der Anwendung bestimmt. Zum Beispiel kann die Länge des Gehäuses **216** mindestens so groß wie oder größer als der Durchmesser des Wafers **108** sein.

**[0041]** Das Stellglied **204** stellt ein herkömmliches Mittel bereit, um die Scannerbaugruppe **200** für das Abtasten des Wafers **108** betriebsbereit zu machen. Das Stellglied **204** kann so konfiguriert sein, dass es entlang einer Abtastlänge der Röhre **103** eine abtastende Hin- und Herbewegung bereitstellt, wie in [Fig. 2A](#) durch Pfeil **206** und **208** angezeigt. Das Stellglied **204** kann herkömmliche Antriebe und Bewegungsübersetzungsmechanismen, wie beispielsweise Linearmotoren, Schrittmotoren, Hydraulikantriebe und dergleichen und Zahnräder, Riemenscheiben, Ketten und dergleichen, umfassen, ist jedoch nicht darauf beschränkt.

**[0042]** In der in [Fig. 2A](#) gezeigten Ausführungsform kann die Scannerbaugruppe **200** äußerlich sowohl an der Prozesskammer **102** als auch an der Röhre **103** befestigt sein. Die Scannerbaugruppe **200** ist oberhalb eines optischen Fensters **210** angeordnet, das entlang der Abtastlänge der Kammer **102** (d.h. mindestens so groß wie der Durchmesser des Wafers **108**) bereitgestellt ist, um zu ermöglichen, dass Strahlungsenergie, die von dem Gehäuse **216** abgegeben wird, in die Röhre **103** eindringt und auf den Wafer **108** auftrifft. Bei einer in [Fig. 2B](#) gezeigten alternativen Ausführungsform kann die Abtastbewegung der Scannerbaugruppe **200a** im Inneren der Prozesskammer **102a**, jedoch außerhalb der Röhre **103a** stattfinden. Die Scannerbaugruppe **200a** ist über dem optischen Fenster **210a** angeordnet, das in der Röhre **103a** entlang der Abtastlänge (d.h. min-

destens so groß wie der Durchmesser des Wafers **108**) gebildet ist, um zu ermöglichen, dass die Strahlungsenergie, die von dem Gehäuse **216a** abgegeben wird, in die Röhre **103a** eintritt und auf den Wafer **108** auftrifft.

[0043] Bei noch einer anderen Ausführungsform, die in [Fig. 2C](#) gezeigt ist, kann die Scannerbaugruppe **200b** ohne Prozessröhre äußerlich an der Prozesskammer **102b** befestigt sein. Bei dieser Ausführungsform ist die Scannerbaugruppe **200b** oberhalb des optischen Fensters **210b** angeordnet, das entlang der Abtastlänge der Kammer **102b** (d.h. mindestens so groß wie der Durchmesser des Wafers **108**) bereitgestellt ist, um der aus dem Gehäuse **216b** abgegebenen Strahlungsenergie zu ermöglichen, auf den Wafer **108** aufzutreffen.

[0044] Das optische Fenster **210** (oder **210a**) kann aus jedem Material hergestellt sein, das die Übertragung der Strahlungsenergie ermöglicht, vorzugsweise Quarz. Das Fenster **210** kann eine Dicke von zwischen etwa 1 mm und etwa 5 mm und einen Durchmesser, der mindestens so groß wie oder größer als der Wafer **108** ist, aufweisen.

[0045] Gleich ob die Scannerbaugruppe im Inneren oder außerhalb der Röhre angeordnet ist, der Abstand zwischen der Oberfläche des Wafers und der Scannerbaugruppe, in [Fig. 2A](#) als Spalt **213** angezeigt, sollte nicht größer als etwa 50 mm sein, vorzugsweise zwischen etwa 10 mm und 25 mm. Der relativ kleine Spalt **213** stellt sicher, dass eine angemessene Steuerung der Temperatur-Strahlungsenergie-Verteilung über den Wafer **108** hinweg aufrecht erhalten werden kann. Ein größerer Spalt **213** kann verursachen, dass ein Teil der Strahlungsenergie entweicht, bevor sie auf den Wafer **108** auftrifft.

[0046] Wie in [Fig. 2A](#) weitergehend veranschaulicht, sind die Reflexionskammer **212** und der Strahlungsauslasskanal **214** im Gehäuse **216** angeordnet. Die Strahlungsquelle **202** befindet sich in der Reflexionskammer **212** und ist typischerweise so angeordnet, dass im Wesentlichen die gesamte Breitbandstrahlung auf eine innere Oberfläche **218** der Kammer auftreffen kann. Bei einer Ausführungsform kann die Strahlungsenergiequelle **202** eine Lampe mit starker Intensität der Art sein, die herkömmlicherweise in Lampenerwärmungsvorgängen verwendet wird. Bei einer bevorzugten Ausführungsform ist die Strahlungsenergiequelle **202** eine filamentlose Lampe, wie beispielsweise eine Xe-Lichtbogenlampe. Typischerweise liegen die Stromanforderungen für die bevorzugte Lampe **202** der vorliegenden Erfindung zwischen etwa 500 W und etwa 50 kW.

[0047] Die von der Lampe **202** abgegebene Energie trifft auf die innere Oberfläche **218** der Kammer **212** auf, die bestimmte Wellenlängen stark reflektiert und

andere absorbiert oder nicht reflektiert. Bei einer Ausführungsform ist die Oberfläche **218** mit einem Material beschichtet, das die reflektierende/absorbierende Eigenschaft aufweist. Zum Beispiel kann die Oberfläche **218** mit Gold oder Silber beschichtet sein, wobei das Silber des Weiteren mit einer Schutzschicht, wie beispielsweise SiN oder einer beliebigen transparenten Beschichtung, beschichtet ist, die die Oxidation des Silbers verhindert. Vorzugsweise reflektiert die Beschichtung in effizienter Weise Wellenlängen von weniger als 900 nm, um eine durchschnittliche Wellenlänge von zwischen etwa 900 nm und etwa 200 nm zu erzeugen.

[0048] Die Kammer **212**, die in jede geeignete geometrische Form geformt sein kann [sic]. Zum Beispiel kann die Kammer **212**, wie in [Fig. 2A](#) gezeigt, eine runde Kammer sein. Bei einer runden Kammer **212** kann Lichtenergie in der Mitte der Kammer **212** fokussiert werden und in Richtung des Strahlungsauslasskanals **214**, der unten beschrieben ist, geleitet werden. Bei diesem Beispiel kann sich die Strahlungsenergiequelle **202** von der Mitte versetzt in der Kammer **212** befinden, um sicherzustellen, dass die fokussierte Lichtenergie die Energiequelle **202** nicht übermäßig erwärmt. [Fig. 3](#) zeigt ein alternatives Beispiel der Kammer **212**, die zu einer elliptischen Kammer geformt sein kann. Die elliptische Kammer **212** kann zwei Brennpunkte aufweisen. Die Energiequelle **202** kann an einem ersten Brennpunkt **203** angeordnet sein, so dass die Lichtenergie am zweiten Brennpunkt **205** fokussiert und zum Strahlungsauslasskanal **214** geleitet wird.

[0049] Wiederum unter Bezugnahme auf [Fig. 2A](#) entweicht die Schmalbandenergie durch den Strahlungsauslasskanal **214** aus der Kammer **212**. Der Strahlungsauslasskanal **214** kann etwa 5 mm bis 20 mm, vorzugsweise etwa 10 mm lang sein, um die Strahlungsenergie in angemessener Weise den gewünschten Pfad entlang zu leiten. Der Strahlungsauslasskanal **214** weist eine Öffnung oder einen Schlitz **222** auf, der am Ende des Kanals gebildet ist und ermöglicht, dass ein Strahl **220** der Strahlungsenergie aus dem Gehäuse **216** entweicht. Der Schlitz **222** ist so konstruiert, dass er den Strahl **220** wie gewünscht formt, so dass eine optimale Energiemenge auf den Wafer **108** fokussiert werden kann. Bei einer bevorzugten Ausführungsform kann der Schlitz **222** eine rechtwinklige Öffnung sein, die sich die Länge der Scannerbaugruppe **200** entlang erstreckt und so groß oder größer als der Durchmesser des Wafers **108** ist. Die Größe der Öffnung sollte klein genug sein, um die Energiemenge zu minimieren, die natürlich an der Schlitzöffnung dispergiert. Daher kann der Schlitz **222** eine Breite von zwischen etwa 1 mm und 10 mm, vorzugsweise von 2 mm aufweisen. Wenn der Strahl **222** den Wafer **108** abtastet, wird eine gleichmäßige Temperaturverteilung auf der gesamten Oberfläche des Wafers **108** erzeugt, die eine ak-

tive Schicht **224** des Wafers erwärmt.

**[0050]** Unter Bezugnahme auf [Fig. 2A](#) und [Fig. 2D](#) ist die aktive Schicht oder Vorrichtungsschicht **224** ein Teil des Wafers **108**, der sich von der Oberfläche **223** des Wafers **108** hinunter bis zu einer Tiefe  $\alpha$  unterhalb der Oberfläche **223** erstreckt. Die Tiefe  $\alpha$  liegt typischerweise zwischen etwa  $0,05\ \mu\text{m}$  und  $1\ \text{mm}$ , variiert jedoch abhängig von dem Verfahren und der Vorrichtungsmerkmalgröße. Die aktive Schicht **224** ist in der Halbleiterherstellungsindustrie als der Anteil des Wafers bekannt, in dem Halbleitervorrichtungen, wie beispielsweise Transistoren, Dioden, Widerstände und Kondensatoren, gebildet werden.

**[0051]** Es wird darauf hingewiesen, dass die Temperatur, auf die die aktive Schicht **224** erwärmt wird, eine Funktion des Verhältnisses zwischen der Geschwindigkeit, mit der die Scannerbaugruppe **200** über den Wafer **108** hinweg bewegt wird, und dem Strom, der der Lampe **202** zugeführt wird, ist. Bei einer beispielhaften Ausführungsform kann die Temperatur der aktiven Schicht **224** im Bereich von zwischen etwa  $500^\circ\text{C}$  bis etwa  $1200^\circ\text{C}$  liegen. Um diese Temperaturen zu erreichen, kann die Abtastgeschwindigkeit zwischen etwa  $1\ \text{mm/sek}$  bis etwa  $100\ \text{mm/sek}$  bei  $500\ \text{W}$  bis  $50\ \text{kW}$  variieren. Je langsamer die Abtastgeschwindigkeit, desto weniger Strom ist erforderlich. Bei einer Ausführungsform kann der Wafer **108** zum Beispiel auf etwa  $300^\circ\text{C}$  vorgeheizt werden, so dass die Verarbeitung der aktiven Schicht **224** bei der höheren Temperatur beginnt, wodurch die Verarbeitungszeit verringert und Energie gespart wird.

**[0052]** Das Erwärmen der aktiven Schicht **224** unter Verwendung des Reaktorsystems **40** erhöht die Diffusionsgeschwindigkeit und Löslichkeit der aktiven Schicht **224**. Daher kann ein flacher dotierter Bereich in der aktiven Schicht **224** erzeugt werden. Das Dotieren der aktiven Schicht umfasst das Abtasten der aktiven Schicht **224** auf eine Prozesstemperatur, zum Beispiel von zwischen etwa  $500^\circ\text{C}$  bis etwa  $1200^\circ\text{C}$ , in einer Umgebung einer Dotierverbindung, wie beispielsweise Bor, Phosphor, Stickstoff, Arsen,  $\text{B}_2\text{H}_6$ ,  $\text{PH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{AsH}_3$  und  $\text{NH}_3$ . Die Konzentration der Verbindung kann im Bereich von etwa  $0,1\%$  bis etwa  $100\%$  im Verhältnis zu einem Trägergas, wie beispielsweise  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$  und  $\text{O}_2$ , oder einem nicht reaktiven Gas, wie beispielsweise Argon oder Helium, liegen. Höhere Konzentrationen der Verbindung können das Dotierungsverfahren beschleunigen und/oder die Dotandenkonzentration in der aktiven Schicht erhöhen.

**[0053]** [Fig. 4](#) ist eine vereinfachte Veranschaulichung einer Scannerbaugruppe **300**, die einen Impuls- oder Endloswellenlaser **302** mit hoher Intensität umfasst, um eine Schnellwärmeverarbeitung des Halbleiterwafers **304** bereitzustellen. Die Scanner-

baugruppe **300** umfasst ebenfalls eine Laserenergiefokussierbaugruppe **306** und ein Stellglied **308**. Die Komponenten der Scannerbaugruppe **300** können in einem einzigen Gehäuse enthalten sein, das in ähnlicher Weise wie bei den oben in [Fig. 2A](#) beschriebenen Ausführungsformen an einer Prozesskammer **320** befestigt werden kann.

**[0054]** Die Laserfokussierbaugruppe **306** umfasst eine erste Fokussierlinse **310**, eine zweite Fokussierlinse **312** und einen Spiegel **314**. Die Fokussierbaugruppe arbeitet in bekannter herkömmlicher Weise, um die Laserenergie **301** von dem Laser **302** auf den Wafer **304** zu fokussieren. Die Laserenergie **301** von dem Laser **302** kann eine Wellenlänge von weniger als  $1\ \mu\text{m}$  aufweisen.

**[0055]** Das Stellglied **308** stellt ein herkömmliches Mittel bereit, um die Scannerbaugruppe **300** für die Abtastung des Wafers **304** betriebsbereit zu machen. Das Stellglied **308** kann so konfiguriert werden, dass es den Laser **302** und die Fokussierbaugruppe **306** so bewegt, dass eine abtastende Hin- und Herbewegung über den Wafer **304** hinweg bereitgestellt wird, wie in [Fig. 4](#) durch Pfeil **316** angezeigt. Alternativ kann nur der Spiegel **314** bewegt werden, um das Laserabtasten des Wafers **304** zu verursachen. Bei noch einer anderen alternativen Ausführungsform kann der Wafer **304** so beschaffen sein, dass er sich bewegt, so dass ein stillstehender Strahl **301** so beschaffen sein kann, dass er die Waferoberfläche abtastet. Das Stellglied **308** kann herkömmliche Antriebe und Bewegungsübersetzungsmechanismen, wie beispielsweise Linearmotoren, Schrittmotoren, Hydraulikantriebe und dergleichen sowie Zahnräder, Riemenscheiben, Ketten und dergleichen, umfassen, ist jedoch nicht darauf beschränkt. Bei einer Ausführungsform ist die Scannerbaugruppe **300** oberhalb eines optischen Fensters **318** angeordnet, das entlang der Abtastlänge der Prozesskammer **320** bereitgestellt ist, um zu ermöglichen, dass die Laserenergie in die Prozesskammer **320** eindringt und auf den Wafer **304** auftrifft. Das Fenster **318** kann aus jedem Material hergestellt sein, das die Übertragung von Laserenergie **301** ermöglicht; vorzugsweise aus durchsichtigem Quarz. Das Fenster **318** kann eine Dicke von zwischen etwa  $1$  und etwa  $5\ \text{mm}$  und einen Durchmesser aufweisen, der mindestens so groß wie oder größer als der Wafer **304** ist.

**[0056]** [Fig. 5A](#) ist eine vereinfachte Veranschaulichung eines RTP-Reaktorsystems **500**. Das Reaktorsystem **500** umfasst eine Prozesskammer **502** und eine Reflektorbaugruppe **504**. Die Reflektorbaugruppe **504** kann einen Reflektor **506** und eine Strahlungsenergiequelle **508** umfassen. Die Reflektorbaugruppe **504** kann in der Prozesskammer **502** in der Nähe eines Wafers **510** angeordnet sein, so dass die Reflektorbaugruppe **504** in Betrieb so beschaffen sein kann, dass sie den Wafer **510** in angemessener

Weise verarbeitet. Die Strahlungsenergiequelle **508** kann eine Lampe mit starker Intensität der Art sein, die herkömmlicherweise bei Lampenerwärmungsvorgängen verwendet wird. Bei dieser Ausführungsform ist die Strahlungsenergiequelle **508** eine filamentlose Lampe, wie beispielsweise eine Xe-Lichtbogenlampe (im Folgenden die "Lampe **508**"). Die Lampe **508** kann jede in geeigneter Weise geformte Lampe sein, zum Beispiel eine röhrenförmige Lampe mit einer Länge, die mindestens so lang wie der Durchmesser des Wafers **510** ist. Die Lampe **508** kann von einer Strömungsröhre **512** umgeben sein. Die Strömungsröhre **512** kann ein Kühlfluid **522**, zum Beispiel deionisiertes Wasser, enthalten. Das Kühlfluid **522** wird dazu verwendet, ein Überhitzen der Lampe **508** während des Betriebs zu vermeiden. Zum Beispiel kann das Kühlfluid die Temperatur der Lampe **508** unter 100°C halten, um das Schmelzen von Quarzkomponenten der Lampe **508** zu verhindern. Bei einer anderen Ausführungsform kann das Kühlfluid **522** mit einer nicht leitenden Farbe gemischt sein. Die nicht leitende Farbe kann als Filter dienen, um zu verhindern, dass nur bestimmte Wellenlängen durch die Strömungsröhre **512** aus der Lampe **508** herausstrahlen.

[0057] [Fig. 5B](#) ist eine vereinfachte Veranschaulichung einer Vielzahl von Lampen **508**, die in der Nähe des Reflektors **506** angeordnet sind. Es wird darauf hingewiesen, dass jede Anzahl von Lampen **508** verwendet werden kann, um die gewünschten Wärmepegel zu erreichen, die für ein spezifisches Verfahren benötigt werden.

[0058] Wiederum unter Bezugnahme auf [Fig. 5A](#) befindet sich die Reflektorbaugruppe **504** in betriebsfähiger Anordnung mit dem Wafer **510**. Der Reflektor **506** umfasst eine innere Oberfläche **514**, die bestimmte Wellenlängen stark reflektieren kann und andere absorbieren oder nicht reflektieren kann. Bei einer Ausführungsform kann die innere Oberfläche **514** mit einem Material beschichtet sein, das die reflektierende/absorbierende Eigenschaft aufweist. Zum Beispiel kann die innere Oberfläche **514** mit Gold oder Silber beschichtet sein, wobei das Silber des Weiteren mit einer Schutzschicht, wie beispielsweise SiN oder einer beliebigen transparenten Beschichtung, beschichtet ist, die die Oxidation des Silbers verhindert. Die Beschichtung reflektiert in effizienter Weise Wellenlängen von weniger als 900 nm, um eine durchschnittliche Wellenlänge von zwischen etwa 900 nm und etwa 200 nm zu erzeugen. Bei einer anderen Ausführungsform ist die innere Oberfläche über das gesamte Spektrum von Ultraviolett (UV), Infrarot (IR) und sichtbare Wellenlängen hinweg stark reflektierend.

[0059] Der Reflektor **506** kann in jede geeignete geometrische Form geformt sein. Zum Beispiel kann der Reflektor **506** flach, kugelförmig, elliptisch oder parabolisch sein. Die Lichtenergie von der Lampe

**508** kann in der Mitte oder am Brennpunkt des Reflektors **506** fokussiert werden, um in Richtung des Wafers **510** geleitet zu werden. Die von der Lampe **508** abgegebene und von der inneren Oberfläche **514** des Reflektors **506** reflektierte Strahlung trifft auf den Wafer **510** auf, wie einfach und repräsentativ durch die Strahlen **516**, **518** und **520** veranschaulicht, um eine gleichmäßige Temperaturverteilung auf der gesamten Oberfläche des Wafers **510** bereitzustellen, wodurch die aktive Schicht **224** des Wafers erwärmt wird (wie oben unter Bezugnahme auf [Fig. 2D](#) beschrieben).

[0060] Die Temperatur, auf die die aktive Schicht **224** erwärmt wird, ist eine Funktion des Verhältnisses zwischen der an die Lampe **508** angelegten Leistung und der Zeitspanne, während der der Strahlungsenergie ermöglicht wird, auf den Wafer **510** aufzutreffen. Bei einer Ausführungsform kann die Temperatur der aktiven Schicht **224** auf einen Bereich von zwischen etwa 500°C bis etwa 1400°C erhöht werden.

[0061] Um diese Temperaturen zu erreichen, kann der Wafer **510** einem Blitzen der Lampe **508** ausgesetzt werden, wobei die Lampe **508** plötzlich oder im Wesentlichen momentan beispielsweise für eine Zeitspanne zwischen etwa 1 Nanosekunde und etwa 10 Sekunden bei einem Energiepegel von zwischen etwa 0,5 J/cm<sup>2</sup> und etwa 100 J/cm<sup>2</sup> Lichtenergie abgibt.

[0062] Bei einer anderen Ausführungsform kann die Lampenleistung, nachdem der Wafer **510** dem Blitzen der Lampe **508** ausgesetzt worden ist, auf einem zweiten Leistungspegel gehalten werden, zum Beispiel zwischen etwa 1000 W bis etwa 500 kW. Der Wafer **510** kann dem zweiten Leistungspegel für jede Zeitspanne ausgesetzt werden, die notwendig ist, um die Verarbeitung des Wafers **510** abzuschließen. Bei einem Beispiel kann die ununterbrochene Aussetzung von zwischen etwa 0,05 Sekunden und etwa 3600 Sekunden dauern. Die ununterbrochene Aussetzung kann das Volumen des Wafers **510** zusätzlich zu der Erwärmung der aktiven Schicht während des Flash-Glühens erwärmen.

[0063] Der Wafer **510** kann zum Beispiel auf etwa 300°C vorgewärmt werden, so dass die Verarbeitung der aktiven Schicht **224** bei der höheren Temperatur beginnt, wodurch die Verarbeitungszeit verkürzt und Energie gespart wird.

[0064] [Fig. 6](#) ist eine vereinfachte Veranschaulichung einer Reflektorbaugruppe **504**. Der Reflektor **506** kann zu einer Ellipse geformt sein, die zwei Brennpunkte  $F_1$  und  $F_2$  aufweist. Die Lampe **508** kann am Brennpunkt  $F_1$  angeordnet sein, so dass die Energie von der inneren Oberfläche **514** reflektiert wird, wie von Strahl **524** und **525** beispielhaft dargestellt, und am zweiten Brennpunkt  $F_2$  fokussiert wird. Der

Wafer **510** kann am Brennpunkt  $F_2$  angeordnet sein, so dass die Energie verwendet werden kann, um den Wafer **510** zu verarbeiten.

[0065] Hier kann die gesamte Waferoberfläche der Energie ausgesetzt werden, die bei  $F_2$  fokussiert wird, indem der Wafer **510** im Verhältnis zum Brennpunkt  $F_2$  bewegt wird. Zum Beispiel kann das Stellglied **526** dazu verwendet werden, ein herkömmliches Mittel bereitzustellen, um zu verursachen, dass die Reflektorbaugruppe **504** den Wafer **510** abtastet. Das Stellglied **526** kann entweder zur Bewegung des Wafers **510** oder der Reflektorbaugruppe **504** konfiguriert werden, um eine Vor- und Zurück-Abtastbewegung über den Wafer **510** hinweg bereitzustellen, wie durch Pfeil **528** angezeigt.

[0066] Fig. 7 ist eine vereinfachte Veranschaulichung der Reflektorbaugruppe **504**. Bei dieser Ausführungsform ist der Reflektor **506** zu einer Ellipse mit zwei Brennpunkten  $F_1$  und  $F_2$  geformt. Die Lampe **508** ist am Brennpunkt  $F_1$  angeordnet, so dass die Energie von der inneren Oberfläche **514** reflektiert wird und am Brennpunkt  $F_2$  fokussiert wird. Der Wafer **510** ist um einen Abstand  $d_1$  von der Reflektorbaugruppe **504** und/oder um einen Abstand  $d_2$  vom Brennpunkt  $F_2$  zurück versetzt. Die Abstände  $d_1$  und  $d_2$  werden so ausgewählt, dass sich der Wafer **510** vollständig in einem Strahl **533** befindet ist, der vom Brennpunkt  $F_2$  ausgeht. Der Strahl **533**, der von den Strahlen **530** und **532** umrissen wird, bedeckt den gesamten Oberflächenbereich des Wafers **510**, so dass die gesamte Oberfläche des Wafers **510** gleichzeitig im Wesentlichen der gesamten reflektierten Energie von der Lampe **508** ausgesetzt ist, um den Wafer **510** zu verarbeiten.

[0067] Fig. 8 ist eine Veranschaulichung einer Reflektorbaugruppe **504**. Bei dieser Ausführungsform kann die Prozesskammer **502**, einschließlich der Reflektorbaugruppe **504**, extern an einer zweiten Prozesskammer **536** befestigt sein. Die Reflektorbaugruppe **504** kann oberhalb eines optischen Fensters **538** angeordnet sein, das zwischen den Kammern **502** und **536** bereitgestellt ist, um der Strahlungsenergie, die von der Lampe **508** abgegeben wird, zu ermöglichen, in die zweite Prozesskammer **536** einzutreten und auf den Wafer **510** aufzutreffen. Das optische Fenster **538** kann aus jedem Material hergestellt sein, das die Übertragung der Strahlungsenergie ermöglicht, vorzugsweise Quarz. Das Fenster **538** kann eine Dicke von zwischen etwa 1 und etwa 5 mm und einen Durchmesser, der mindestens so groß wie oder größer als der Wafer **510** ist, aufweisen.

[0068] Die zweite Prozesskammer **536** kann beispielsweise unter Verwendung einer Pumpe **540** auf Vakuum gebracht werden. Die zweite Kammer **536** kann ebenfalls durch den Einlass **542** mit einem Gas,

das kein Sauerstoff ist, wie beispielsweise  $N_2$ , gefüllt werden. Während der Verarbeitung des Wafers **510** stellt die Vakuumumgebung bzw. die Umgebung, die kein Sauerstoff ist, sicher, dass die Übertragung der ultravioletten (UV) Wellenlängen von der Lampe **508** den Wafer **510** erreichen kann.

[0069] Fig. 9A–Fig. 9D sind vereinfachte Schaltpläne einer Stromversorgung **600** für eine Lampe **602** gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Wie in Fig. 9A gezeigt, umfasst die Stromversorgung **600** einen Hauptschaltkreis **604** und einen Zündschaltkreis **606**. Bei einer Ausführungsform umfasst der Hauptschaltkreis **604** einen Zündtransformator **608**, an dessen Primärwicklung **610** eine Spannung  $V_1$  angelegt werden kann und dessen Sekundärwicklung **612** die Lampe **602** mit dem erhöhten Wert der Spannung  $V_1$  zündet. Bei dieser Ausführungsform ist ein Kondensator **614** parallel zu einer Reihenschaltung der Primärwicklung **610** und einem steuerbaren Schalter **618** bereitgestellt. Der Kondensator **614** kann jede gewünschte Kapazität, beispielsweise zwischen etwa 10  $\mu F$  und 100 F, aufweisen. Der Schalter **618** kann beispielsweise jeder geeignete manuelle Schalter, jedes geeignete elektromagnetische Relais oder jede geeignete Festkörpervorrichtung sein.

[0070] Bei dieser Ausführungsform kann der Kondensator **614** parallel zu einem Widerstand **616** und einer Diode **620**, die in Reihe mit dem Widerstand **616** bereitgestellt ist, angeschlossen sein. Beim Laden des Kondensators **614** wirkt der Widerstand **616** als Strombegrenzer und/oder Blindlast. Der Kondensator **614** wird aufgeladen, wenn die Versorgungsspannung  $V_1$  an den Knoten  $N_1$  und  $N_2$  aktiviert ist. Die Spannung  $V_1$  kann eine Wechselspannung sein, die über eine Direktleitung oder eine Transformatorausgabe angelegt wird. Die Spannung  $V_1$  kann einstellbar sein und im Bereich von zwischen etwa 200 VAC und 1000 VAC liegen.

[0071] Der Zündschaltkreis **606** stellt die Zündenergie mit Hilfe eines Impulsschalters **622** bereit. Zu diesem Zweck ist der Zündschaltkreis **606** mit der Sekundärwicklung **612** des Zündtransformators **608** versehen. Ein Widerstand **624**, der mit der Diode **626** in Reihe geschaltet ist, ist mit der Sekundärwicklung **612** und dem Impulsschalter **622** in Reihe bereitgestellt. Ein Kondensator **628**, der parallel zu einem Nebenschlusswiderstand **630** angeordnet ist, befindet sich in Reihenschaltung mit der Sekundärwicklung **612**. Der Kondensator **628** kann jede gewünschte Kapazität aufweisen, zum Beispiel zwischen etwa 0,5  $\mu F$  und 100  $\mu F$ . Der Kondensator **628** kann von einer Spannung  $V_2$  geladen werden, die an die Knoten  $N_3$  und  $N_4$  angelegt wird. Die Spannung  $V_2$  kann eine Wechselspannung sein, die über eine Direktleitung oder eine Transformatorausgabe angelegt werden kann. Die Spannung  $V_2$  kann einstellbar sein und im

Bereich von zwischen etwa 500 VAC und 1000 VAC liegen. Alternativ können die Knoten  $N_1$  und  $N_2$  der Einfachheit halber elektrisch mit den Knoten  $N_3$  und  $N_4$  gekoppelt sein, so dass sie dieselbe Stromquelle gemeinsam nutzen.

[0072] [Fig. 9B](#) zeigt eine Ausführungsform des Primärschaltkreises **604** und des Zündschaltkreises **606**, wobei die Schalter **618** und **619** geschlossen sind, um zu ermöglichen, dass die Versorgungsspannung  $V_1$  zwischen den Knoten  $N_1$  und  $N_2$  angelegt wird, um mit dem Laden über den Widerstand **616** des Kondensators **614** zu beginnen. Gleichzeitig wird der Kondensator **628** des Zündschaltkreises **606** über den Widerstand **624** geladen, wobei die Spannung  $V_2$  zwischen den Knoten  $N_3$  und  $N_4$  angelegt wird.

[0073] [Fig. 9C](#) zeigt eine Ausführungsform, bei der, wenn der Kondensator **614** auf eine gewünschte Kapazität geladen wird, der Schalter **618** geöffnet werden kann und der Schalter **619** geöffnet werden kann, wodurch die Wirkung der Versorgungsspannung  $V_1$  auf den Kondensator **614** entfernt wird und einer Spannung  $V_c$  ermöglicht wird, vom Kondensator **614** an die Primärwicklungen **610** angelegt zu werden. Der Impulsschalter **622** kann geschlossen werden, um dem Kondensator **628** zu ermöglichen, sich zu entladen, so dass eine Spannung  $V_i$  an die Sekundärwicklungen **612** angelegt wird. Gemäß dem Übertragungsverhältnis des Zündtransformators **608** erzeugt ein Stromfluss eine erhöhte Spannung in den Primärwicklungen **610**, die groß genug ist, um die Lampe **602** mit Energie zu versorgen.

[0074] Wie in [Fig. 9D](#) gezeigt, kann der Schalter **622**, nachdem die Lampe **602** wie gewünscht mit Strom versorgt worden ist, freigegeben (d.h. geöffnet) werden und der Schalter **619** kann geschlossen werden, um dem Kondensator **614** zu ermöglichen, fortzufahren, sich über die Blindlast zu entladen, die durch den Widerstand **616** angelegt wird. Bei dieser Konfiguration beginnt der Kondensator **628** des Zündschaltkreises **606**, wieder aufgeladen zu werden, sobald der Schalter **622** geöffnet ist. Der Primärschaltkreis **604** kann beim Schließen des Schalters **618** wieder aufgeladen werden.

[0075] [Fig. 10](#) ist eine Ausführungsform eines Stromversorgungskreises **700**, der unter Bezugnahme auf [Fig. 9A–Fig. 9D](#) beschriebenen Prinzipien konfiguriert ist. Diese Ausführungsform veranschaulicht die Vielseitigkeit des Stromversorgungskreises **700**. Wie am besten unter Bezugnahme auf [Fig. 10](#) verständlich, können Kondensatoren **708** von einer Vielzahl von Primärschaltkreisen **706** aufeinander gestapelt werden, um in Verbindung miteinander verwendet zu werden, um die Ladungsspeicherkapazität der Stromversorgung **700** zu erhöhen. Die gestapelten Kondensatoren **708** bil-

den eine erste Baugruppe **709**. Alle Primärschaltkreise **706** können beim Schließen der Schalter oder Relais **707** miteinander verbunden werden. Wenn die Kapazität der Spannung erhöht wird, kann eine Vielzahl von Kondensatorbaugruppen, wie beispielsweise eine zweite Baugruppe **711** und eine dritte Baugruppe **713**, mit Hilfe eines Satzes von Schaltern **714** mit der ersten Baugruppe **709** parallel geschaltet werden. Die Baugruppen **709**, **711** und **713** können zusammen verwendet werden, um die Kapazität und damit den an die Lampe **602** angelegten Strompegel zu variieren.

[0076] [Fig. 10](#) veranschaulicht eine zusätzliche Vielseitigkeit der Stromversorgung **700**. Zum Beispiel kann die Wechselstromquelle **702** so konfiguriert sein, dass sie eine variable Spannung bereitstellt, die zum Beispiel im Bereich zwischen etwa 200 VAC und etwa 1000 VAC liegt. Zudem kann der Widerstand **704** des Primärschaltkreises eine Halogenlampe oder eine ähnliche Vorrichtung sein, die verwendet werden kann, um Wärmeenergie abzugeben und ebenfalls eine visuelle Anzeige bereitzustellen, dass der Kondensator in dem Schaltkreis geladen oder entladen wird.

[0077] [Fig. 11](#) ist eine Ausführungsform eines Stromversorgungskreises **800**, der die unter Bezugnahme auf [Fig. 9A–Fig. 9D](#) beschriebenen Prinzipien mit der zusätzlichen Fähigkeit, eine ununterbrochene Stromversorgung der Lampe **602** zu ermöglichen, verwendet. Dementsprechend kann der Stromversorgungskreis **800** eine Flash-Einwirkung der Strahlungsenergie der Lampe **602** bereitstellen, gefolgt von einer ununterbrochenen Komponente der Einwirkung der Strahlungsenergie der Lampe **602**. Der Stromversorgungskreis **800** umfasst den Stromkreis **802**, wobei die Schalter **804** und **806** in geschlossenem Zustand ermöglichen, dass eine Versorgungswechselspannung  $V_1$  zwischen den Knoten  $N_1$  und  $N_2$  angelegt wird, um mit dem Laden des Kondensators **810** über den Widerstand **808** zu beginnen.

[0078] Gleichzeitig wird der Kondensator **812** des Zündschaltkreises **814** über den Widerstand **816** geladen. Ein Satz Dioden **818** ist bereitgestellt, um die Wechselspannungsversorgung in eine Gleichspannungsversorgung umzuwandeln. Wenn die Kondensatoren **810** und **812** auf gewünschte Kapazitäten geladen sind, wird der Schalter **820** geschlossen, wodurch einer Spannung  $V_2$  ermöglicht wird, vom Kondensator **810** an die Primärwicklungen **822** angelegt zu werden. Der Impulsschalter **824** kann geschlossen werden, um zu ermöglichen, dass sich der Kondensator **812** entlädt, so dass eine Spannung  $V_3$  an die Sekundärwicklungen **826** angelegt wird. Gemäß dem Übersetzungsverhältnis des Zündtransformators **826** erzeugt ein Stromfluss eine erhöhte Spannung in den Primärwicklungen **822**, die groß genug

ist, um die Lampe **602** mit Strom zu versorgen. Wenn der Zündschalter **824** geöffnet wird, bleibt die Spannung  $V_2$  an den Primärwicklungen, um der Lampe **602** zu ermöglichen, mit Strom versorgt zu bleiben und damit eine Strahlungsenergieausgabe zu erzeugen. Auf diese Weise kann die Entladezeit gesteuert werden.

**[0079]** Die vorliegende Erfindung überwindet viele der Nachteile von RTP-Systemen unter Verwendung von Halogenlampen für die Erwärmung. Zum Beispiel erzeugen Halogenlampen des Filament-Typs Breitbandenergie, von der ein großer Anteil nicht verwendet werden kann, um die aktive Schicht des Wafers zu erwärmen. Um die Menge an verwendbaren Wellenlängen bei der Lampe des Filament-Typs zu erhöhen, wird der der Lampe zugeführte Strom erhöht. Leider verschiebt dieser Anstieg des Stroms die Spitzenintensität. Die in der vorliegenden Erfindung verwendete Bogenlampe verschiebt die Spitzenintensität bei einem Anstieg des Stroms nicht und kann daher so beschaffen sein, dass sie bei einer Spitzenintensität arbeitet, die in dem verwendbaren Band von Wellenlängen liegt. Als Folge wird der hinzugefügte Strom an der aktiven Schicht effizienter verbraucht.

**[0080]** Daher ist die Erfindung nur durch die folgenden Ansprüche beschränkt.

### Patentansprüche

1. System zur Schnellwärmeverarbeitung eines Substrats (**108**), wobei das System Folgendes umfasst:

eine Strahlungsenergiequelle (**202**);

**dadurch gekennzeichnet**, dass das System des Weiteren Folgendes umfasst:

eine Reflexionskammer (**212**), die die Strahlungsenergiequelle (**202**) umgibt;

einen Strahlungsauslasskanal (**214**), der dafür konfiguriert ist, Strahlungsenergie darin zu konzentrieren und zu ermöglichen, dass mindestens ein Teil der konzentrierten Strahlungsenergie aus der Reflexionskammer (**212**) entweichen kann und auf eine Oberfläche des Substrats (**108**) auftreffen kann, wobei die Strahlungsenergiequelle (**202**) dafür konfiguriert ist, einer Flash-Behandlung unterzogen zu werden, um eine aktive Schicht (**224**) des Substrats (**108**) zu erwärmen.

2. System nach Anspruch 1, wobei die Strahlungsenergiequelle (**202**) eine Vielzahl von Lampen mit starker Intensität umfasst.

3. System nach Anspruch 1, wobei das Substrat in einer nicht oxydierten Umgebung untergebracht ist.

4. System nach Anspruch 1, wobei die Reflexi-

onskammer (**212**) eine Reflexionsfläche zum Fokussieren von Strahlungsenergie von der Strahlungsenergiequelle (**202**) auf einen ersten Brennpunkt (**203**) umfasst, damit die Strahlungsenergie auf eine Oberfläche eines Substrats (**108**) für eine Dauer von zwischen etwa 1 Nanosekunde und 10 Sekunden auftrifft, um die Temperatur einer aktiven Schicht (**224**) des Substrats (**202**) während der im Wesentlichen momentanen Dauer auf zwischen 500°C und etwa 1400°C zu erhöhen.

5. System nach Anspruch 4, wobei ein Energiefluss, der von dem ersten Brennpunkt (**203**) ausgeht, auf die Oberfläche des Substrats (**108**) auftrifft.

6. System nach Anspruch 4, wobei die Strahlungsenergiequelle (**108**) eine Xe-Lichtbogenlampe umfasst.

7. Verfahren zur Schnellwärmeverarbeitung eines Substrats (**108**), wobei das Verfahren Folgendes umfasst:

Bereitstellen einer Kammer (**216**), die Folgendes umfasst: eine Strahlungsenergiequelle (**202**), eine die Energiequelle (**212**) umgebende Reflexionskammer, und ein Strahlungsauslasskanal (**214**), der so konfiguriert ist, dass er Strahlungsenergie darin konzentriert, wobei der Auslasskanal einen Schlitz (**222**) abgrenzt;

Konzentrieren der Strahlungsenergie durch den Schlitz (**222**); und

Flash-Behandeln der Strahlungsenergiequelle (**202**), damit diese auf eine Oberfläche eines Substrats (**108**) auftrifft, um eine aktive Schicht (**224**) des Substrats zu erwärmen.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei eine Temperatur der aktiven Schicht (**224**) zwischen 500°C und 1400°C liegt.

9. System nach Anspruch 1 oder Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Flash-Behandlung eine Dauer von zwischen 1 Nanosekunde und 10 Sekunden aufweist.

10. System nach Anspruch 1 oder Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Reflexionskammer (**212**) eine innere Fläche umfasst, die mit einem Material beschichtet wurde, das aus der Gruppe genommen wurde, die aus Gold und Silber besteht.

11. System nach Anspruch 1 oder Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Reflexionskammer (**212**) Wellenlängen von weniger als 900 nm reflektiert.

12. Verfahren zur Schnellwärmeverarbeitung eines Substrats (**108**), wobei das Verfahren Folgendes umfasst:

Bereitstellen einer Kammer (**216**), die eine Strahlungsenergiequelle (**202**) umfasst, wobei eine Refle-

xionskammer die Energiequelle (212) umgibt, und ein Strahlungsauslasskanal (214) so konfiguriert ist, dass er Strahlungsenergie darin konzentriert, wobei der Auslasskanal einen Schlitz (222) abgrenzt; Bereitstellen einer Kammer (216), die Folgendes umfasst: eine Strahlungsenergiequelle (202), eine die Energiequelle (212) umgebende Reflexionskammer, und ein Strahlungsauslasskanal (214), der so konfiguriert ist, dass er Strahlungsenergie darin konzentriert, wobei der Auslasskanal einen Schlitz (222) abgrenzt;

Konzentrieren der Strahlungsenergie durch den Schlitz (222);

Erhöhen des Leistungspegels der Strahlungsenergiequelle (202) auf einen Spitzenleistungspegel, um eine aktive Schicht (224) eines Substrats (108) für eine erste im Wesentlichen momentane Zeitdauer einer ersten Strahlungsenergie auszusetzen; und danach

Aufrechterhalten eines zweiten Leistungspegels der Strahlungsenergiequelle (202), der niedriger als der erste Leistungspegel ist, um ein Volumen des Substrats (108) für eine zweite Zeitdauer einer zweiten Strahlungsenergie auszusetzen, wobei die erste Zeitdauer zwischen 1 Nanosekunde und 10 Sekunden und die zweite Zeitdauer zwischen null Sekunden und 3600 Sekunden liegt.

13. System nach Anspruch 1 oder Verfahren nach Anspruch 7 oder 12, wobei die Strahlungsenergiequelle (202) eine Lampe mit starker Intensität umfasst.

14. System nach Anspruch 1 oder Verfahren nach Anspruch 7 oder 12, wobei die Strahlungsenergie eine Energiedichte von zwischen  $0,5 \text{ J/cm}^2$  und  $100 \text{ J/cm}^2$  umfasst.

15. System nach Anspruch 1 oder Verfahren nach Anspruch 7 oder 12, wobei die aktive Schicht (224) einen Teil des Substrats (108) zwischen  $0,05 \mu\text{m}$  und  $1 \text{ mm}$  unterhalb einer Oberfläche des Substrats (108) umfasst.

16. System oder Verfahren nach Anspruch 15, wobei die Lampe mit starker Intensität eine Strömungsröhre (512) umfasst, die ein Kühlfluid enthält.

17. System oder Verfahren nach Anspruch 15, wobei die Lampe mit starker Intensität eine Xe-Lichtbogenlampe umfasst.

Es folgen 13 Blatt Zeichnungen

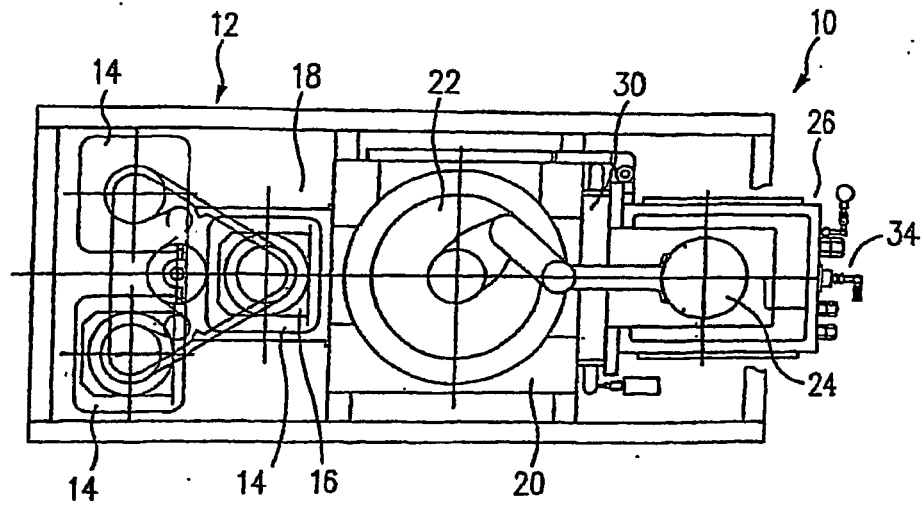


FIG. 1B

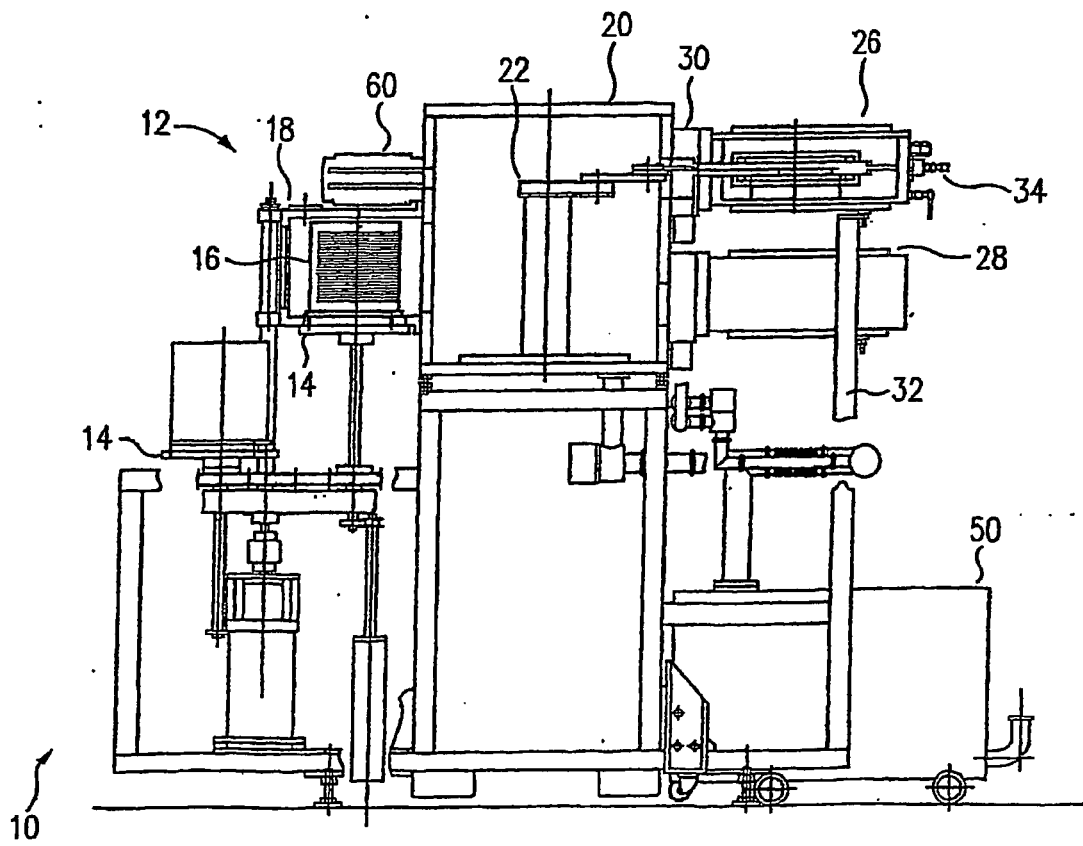


FIG. 1A

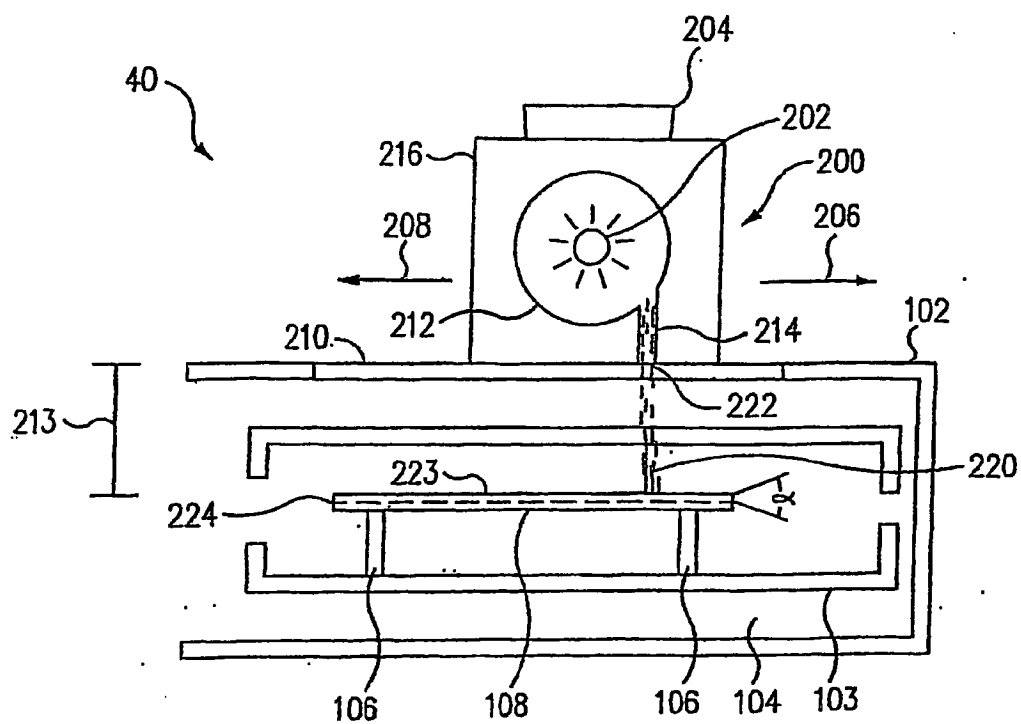


FIG. 2A

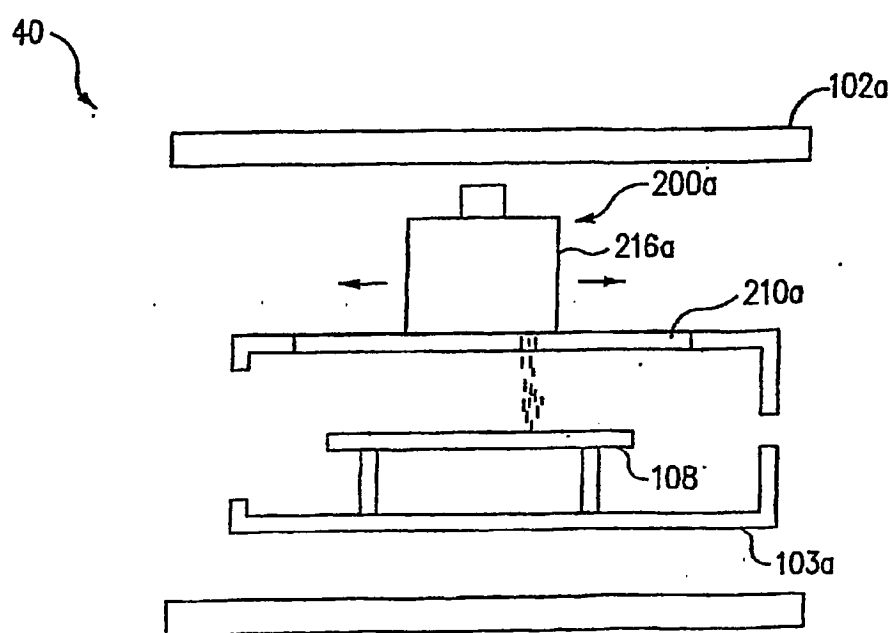


FIG. 2B

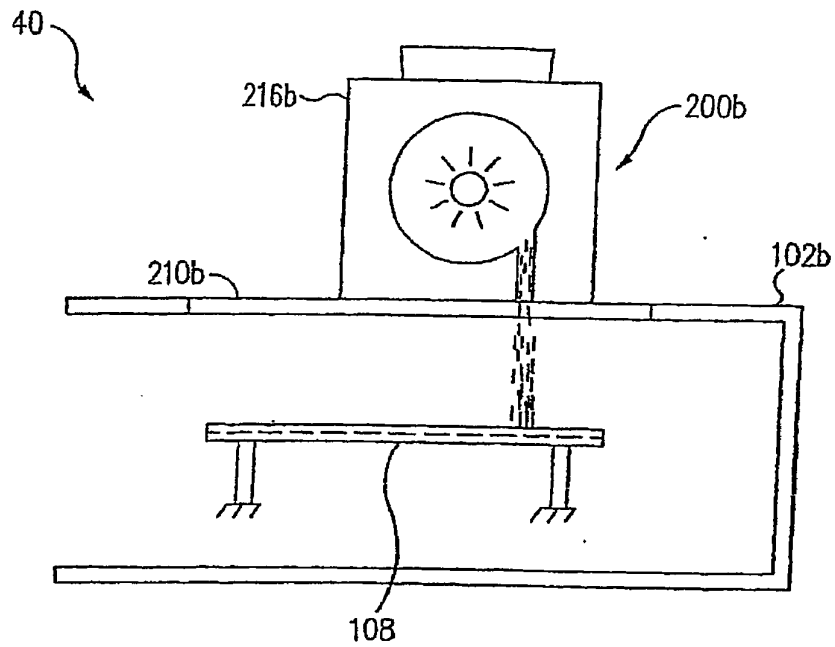


FIG. 2C

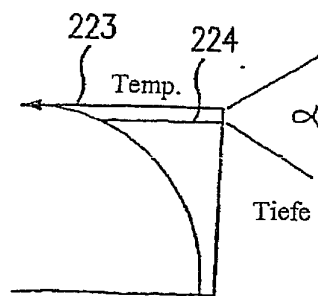


FIG. 2D

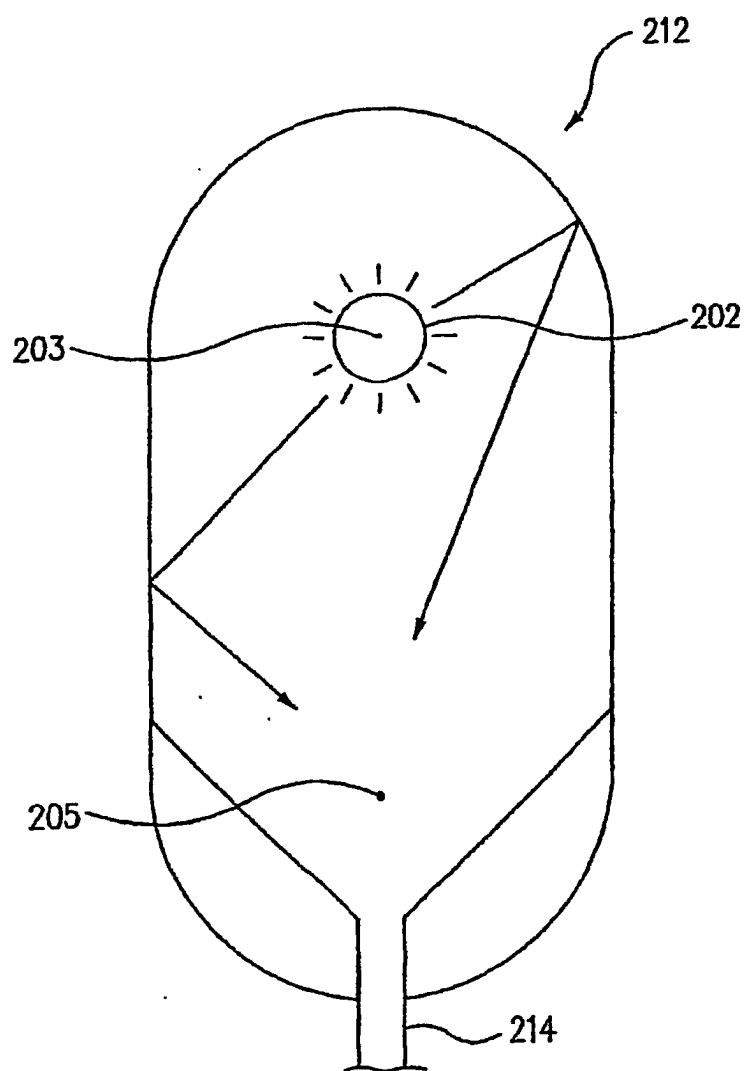


FIG. 3

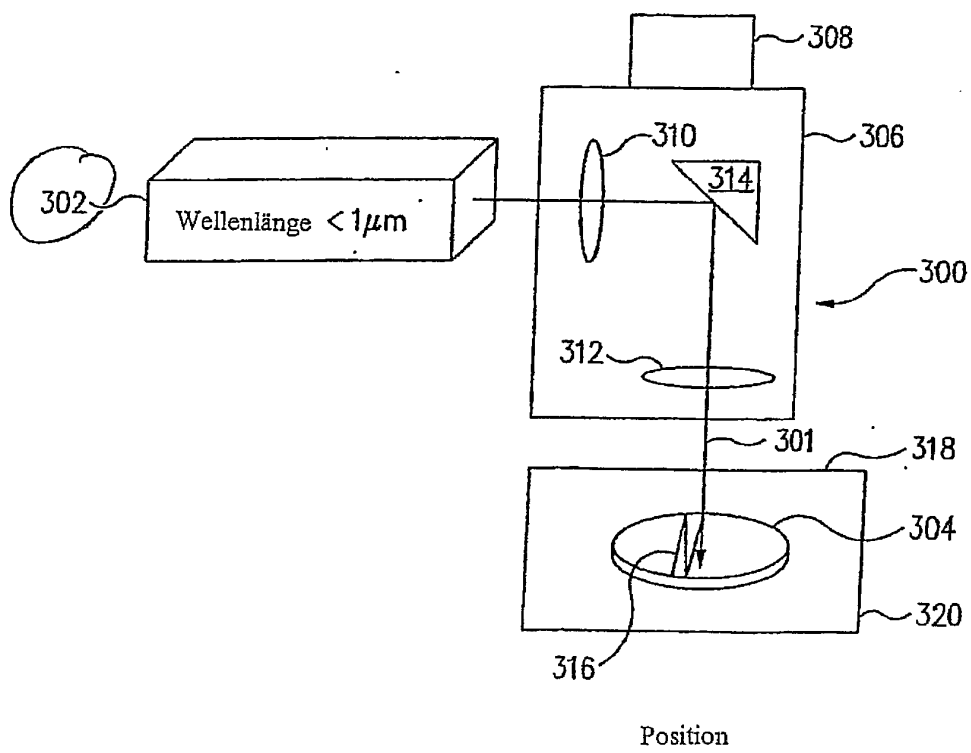


FIG. 4

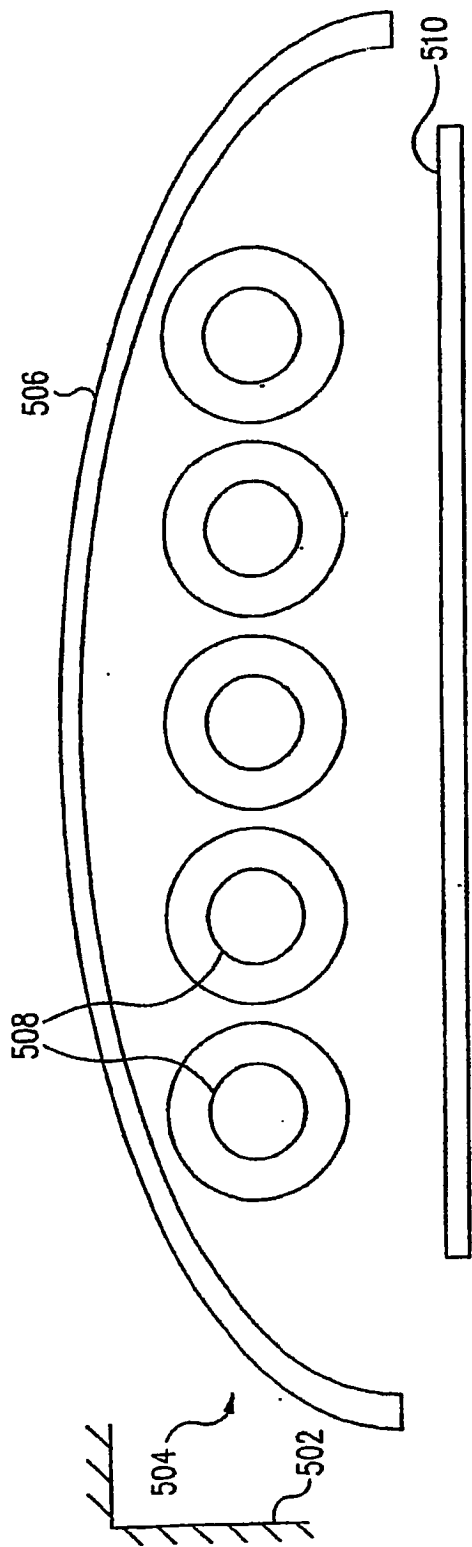


FIG. 5A

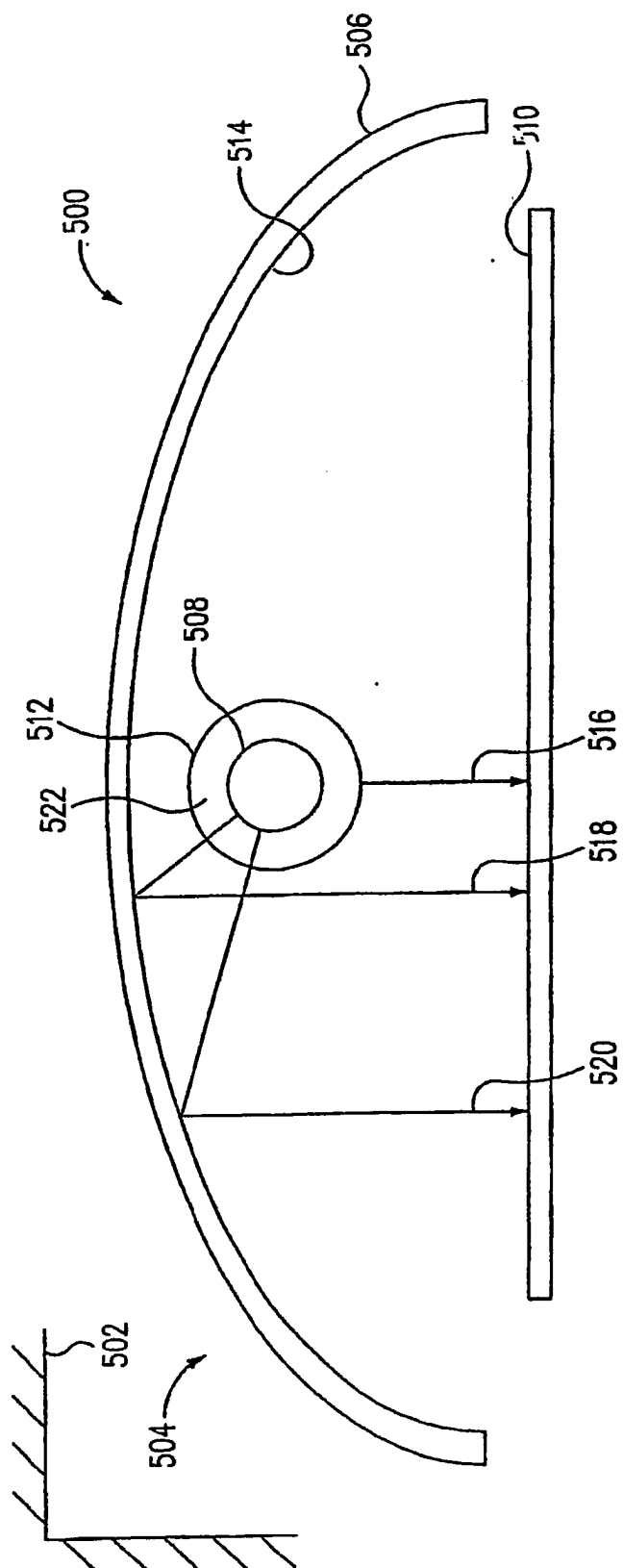


FIG. 5B

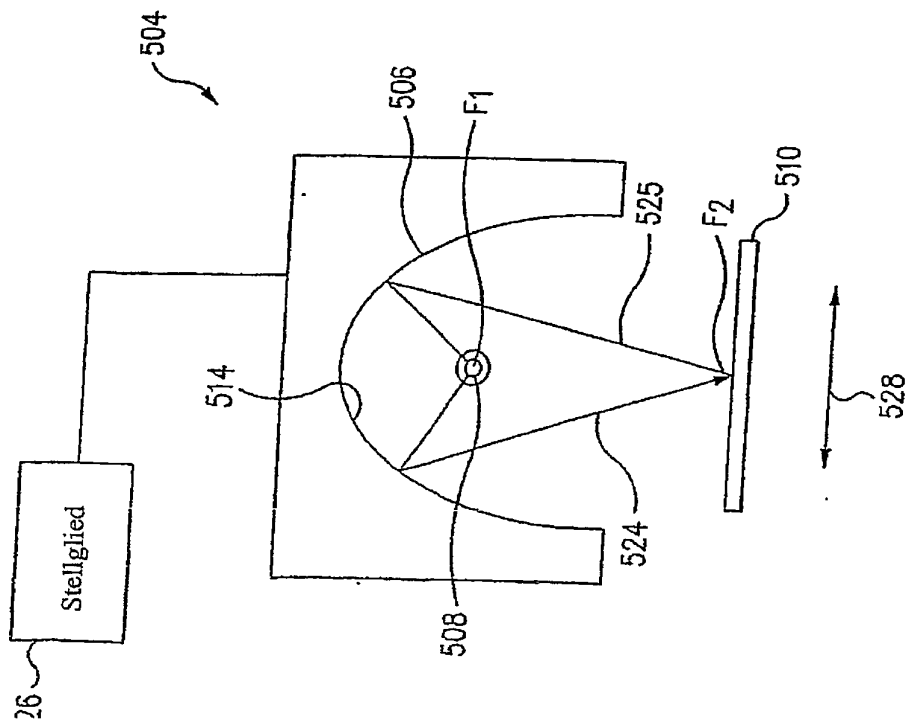


FIG. 6

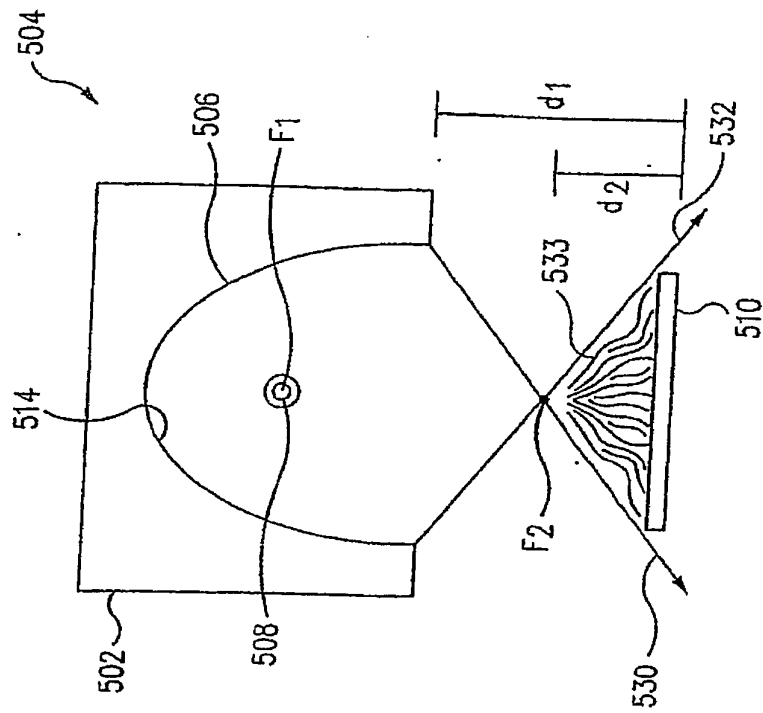


FIG. 7

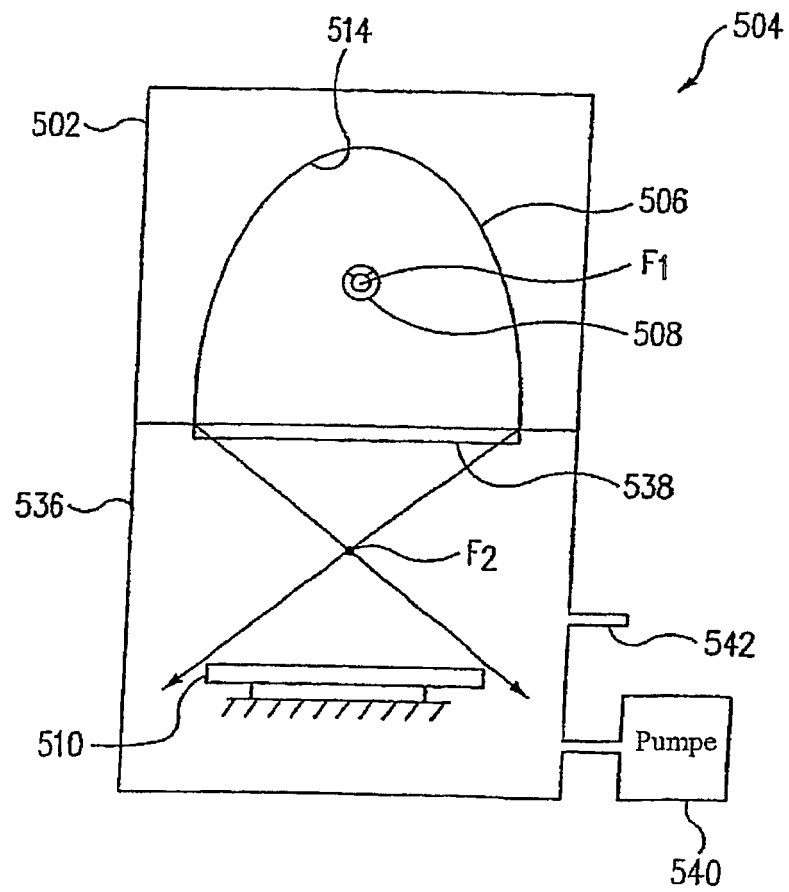


FIG. 8

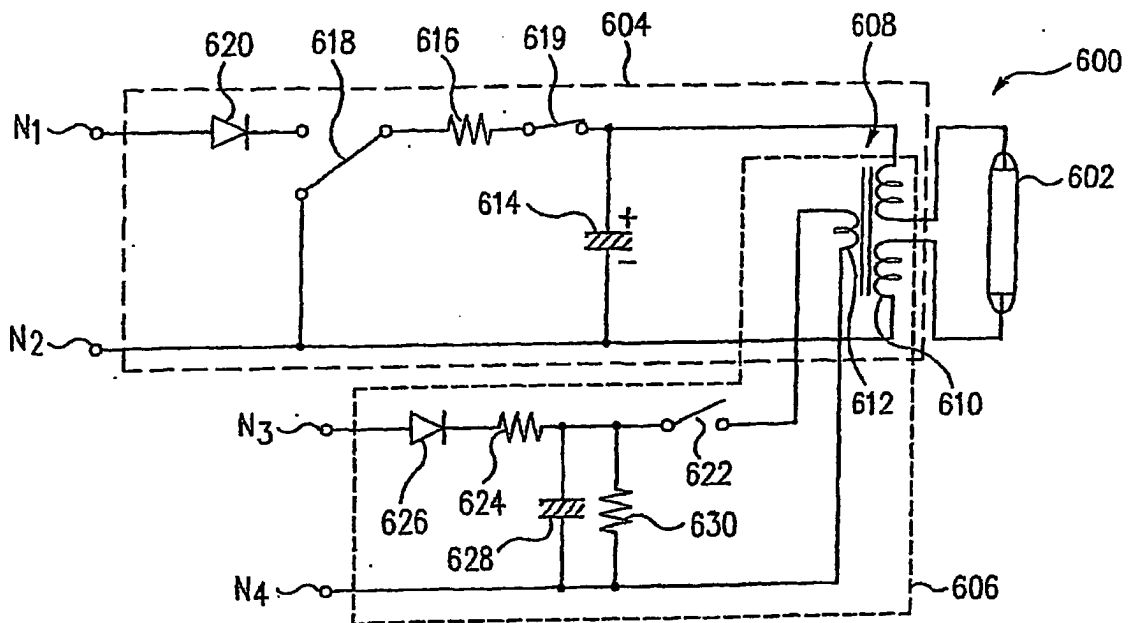


FIG. 9A

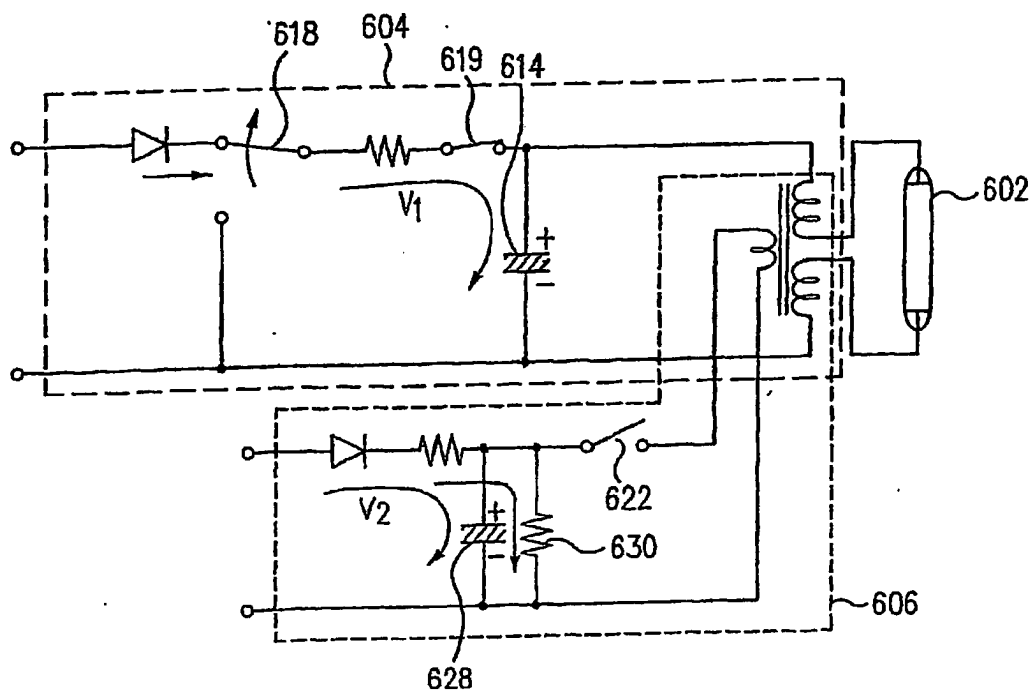


FIG. 9B

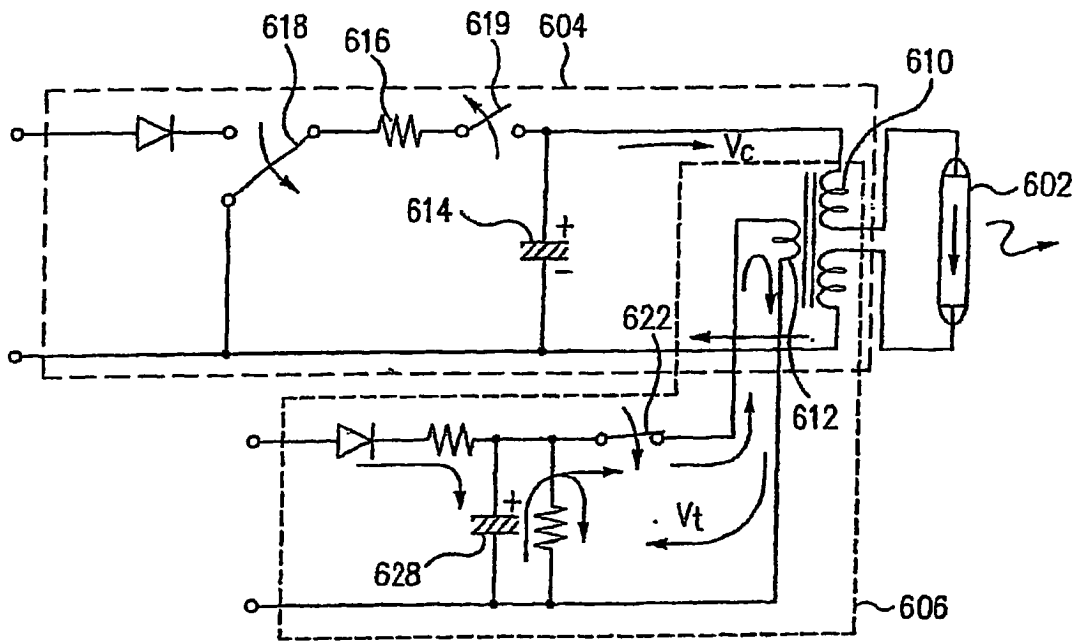


FIG. 9C

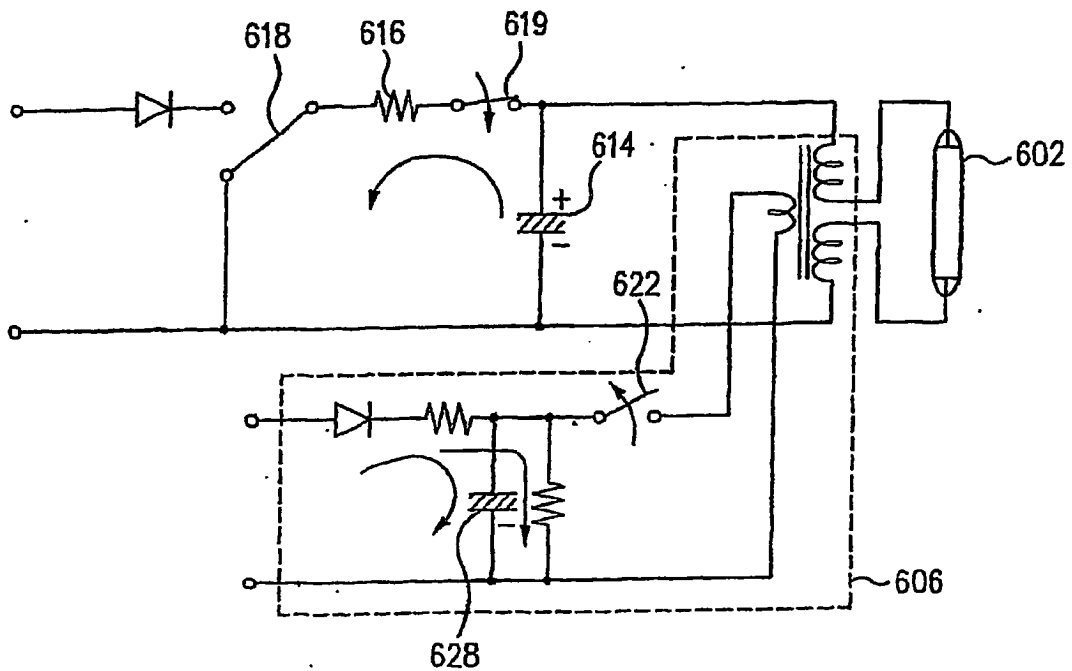


FIG. 9D

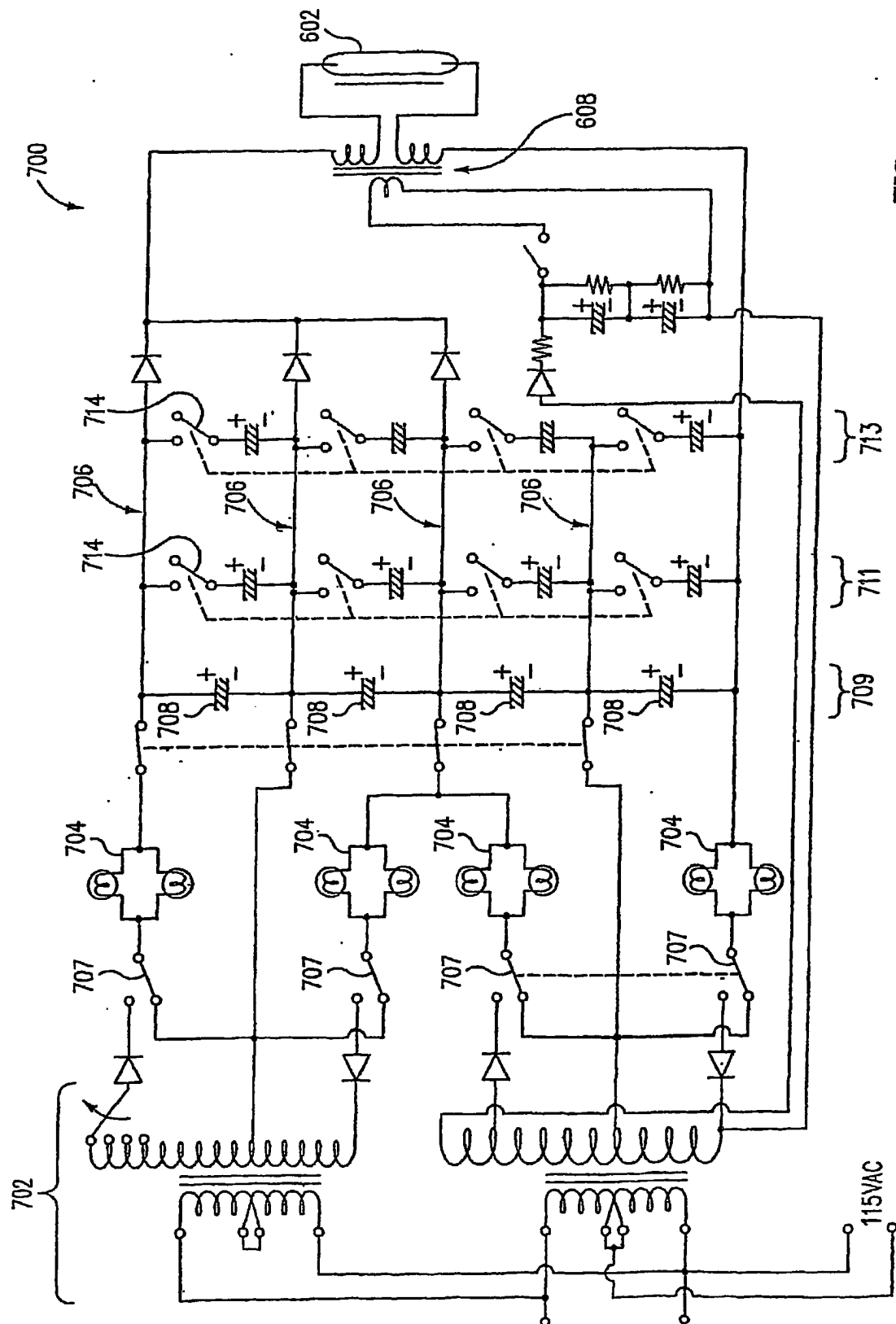


FIG. 10

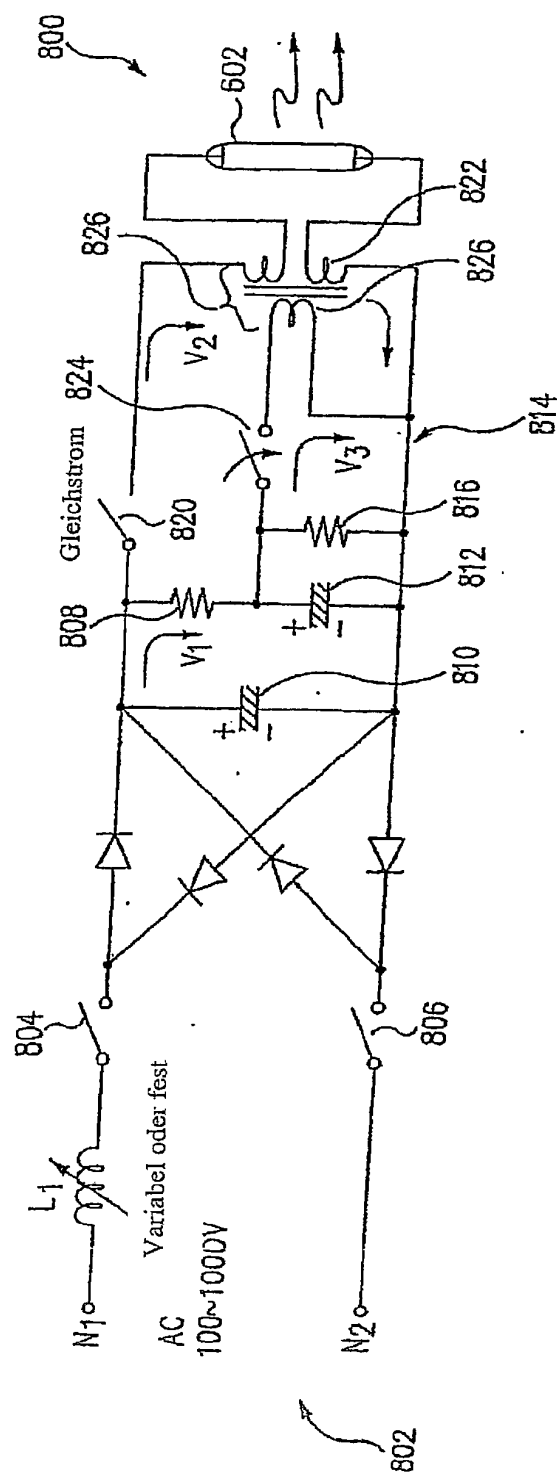


FIG. 11