



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 601 21 098 T2 2007.05.31

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 158 629 B1

(21) Deutsches Aktenzeichen: 601 21 098.0

(96) Europäisches Aktenzeichen: 01 303 730.4

(96) Europäischer Anmeldetag: 24.04.2001

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 28.11.2001

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: 28.06.2006

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 31.05.2007

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: H01S 3/10 (2006.01)

G03F 7/20 (2006.01)

H01S 3/137 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

2000126502 26.04.2000 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, GB, NL

(73) Patentinhaber:

Canon K.K., Tokio/Tokyo, JP

(72) Erfinder:

Nagai, c/o Canon Kabushiki Kaisha, Yoshiyuki,  
Tokyo, JP; Sano, c/o Canon Kabushiki Kaisha,  
Naoto, Tokyo, JP

(74) Vertreter:

TBK-Patent, 80336 München

(54) Bezeichnung: **Lasersteuervorrichtung, Belichtungsapparat und Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung**

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 eingelebt, 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****GEBIET DER ERFINDUNG**

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf eine Laserschwingungsvorrichtung, die fähig ist, die Schwingungswellenlänge von z.B. einem Laserstrahl zu ändern, eine Belichtungsvorrichtung, die diese verwendet, und ein Halbleitervorrichtungsherstellungsverfahren.

**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

**[0002]** Belichtungsvorrichtungen des Typs „step & repeat“ (Stepper) oder des Typs „step & scan“ (Scanner) spielen eine beherrschende Rolle bei dem Herstellungsprozess integrierter Halbleiterschaltungen. Eine derartige Belichtungsvorrichtung belichtet die Oberfläche eines Substrats (hierin nachstehend als Wafer zu bezeichnen), das mit einem Fotolack beschichtet ist, über eine Projektionslinse mit dem Schaltungsmuster einer Maske oder eines Retikels (hierin nachstehend als Retikel zu bezeichnen). In jüngster Zeit nimmt der Integrationsgrad von integrierten Halbleiterschaltungen immer weiter zu. Damit einhergehend haben sich Forderungen nach einer Lichtquelle zum Ausstrahlen von Belichtungslicht mit einer kürzeren Wellenlänge ergeben. Insbesondere erhält ein Edelgashydrid-Excimer-Laser (hierin nachstehend als Excimer-Laser zu bezeichnen) als eine Art von Laserschwingungsvorrichtung viel mehr Aufmerksamkeit als ein Ultraviolet-Hochleistungslaser.

**[0003]** Eine Belichtungsvorrichtung wird im Allgemeinen in einem Reinraum verwendet. Da sich der atmosphärische Druck in dem Reinraum bei Änderungen des Wetters ändert, ändert sich der Brechungsindex von Belichtungslicht und variiert die Bilderzeugungsposition eines Schaltungsmusters. Im Allgemeinen kann ein Excimer-Laser für die Belichtungsvorrichtung die Schwingungswellenlänge innerhalb des Bereichs von ungefähr 300 bis 400 pm ändern. Der Brechungsindex von Belichtungslicht ändert sich abhängig von der Wellenlänge. Aus diesem Grund wird der atmosphärische Druck in der Benutzungsumgebung der Belichtungsvorrichtung zu einem geeigneten Zeitpunkt wie etwa dem Beginn eines Auftrags oder einem Wechsel eines Wafers gemessen, wird eine optimale Schwingungswellenlänge berechnet, die schwingen sollte, um Schwankungen der Bilderzeugungsposition zu beheben, die durch eine Änderung des atmosphärischen Drucks verursacht werden, und wird die Schwingungswellenlänge des Excimer-Lasers um einen gewünschten Betrag geändert. Auf diese Weise kommt die Belichtungsvorrichtung mit einer Änderung des atmosphärischen Drucks in der Benutzungsumgebung der Belichtungsvorrichtung zurecht.

**[0004]** Diese Belichtungsvorrichtung führt eine Belichtung mittels eines Verarbeitungsablaufs wie gemäß [Fig. 12](#) gezeigt durch.

**[0005]** Nach dem Beginn eines Auftrags (Schritt **901**) wird der atmosphärische Druck nahe der Projektionslinse zu einem geeigneten Zeitpunkt wie etwa einem Waferladezeitpunkt gemessen (Schritt **902**). Die Hauptsteuerung der Belichtungsvorrichtung berechnet auf Grundlage des atmosphärischen Drucks eine Schwingungswellenlänge (Sollschwingungswellenlängenwert), die optimal für eine Belichtung ist (Schritt **903**). Der Sollschwingungswellenlängenwert wird an eine Excimer-Laser-Steuerung übertragen (Schritt **904**). Eine Excimer-Laserschwingungsvorrichtung schließt eine Blende, die an einer Excimer-Laser-Ausgangsöffnung angeordnet ist (Schritt **905**). Die Excimer-Laser-Steuerung strahlt einen Test-Excimer-Strahl aus, während ein Impulsstrahl oszilliert wird, und passt die Schwingungswellenlänge innerhalb eines vorbestimmten zulässigen Bereichs durch Verwendung einer Wellenlängenänderungseinrichtung an, während die Schwingungswellenlänge durch Verwendung der internen optischen Messeinheit der Excimer-Laserschwingungsvorrichtung überwacht wird (Schritt **906**).

**[0006]** Die Laserschwingungsvorrichtung überprüft, ob die Schwingungswellenlänge in einen vorbestimmten zulässigen Bereich eines vorbestimmten Sollschwingungswellenlängenwerts fällt (Schritt **907**). Bei NEIN in Schritt **907** wechselt der Excimer-Laser in einen Fehlerzustand und hält die Schwingung an (Schritt **908**). Bei JA in Schritt **907** überträgt die Laserschwingungsvorrichtung ein Wellenlängensperrsignal „EIN“, das dies darstellt, an die Belichtungsvorrichtung, öffnet die Blende (Schritt **909**) und beginnt eine Belichtung im Einklang mit einem Ausstrahlungssignal von der Belichtungsvorrichtung (Schritt **910**). Nach einer Belichtung wird der Wafer entladen (Schritt **911**) und wird bestimmt, ob der nächste Wafer zu belichten ist (Schritt **912**). Bei NEIN in Schritt **912** endet der Auftrag (Schritt **913**); bei JA kehrt der Ablauf zu Schritt **902** zurück.

**[0007]** Beim Stand der Technik muss die Blende bzw. der Schließer jedes Mal geschlossen werden, wenn sich die Schwingungswellenlänge ändert, um einen Testlaserstrahl auszustrahlen, um zu bestätigen, ob die geänderte Schwingungswellenlänge einen Sollwert erreicht. Ein Öffnungs-/Schließbetrieb der Blende und eine Testausstrahlung senken die Produktivität bzw. Leistungsfähigkeit der Belichtungsvorrichtung.

**[0008]** Die EP-0 742 492 offenbart eine Projektionsbelichtungsvorrichtung mit einem Beleuchtungssystem zum Liefern von Beleuchtungslicht, einem optischen Projektionssystem zum Projizieren eines Musters eines ersten Objekts auf ein zweites Objekt unter

Beteiligung des Beleuchtungslichts, wobei das optische Projektionssystem ein optisches Brechungselement aufweist, einem Änderungssystem zum Ändern einer Wellenlänge des Beleuchtungslichts, einem Erfassungssystem zum Erfassen einer Änderung des Drucks und einem Steuersystem zum Steuern des Änderungssystems auf Grundlage einer Ausgabe des Erfassungssystems, um so eine Änderung im Verhältnis von Brechungsvermögen zwischen der Atmosphäre und den optischen Brechungselementen infolge einer Änderung des Drucks zu kompensieren.

**[0009]** Die US-4,905,041 offenbart eine Belichtungsvorrichtung zum Belichten eines zweiten Objekts auf ein Muster eines ersten Objekts durch Verwendung von Licht. Die Vorrichtung umfasst eine Lichtquelle zum Liefern von Licht mit einer vorbestimmten Wellenlänge, zum Belichten des zweiten Objekts auf ein Muster des ersten Objekts, eine Erfassungseinrichtung zum Erfassen einer Änderung der Wellenlänge des Lichts von der Lichtquelle und eine Steuereinrichtung, die in Erwiderung auf ein Signal von der Erfassungseinrichtung betriebsfähig ist, um das zweite Objekt im Wesentlichen unbelichtet auf das Muster des ersten Objekts zu bringen.

#### KURZFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0010]** Die Erfindung wurde in Anbetracht der vorstehenden Situation gemacht und befasst sich damit, eine Belichtungsvorrichtung zum ständigen Belichten eines Wafers mit einem Schaltungsmuster mit einer hohen Genauigkeit bereitzustellen, ohne die Produktivität der Belichtungsvorrichtung zu verringern, wenn eine Laserschwingungsvorrichtung als die Lichtquelle der Belichtungsvorrichtung verwendet wird.

**[0011]** Ein Aspekt der Erfindung stellt eine Laserschwingungsvorrichtung wie gemäß Anspruch 1 dargelegt bereit.

**[0012]** Ein Aspekt der Erfindung stellt eine Belichtungsvorrichtung wie gemäß Anspruch 14 dargelegt bereit.

**[0013]** Ein Aspekt der Erfindung stellt ein Halbleitervorrichtungsherstellungsverfahren wie gemäß Anspruch 16 dargelegt bereit.

**[0014]** Gemäß den Experimenten von den Erfindern ist die Wellenlänge eines Laserstrahls unmittelbar nach dem Beginn einer Laserschwingung oder nach mehreren Dutzend bis mehreren Hundert Impulsen von dem Beginn eines Bündels bei einer Bündelschwingung instabil und driftet, und der Driftbetrag ändert sich abhängig von dem Laserschwingungsverlauf oder der Innenumgebung der Wellenlängenmesseinheit in einer Laserschwingungsvorrichtung.

**[0015]** Bei einem Ausführungsbeispiel umfasst der

Schwingungsverlauf die Wellenlängenänderungsbreite, die verstrichene Zeit nach dem Schwingungsende und das Schwingungstastverhältnis (das Verhältnis von Schwingungszeit zu Leerlaufzeit). Die Innenumgebung der Wellenlängenmesseinheit umfasst den atmosphärischen Druck und die Temperatur.

**[0016]** Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung schließt eine Schwingungsverlaufsspeichereinrichtung zum Speichern des Schwingungsverlaufs eines Laserstrahls und/oder eine Innenwellenlängenmessseinheit-Umgebungsmesseinrichtung zum Messen der Innenumgebung der Wellenlängenmesseinheit ein. Der Driftbetrag der Lasermesseinheit in der Laserschwingungsvorrichtung wird durch Verwendung von zumindest dem Schwingungsverlauf, der in der Schwingungsverlaufsspeichereinrichtung gespeichert ist, und/oder dem Messergebnis der Innenwellenlängenmesseinheit-Umgebungsmesseinrichtung berechnet. Eine Wellenlängenanpassungseinrichtung wird vorzugsweise unter Berücksichtigung des Berechnungsergebnisses angetrieben und gesteuert, um so einen Laserstrahl mit einer Wellenlänge schwingen zu lassen, die in einen vorbestimmten zulässigen Bereich einer Sollwellenlänge fällt.

**[0017]** Es ist schwierig, die Wellenlänge unmittelbar nach dem Schwingungsbeginn auf einen gewünschten Bereich anzupassen, wenn die Laserschwingungsleerlaufzeit lang ist oder der Wellenlängenänderungsbetrag sehr groß ist.

**[0018]** Es kann auch schwierig werden, zu bestimmen, ob die Laserschwingungsvorrichtung einen Laserstrahl normalerweise innerhalb eines gewünschten zulässigen Bereichs oszilliert. Folglich übernimmt die Laserschwingungsvorrichtung bei einem Ausführungsbeispiel eine Wellenlängensperrsignal-Übertragungsfunktion zum Übertragen eines Signals, das zum Bestimmen verwendet wird, ob die Schwingungswellenlänge in einen vorbestimmten zulässigen Bereich fällt. Für den Schwingungswellenlängenänderungsbetrag und/oder die verstrichene Zeit nach dem Schwingungsende wird ein Schwellwert eingestellt. Der Zustand des Wellenlängensperrsignals wird basierend auf dem Schwellwert bestimmt.

**[0019]** Bei einem Ausführungsbeispiel verwendet eine Belichtungsvorrichtung die Laserschwingungsvorrichtung als eine Lichtquelle und beginnt eine Belichtung ohne Ausführung einer Testausstrahlung zum Bestätigen, ob die Wellenlänge in einen vorbestimmten zulässigen Bereich fällt. Ist der Wellenlängenänderungsbetrag sehr groß oder ist die Schwingungsleerlaufzeit sehr lang oder fällt die Wellenlänge aus irgendeinem Grund nicht in den vorbestimmten zulässigen Bereich, gibt die Laserschwingungsvorrichtung ein Wellenlängensperrsignal aus, das zum Bestimmen verwendet wird, ob die Wellenlänge auf

den vorbestimmten Bereich angepasst ist. Die Belichtungsvorrichtung bestimmt basierend auf dem Wellenlängensperrsignal, ob eine Testausstrahlung durch die Gaslaservorrichtung durchzuführen ist. Die Belichtungsvorrichtung kann die Wellenlänge nicht nur nach bzw. irgendwie bei einem Wafer ändern, sondern auch zwischen dem Belichtungsende auf einen bestimmten Belichtungsbereich und dem Belichtungsbereich auf den nächsten Belichtungsbereich.

**[0020]** Damit die Erfindung leichter zu verstehen ist, werden nun Ausführungsbeispiele dieser mit Hilfe eines Beispiels und unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben, bei denen zeigen:

**[0021]** [Fig. 1](#) eine Darstellung, die eine Belichtungsvorrichtung zeigt;

**[0022]** [Fig. 2](#) eine Darstellung, die eine Laserschwingungsvorrichtung zeigt;

**[0023]** [Fig. 3A](#) eine Darstellung, die die experimentellen Ergebnisse einer Schwingungswellenlängenstabilität bei der Laserschwingungsvorrichtung zeigt, wenn die Schwingungsleerlaufzeit geändert wird;

**[0024]** [Fig. 3B](#) eine Darstellung, die die experimentellen Ergebnisse einer Schwingungswellenlängenstabilität bei der Laserschwingungsvorrichtung zeigt, wenn die Schwingungsleerlaufzeit fest ist und das Schwingungstastverhältnis geändert wird;

**[0025]** [Fig. 3C](#) eine Darstellung, die die experimentellen Ergebnisse einer Schwingungswellenlängenstabilität bei der Laserschwingungsvorrichtung zeigt, wenn der Schwingungswellenlängenänderungsbetrag geändert wird;

**[0026]** [Fig. 3D](#) eine Darstellung, die einer Schwingungswellenlängenstabilität bei der Laserschwingungsvorrichtung zeigt;

**[0027]** [Fig. 4](#) ein Diagramm, das ein Beispiel des Wellenlängenfehlerbetrags zu Beginn einer Laserschwingung abhängig von dem Schwingungswellenlängenänderungsbetrag zeigt;

**[0028]** [Fig. 5](#) ein Ablaufdiagramm, das einen Verarbeitungsablauf von dem Beginn bis zu dem Ende eines Auftrags durch die Belichtungsvorrichtung zeigt;

**[0029]** [Fig. 6](#) ein Ablaufdiagramm, das einen Verarbeitungsablauf zeigt, wenn die Schwingungswellenlänge zwischen dem Belichtungsende auf einen vorbestimmten Belichtungsbereich auf einem Wafer und dem Belichtungsbereich auf den nächsten Belichtungsbereich durch die Belichtungsvorrichtung geändert wird;

**[0030]** [Fig. 7](#) eine Darstellung, die das Konzept ei-

nes Halbleitervorrichtungsproduktionssystems unter Verwendung der Belichtungsvorrichtung zeigt, wenn dieses aus einem bestimmten Blickwinkel betrachtet wird;

**[0031]** [Fig. 8](#) eine Darstellung, die das Konzept des Halbleitervorrichtungsproduktionssystems unter Verwendung der Belichtungsvorrichtung zeigt, wenn dieses aus einem anderen Blickwinkel betrachtet wird;

**[0032]** [Fig. 9](#) eine Darstellung, die ein Beispiel einer Benutzerschnittstelle zeigt;

**[0033]** [Fig. 10](#) eine Ablaufdiagramm zur Erläuterung des Verarbeitungsablaufs eines Vorrichtungsherstellungsprozesses;

**[0034]** [Fig. 11](#) ein Ablaufdiagramm zur Erläuterung eines Waferprozesses; und

**[0035]** [Fig. 12](#) ein Ablaufdiagramm, das einen herkömmlichen Ablauf von dem Beginn zu dem Ende eines Auftrags zeigt.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

**[0036]** Unter Bezugnahme auf die zugehörigen Zeichnungen werden nachstehend bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung ausführliche beschrieben.

**[0037]** [Fig. 1](#) zeigt eine Darstellung, die eine Belichtungsvorrichtung zeigt. Gemäß [Fig. 1](#) bezeichnet Bezeichnen **1** einen Hauptkörper einer bekannten Belichtungsvorrichtung vom Typ „step & repeat“ (oder „step & scan“), die im Allgemeinen Stepper (oder Scanner) genannt wird; und **2** bezeichnet eine Laserquelle unter Verwendung eines Excimer-Lasers. Beispiele des Excimer-Lasers sind ein KrF-Excimer-Laser (Wellenlänge: 248 nm) und ein ArF-Excimer-Laser (Wellenlänge: 193 nm).

**[0038]** Der Belichtungsvorrichtung-Hauptkörper **1** ist aufgebaut aus einem optischen Strahlformungssystem **3** zum Formen des Querschnitts eines Laserstrahls, der von der Laserquelle **2** ausgestrahlt wird, in eine gewünschte Form entlang des optischen Pfads bzw. Strahlengangs des sich aus der Laserquelle **2** ausbreitenden Laserstrahls, einem variablen ND-Filter **4** zum Anpassen der Stärke des Laserstrahls, einem optischen Integrator **5** zum Aufspalten des Laserstrahls und zum Überlagern der aufgespaltenen Laserstrahle, um die Beleuchtungsstärke auf der Oberfläche eines Retikels **12** gleichmäßig zu machen, einer Kondensorlinse **6** zum Verdichten der Laserstrahle, die den optischen Integrator **5** durchlaufen haben, einer Strahlauflspaltungseinrichtung **7** zum Lenken von einigen der Laserstrahle von der Kondensorlinse **6** an einen Fotodetektor **8**, einer

Maskierungslamelle bzw. -irisblende **9**, die nahe einer Position eingerichtet ist, an der die Laserstrahlen durch die Kondensorlinse **6** verdichtet sind, und den Bestrahlungsbereich des Laserstrahls auf der Oberfläche des Retikels **12** reguliert, einer Bilderzeugungslinse **10** zum Erzeugen eines Bildes der Maskierungslamelle **9** auf dem Retikel **12** und einem Spiegel **11** zum Ablenken des optischen Pfads des Laserstrahls in Richtung einer Projektionslinse **13**.

**[0039]** Das Retikel **12** wird mit einem Laserstrahl beleuchtet, der durch die Laserquelle **2** ausgestrahlt wurde und ein optisches Beleuchtungssystem einschließlich dieser optischen Elemente durchlaufen hat. Ein Muster auf dem Retikel **12** wird z.B. auf 1/2 bis 1/10 verkleinert und über die Projektionslinse **13**, die als optisches Projektionssystem dient, auf einen einer Vielzahl von Beschussbereichen auf einem Wafer **14**, der als Substrat dient, projiziert (übertragen). Der Wafer **14** wird durch ein (nicht gezeigtes) Bewegungsgestell entlang einer Ebene zweidimensional bewegt, die senkrecht zu der optischen Achse der Projektionslinse **13** ist. Jedes Mal, wenn eine Beleuchtung eines Beleuchtungsbereichs endet, wird der nächste Beleuchtungsbereich an eine Position bewegt, wohin das Muster des Retikels **12** über die Projektionslinse **13** projiziert wird.

**[0040]** Bezugszeichen **15** bezeichnet ein Barometer bzw. einen Luftdruckmesser zum Messen des atmosphärischen Drucks in der Belichtungsvorrichtung in einem vorbestimmten Zeitabstand. Der Messwert wird an eine Hauptsteuerung **16** des Belichtungsvorrichtung-Hauptkörpers **1** übertragen. Die Hauptsteuerung **16** berechnet eine optimale Schwingungswellenlänge eines Laserstrahls (Sollschwingungswellenlängenwert) und überträgt ein Sollschwingungswellenlängenwertsignal zu einer Zeit z.B. zwischen dem Belichtungsende in einem vorbestimmten Belichtungsbereich und dem Belichtungsbeginn in dem nächsten Belichtungsbereich an die Laserquelle **2**. Die Hauptsteuerung **16** überträgt ein Auslösersignal, um die Laserquelle **2** zu veranlassen, Licht auszustrahlen. Zur gleichen Zeit führt die Hauptsteuerung **16** eine fotoelektrische Umwandlungsverarbeitung gemäß der Stärke des Laserstrahls durch, die durch den Fotodetektor **8** erfasst wird, integriert das Ergebnis, um ein Belichtungsbetragsteuersignal zu erhalten, und überträgt das Belichtungsbetragsteuersignal an die Laserquelle **2**. Die Laserquelle **2** steuert ihre internen Einheiten auf Grundlage des Sollschwingungswellenlängenwertsignals, des Auslösersignals und des Belichtungsbetragsteuersignals.

**[0041]** Die Laserquelle **2** überträgt ein Wellenlängensperrsignal an die Hauptsteuerung **16**. Dieses Signal ist EIN, wenn eine aktuelle Schwingungswellenlänge in einen vorbestimmten zulässigen Bereichs eines Sollschwingungswellenlängenwerts fällt, und ansonsten AUS. Ist das Wellenlängensperrsignal EIN,

fällt die Schwingungswellenlänge in den vorbestimmten zulässigen Bereich des Sollwerts, und folglich kann eine Waferbelichtung unverzüglich ohne einen Öffnungs-/Schließbetrieb einer Blende in der Laserquelle **2** oder eine Testausstrahlung beginnen. Ist das Wellenlängensperrsignal AUS, belichtet die Hauptsteuerung **16** den Wafer **14** nicht, schließt die an der Ausgangsöffnung der Laserquelle **2** angeordnete Blende und führt eine Testausstrahlung durch, um zu erreichen, dass die Schwingungswellenlänge in den vorbestimmten zulässigen Bereich fällt. Nachdem die Schwingungswellenlänge in den vorbestimmten zulässigen Bereich fällt, kann die Hauptsteuerung **16** die Blende öffnen, um eine Belichtung erneut zu beginnen.

**[0042]** [Fig. 2](#) zeigt eine Darstellung, die die schematische interne Anordnung einer Excimer-Laserschwingungsvorrichtung zeigt, die als Beispiel der gemäß [Fig. 1](#) gezeigten Laserquelle **2** dient.

**[0043]** Das Sollschwingungswellenlängenwertsignal, das Auslösersignal und das Belichtungsbetragsteuersignal, die von der Hauptsteuerung **16** des Belichtungsvorrichtung-Hauptkörpers **1** übertragen werden, werden von einer Lasersteuerung **201** empfangen. Die Lasersteuerung **201** überträgt ein Hochspannungssignal an eine Hochspannungsenergieversorgung **202** und überträgt das Auslösersignal zu einer Laserausstrahlungszeit an eine Kompressions- bzw. Druckschaltung **203**. Die Lasersteuerung **201** überträgt das Sollschwingungswellenlängenwertsignal an eine Wellenlängensteuerung **204**. Eine Laserkammer **205** enthält Entladungselektroden **205A** und **205B**. Eine Hochspannung von ungefähr 10 bis 30 kV, die an die Kompressions- bzw. Druckschaltung **203** angelegt wird, erzeugt eine Entladung zwischen den Entladungselektroden **205A** und **205B**, um ein in der Laserkammer **205** versiegeltes Lasergas anzuregen, wodurch ein Laserstrahl in Schwingung gebracht wird. Ein (nicht gezeigter) Ausgangsspiegel ist an den Lichtausgangsabschnitt der Laserkammer **205** angebracht. Der durch die Laserkammer **205** in Schwingung gebrachte Laserstrahl tritt über eine Strahlaufspaltungseinrichtung **206** und eine Blende **207** an das gemäß [Fig. 1](#) gezeigte optische Strahlformungssystem **3** aus. Einige Komponenten des Laserstrahls werden durch die Strahlaufspaltungseinrichtung **206** reflektiert und an eine Lichtüberwachungseinheit **208** gelenkt. Die Lasersteuerung **201** öffnet/schließt die Blende **207** gemäß Anweisungen von der Hauptsteuerung **16** in [Fig. 1](#).

**[0044]** Die Lichtüberwachungseinheit **208** überwacht ständig die Impulsenergie und Schwingungswellenlänge des Laserstrahls und bestimmt, ob die gemessene Impulsenergie im Hinblick auf den Sollbelichtungsbetragswert ein gewünschter Wert ist. Ist die Impulsenergie niedriger als der gewünschte Wert, überträgt die Lasersteuerung **201** ein Signal zum Er-

höhen der Anwendungsspannung an den Entladungselektroden **205A** und **205B** an die Hochspannungsenergieversorgungsschaltung **202**, und ist die Impulsenergie größer, ein Signal zum Verringern der Anwendungsspannung. Die Wellenlängensteuerung **204** vergleicht den von der Lasersteuerung **201** übertragenen Sollschwingungswellenlängenwert mit einer von der Lichtüberwachungseinheit **208** gemessenen Schwingungswellenlänge und überprüft, ob die gemessene Schwingungswellenlänge in einen vorbestimmten zulässigen Bereich des Sollschwingungswellenlängenwerts fällt. Fällt die Schwingungswellenlänge in den vorbestimmten zulässigen Bereich, kann eine Waferbelichtung ohne Öffnungs-/Schließbetrieb der Blende **207** oder Testausstrahlung unverzüglich beginnen. Fällt die Schwingungswellenlänge außerhalb des vorbestimmten zulässigen Bereichs, überträgt die Wellenlängensteuerung **204** ein Wellenlängensperrsignal „AUS“ über die Lasersteuerung **201** an die Hauptsteuerung **16** in [Fig. 1](#). Fällt die Schwingungswellenlänge weiterhin außerhalb des Sollwerts, wird die Blende **207** geschlossen und überträgt die Wellenlängensteuerung **204** ein Signal zum Anpassen der Wellenlänge an einen Schrittmotor **212**, damit diese in den vorbestimmten Bereich fällt. Fällt die Schwingungswellenlänge in den vorbestimmten zulässigen Bereich des Sollschwingungswellenlängenwerts, überträgt die Wellenlängensteuerung **204** ein Wellenlängensperrsignal „EIN“ über die Lasersteuerung **201** an die gemäß [Fig. 1](#) gezeigte Hauptsteuerung **16**. Dann wird die Blende **207** geöffnet.

**[0045]** Die Lichtüberwachungseinheit **208** umfasst eine Innenlichtüberwachungseinheit-Umgebungsmeßeinheit **210** wie etwa ein Barometer oder ein Thermometer zum Messen der Innenumgebung der Lichtüberwachungseinheit **208**. Der Brechungsindex eines Laserstrahls oder dergleichen in der Innenumgebung der Lichtüberwachungseinheit **208** kann basierend auf dem Messergebnis berechnet werden. Der Driftbetrag der Lichtüberwachungseinheit **208** kann basierend auf dem Ergebnis berechnet und korrigiert werden, damit immer ein Laserstrahl mit einer stabilen Schwingungswellenlänge ausgegeben wird.

**[0046]** Ein Bandbegrenzungsmodul **211** ist mit dem (nicht gezeigten) Ausgangsspiegel paarweise angeordnet, der an dem Lichtausgangsabschnitt der Laserkammer **205** angebracht ist, wodurch ein Laserresonator gebildet wird. Das Bandbegrenzungsmodul **211** begrenzt die Spektrallinienbreite eines Laserstrahls auf ungefähr 1 pm als volle Breite bei halbem Maximum. Ferner wird der zugeordnete Schrittmotor **212** angesteuert, um ein Wellenlängenauswahlelement wie etwa eine Rasterung bzw. ein Gitter oder ein Etalon anzusteuern bzw. -treiben, die/das in dem Bandbegrenzungsmodul **211** eingebunden ist, und so die Schwingungswellenlänge zu ändern. Zu dieser Zeit wird der Ansteuerbetrag des Wellenlängenaus-

wahlelements basierend auf dem Sollschwingungswellenlängenwert berechnet. Die Wellenlängensteuerung **204** vergleicht den von der Lasersteuerung **201** übertragenen Sollschwingungswellenlängenwert mit einer von der Lichtüberwachungseinheit **208** gemessenen Schwingungswellenlänge und steuert die Schwingungswellenlänge stets, während ein Signal an den Schrittmotor **212** übertragen wird, um zu erreichen, dass die Schwingungswellenlänge des Laserstrahls in einen vorbestimmten zulässigen Bereich fällt. Wird der Sollschwingungswellenlängenwert der Schwingungswellenlänge erneut geändert, steuert die Wellenlängensteuerung **204** den Schrittmotor **212** erneut an, um zu erreichen, dass die Schwingungswellenlänge mit dem geänderten Sollschwingungswellenlängenwert zusammenfällt. Bei einem Ausführungsbeispiel sagt die Wellenlängensteuerung **204** den Driftbetrag der Schwingungswellenlänge eines als nächstes in Schwingung zu bringenden Laserstrahls voraus und berechnet diesen auf Grundlage eines in einem Schwingungsverlaufsspeicher **209** gespeicherten Schwingungsverlaufs und steuert den Schrittmotor **212** auf Grundlage des Rechnungsergebnisses an, um die Schwingungswellenlänge zu ändern.

**[0047]** Die experimentellen Ergebnisse von den Erfindern bezüglich der Schwingungswellenlängenstabilität der Excimer-Laserschwingungsvorrichtung werden nun beschrieben.

**[0048]** [Fig. 3A](#) zeigt Daten, die eine Schwingungswellenlängestabilität für Schwingungsleeraufzeiten  $a$  und  $b$  ( $a < b$ ) zwischen dem Schwingungsende und dem Schwingungsneustart darstellen. Für die längere Schwingungsleeraufzeit  $b$  ist der Fehlerbetrag mit Bezug auf den Sollschwingungswert zwischen Schwingungsneustart nach der Leeraufzeit und Schwingung von mehreren Dutzend Impulsen größer.

**[0049]** [Fig. 3B](#) zeigt Daten, die eine Schwingungswellenlängenstabilität bei Schwingungstastverhältnissen  $c$  und  $d$  ( $c < d$ ) vor einer Leeraufzeit darstellen, wenn die Schwingungsleeraufzeit zwischen dem Schwingungsende und dem Schwingungsneustart konstant ist. Für das größere Schwingungstastverhältnis  $d$  vor der Leeraufzeit ist der Fehlerbetrag mit Bezug auf den Sollschwingungswert zwischen dem Schwingungsneustart nach der Leeraufzeit und einer Schwingung von mehreren Dutzend Impulsen größer.

**[0050]** [Fig. 3C](#) zeigt Daten, die eine Schwingungswellenlängenstabilität bei Schwingungswellenlängenänderungsbeträgen  $e$  und  $f$  ( $e < f$ ) darstellen, wenn eine Schwingung nach dem Schwingungsende neu beginnt. Für den größeren Schwingungswellenlängenänderungsbetrag  $f$  ist der Fehlerbetrag mit Bezug auf den Sollschwingungswert unmittelbar nach

Schwingungsneustart nach der Leerlaufzeit größer.

**[0051]** Auf diese Weise ist eine Schwingungswellenlängenstabilität unmittelbar nach einem Start einer Schwingung eines Laserstrahls instabil. Drifts bzw. Abweichungen eines Wellenlängenfehlers, Chirpen genannt, erfolgen im Einklang mit der Schwingungsleerlaufzeit, dem Schwingungstastverhältnis und dem Schwingungswellenlängenänderungsbetrag mehrere Dutzend bis mehrere Hundert Impulse nach dem Start eines Bündels.

**[0052]** Bei dem Ausführungsbeispiel sagt die Lasersteuerung 201 oder die Wellenlängensteuerung 204 einen Schwingungswellenlängenfehlerbetrag (Driftbetrag), der wie gemäß [Fig. 3A](#), [Fig. 3B](#) und [Fig. 3C](#) gezeigt zu Beginn eines Bündels erzeugt wird, voraus und berechnet diesen, und korrigiert sowie steuert den Schrittmotor 212, um so den Driftbetrag zu beheben und den Laserstrahl immer mit einer gewünschten Schwingungswellenlänge zu oszillieren.

**[0053]** Ein Beispiel einer Vorhersage/Berechnung des Schwingungswellenlängendriftbetrags kann annähernd angegeben werden durch:

$$\Delta\lambda = F(\lambda_{exc.}) + A(1 - \exp(-Bt)) + C + D \quad (1)$$

mit

$\Delta\lambda$ :	Schwingungswellenlängendriftbetrag
$F(\lambda_{exc.})$ :	Wellenlängenbetragfehler abhängig von dem Schwingungswellenlängenänderungsbetrag
A, B:	Koeffizienten (abhängig von dem Schwingungstastverhältnis und der Schwingungswellenlänge)
t:	Schwingungsleerlaufzeit
C:	Chirpen
D:	Driftbetrag der Lichtüberwachungseinheit.

**[0054]** Im Allgemeinen hat  $F(\lambda_{exc.})$  in Gleichung (1) für einen größeren Schwingungswellenlängenänderungsbetrag  $\lambda_{exc.}$  einen größeren Wert, wie es gemäß [Fig. 4](#) gezeigt ist. Ein Chirpen hängt von der internen Ausführung der Laserkammer 205 ab. Während des Herstellungsprozesses einer Laserschwingungsvorrichtung wird der Schwingungswellenlängendriftbetrag experimentell erhalten, und  $F(\lambda_{exc.})$ , A, B und C in Gleichung (1) werden bestimmt und als Parameter in dem Schwingungsverlaufsspeicher 209 gespeichert. Der Brechungsindex eines Laserstrahls in der Innenumgebung der Lichtüberwachungseinheit 208 wird basierend auf dem Messergebnis der Innenlichtüberwachungseinheit-Umgebungsmessseinheit 210 wie etwa einem Barometer oder Thermometer berechnet und der Driftbetrag D der Lichtüberwachungseinheit 208 wird durch Verwendung des Berechnungsergebnisses verwendet. Der Schwin-

gungswellenlängendriftbetrag  $\Delta\lambda$  wird aus Gleichung (1) durch Verwendung dieser Parameter berechnet. Die Wellenlängensteuerung 204 steuert den Schrittmotor 212 so an, dass dafür gesorgt wird, dass die Schwingungswellenlänge von dem Beginn eines Bündels an in einen vorbestimmten zulässigen Bereich fällt, und ändert die Schwingungswellenlänge auf einen Sollschwingungswellenlängenwert.

**[0055]** Sei  $a$  (pm/Impuls) ein Schwingungswellenlängenänderungsbetrag, wenn ein Impuls an den Schrittmotor 212 übertragen wird, kann ein Laserstrahl immer mit einer Wellenlänge oszillieren, die in einen gewünschten zulässigen Bereich fällt, indem  $\Delta\lambda/a$  (Impulse) von der Wellenlängensteuerung 204 an den Schrittmotor 212 übertragen werden, um zu erreichen, dass die Schwingungswellenlänge immer in dem gewünschten zulässigen Bereich fällt. Der Berechnungsschritt des Schwingungswellenlängendriftbetrags  $\Delta\lambda$  kann periodisch durchgeführt werden, wenn während des Betriebs der Belichtungsvorrichtung keine Belichtung erfolgt.

**[0056]** Die Experimente von den Erfindern zeigen, dass der Wellenlängendriftbetrag  $\Delta\lambda$  für eine längere Leerlaufzeit nach dem Schwingungsende größer ist. Ist die Schwingungsleerlaufzeit länger als eine vorbestimmte Zeit, ist es schwierig, die Schwingungswellenlänge eines Laserstrahls unmittelbar nach dem Schwingungsbeginn in einen vorbestimmten zulässigen Bereich zu steuern, und eine gewünschte Belichtungsleistung kann nicht erreicht werden. Um dies zu verhindern, werden in der Lasersteuerung 201 oder der Wellenlängensteuerung 204 für die Werte von  $F(\lambda_{exc.})$  und der Schwingungsleerlaufzeit  $t$  in Gleichung (1) Schwellwerte eingestellt. Ist  $F(\lambda_{exc.})$  oder die Schwingungsleerlaufzeit  $t$  größer als der Schwellwert, wird ein Wellenlängensperrsignal „AUS“ übertragen. Ist  $F(\lambda_{exc.})$  oder  $t$  kleiner als der Schwellwert, wird das Wellenlängensperrsignal auf „EIN“ gehalten und ist ein Belichtungsbetrieb möglich, während die Blende 207 offen gehalten wird.

**[0057]** Für das Wellenlängensperrsignal „AUS“ schließt die Hauptsteuerung 16 der Belichtungsvorrichtung die Blende 207 in der Laserquelle 2. Während ein Testlaserstrahl ausgestrahlt wird, steuert die Lasersteuerung 201 der Laserquelle 2 den Schrittmotor 212 an und passt die Schwingungswellenlänge an, um zu erreichen, dass die Schwingungswellenlänge in einen vorbestimmten zulässigen Bereich fällt. Fällt die Schwingungswellenlänge in den vorbestimmten zulässigen Bereich, überträgt die Lasersteuerung 201 ein Wellenlängensperrsignal „EIN“ an die Hauptsteuerung 16, die die Blende 207 öffnet und einen Laserstrahl nach außerhalb der Laserquelle 2 ausgibt.

**[0058]** [Fig. 3D](#) zeigt eine Darstellung, die einen Zustand zeigt, in dem ein Laserstrahl als Folge einer

Verwendung der vorstehenden Steuerung sogar beim Start eines Bündels bzw. Bursts mit einer gewünschten Schwingungswellenlänge oszillieren kann.

**[0059]** Es wird nun unter Bezugnahme auf [Fig. 5](#) ein Verarbeitungsablauf in der Belichtungsvorrichtung erläutert.

**[0060]** Ein Auftrag der Belichtungsvorrichtung beginnt (Schritt **501**) und das Barometer **15** misst den atmosphärischen Druck zum Zeitpunkt einer Waferbeladung (Schritt **502**). Die Hauptsteuerung **16** berechnet einen Sollschwingungswellenlängenwert (Schritt **503**) und überträgt diesen an die Laserquelle **2** (Schritt **504**). Die Lasersteuerung **201** der Laserquelle **2** berechnet einen Schwingungswellenlängenänderungsbetrag (Schritt **505**), steuert den Schrittmotor **212** ohne Ausstrahlung irgendeines Testlaserstrahls an und passt das Wellenlängenauswahllement wie etwa eine Rasterung bzw. ein Gitter oder ein Etalon in dem Bandbegrenzungsmodul **211** an, um so den Laserstrahl mit einer gewünschten Schwingungswellenlänge zum Schwingen zu bringen (Schritt **506**).

**[0061]** Es wird überprüft, ob der Schwingungswellenlängenänderungsbetrag oder die Laserstrahl-schwingungsleerlaufzeit ihren Schwellwert nicht überschreitet (Schritt **507**). Bei NEIN in Schritt **507** beginnt eine Belichtung unverzüglich ohne Öffnungs-/Schließbetrieb der Blende **207** oder Testausstrahlung.

**[0062]** Bei JA in Schritt **507** wird ein Wellenlängensperrsignal „AUS“ übertragen (Schritt **508**), wird die Blende **207** geschlossen und wird die Schwingungswellenlänge angepasst, um in einen zulässigen Bereich des Sollwerts zu fallen, während ein Testlaserstrahl ausgestrahlt wird (Schritt **509**). Fällt die Schwingungswellenlänge in den zulässigen Bereich, überträgt die Lasersteuerung **201** einen Wellenlängensperrsignal „EIN“ an die Hauptsteuerung **16** der Belichtungsvorrichtung, die die Blende **207** öffnet (Schritt **510**). In Erwiderung auf ein Auslösersignal von der Hauptsteuerung **16** des Belichtungsvorrichtung-Hauptkörpers beginnt eine Belichtung (Schritt **512**).

**[0063]** Fällt die Schwingungswellenlänge in Schritt **509** nicht in den zulässigen Bereich, wechselt die Laserschwingungsvorrichtung in einen Fehlerzustand und hält an (Schritt **511**).

**[0064]** Nachdem eine Waferbelichtung endet und der Wafer entladen wird (Schritt **513**), wird bestimmt, ob anschließend der nächste Wafer zu belichten ist (Schritt **514**). Ist der nächste Wafer zu belichten, kehrt der Ablauf zu Schritt **502** zurück. Bei NEIN in Schritt **514**, endet der Auftrag (Schritt **515**).

**[0065]** Bei diesem Beispiel wird die Schwingungswellenlänge zum Waferladezeitpunkt geändert. Wahlweise kann die Schwingungswellenlänge zwischen dem Ende einer Belichtung auf einen vorbestimmten Belichtungsbereich auf einem Wafer und dem Beginn einer Belichtung auf den nächsten Belichtungsbereich geändert werden. Ein Verarbeitungsablauf zu dieser Zeit wird unter Bezugnahme auf [Fig. 6](#) erläutert.

**[0066]** Es beginnt eine Waferbelichtung (Schritt **601**) und es beginnt eine Belichtung auf einen vorgegebenen Belichtungsbereich (Schritt **602**). Während einer Belichtung überwacht die Wellenlängensteuerung **204** der Laserquelle **2** ständig, ob die Schwingungswellenlängenstabilität oder der -fehler (Differenz zwischen einer aktuellen Schwingungswellenlänge und einem Sollschwingungswellenlängenwert) eines momentan oszillierenden Laserstrahls in einen vorbestimmten zulässigen Bereich fällt (Schritt **603**). Solange die Schwingungswellenlängenstabilität oder der -fehler in den zulässigen Bereich fällt, wird eine Belichtung fortgesetzt (Schritt **604**).

**[0067]** Wird die Schwingungswellenlänge instabil und fällt sie nicht in den vorbestimmten zulässigen Bereich, wird ein Wellenlängensperrsignal „AUS“ übertragen, um eine Belichtung zu unterbrechen (Schritt **605**). Die Blende **207** der Laserquelle **2** wird geschlossen und die Schwingungswellenlänge wird angepasst, damit sie in den zulässigen Bereich fällt, während ein Testlaserstrahl ausgestrahlt wird (Schritt **606**). Fällt die Schwingungswellenlänge in den zulässigen Bereich, wird in Schritt **607** ein Wellenlängensperrsignal „EIN“ übertragen und beginnt erneut eine Belichtung (Schritt **604**). Kann die Wellenlänge nicht angepasst werden, das sie in Schritt **606** in den zulässigen Bereich fällt, wechselt die Laserquelle **2** in einen Fehlerzustand und beendet eine Belichtung (Schritt **608**).

**[0068]** Nachdem eine Belichtung eines bestimmten Belichtungsbereichs abgeschlossen ist (Schritt **609**), bestimmt die Hauptsteuerung **16** der Belichtungsvorrichtung, ob der nächste Belichtungsbereich zu belichten ist (Schritt **610**). Bei JA in Schritt **610** berechnet die Hauptsteuerung **16** aus dem Messergebnis des Barometers **15** in Schritt **612** einen neuen Sollschwingungswellenlängenwert und überträgt diesen an die Laserquelle **2**. Der Ablauf kehrt zu Schritt **602** zurück und eine Belichtung auf den nächsten Belichtungsbereich beginnt ohne eine Ausstrahlung irgendeines Testlaserstrahls. Bei NEIN in Schritt **610** endet eine Waferbelichtung (Schritt **611**) und der Wafer wird entladen.

**[0069]** Auf diese Weise wird die Schwingungswellenlänge eines Laserstrahls zwischen dem Ende einer Belichtung auf einen vorbestimmten Belichtungsbereich auf einem Wafer und dem Beginn einer Be-

lichtung auf den nächsten Belichtungsbereich geändert. Dies kann das Problem lösen, dass aufgrund einer Erhöhung der Belichtungszeit pro Wafer zusammen mit einem momentanen Trend einer Erhöhung des Waferdurchmessers nicht alle Belichtungsbereiche auf einem Wafer mit einer optimalen Schwingungswellenlänge belichtet werden können.

(Beispiel eines Halbleiterproduktionssystems)

**[0070]** Ein Produktionssystem für eine Halbleitervorrichtung (Halbleiterchip wie etwa ein IC oder LSI, Flüssigkristallfeld, CCD, Dünnenschichtmagnetkopf, Mikromaschine bzw. -gerät oder dergleichen) unter Verwendung der Belichtungsvorrichtung wird exemplarisch dargestellt. Eine Störungsbehebung bzw. -hilfe oder eine periodische Wartung einer Herstellungsvorrichtung, die in einer Halbleiterherstellungsfabrik installiert ist, oder ein Wartungsdienst wie etwa eine Softwareverteilung wird durch Verwendung eines Computernetzwerks außerhalb der Herstellungsfabrik durchgeführt.

**[0071]** [Fig. 7](#) zeigt das Gesamtsystem, das aus einem bestimmten Blickwinkel herausgeschnitten ist. Gemäß [Fig. 7](#) bezeichnet Bezugszeichen **101** einen Geschäftsraum eines Anbieters bzw. Lieferanten (Vorrichtungslieferungshersteller), der eine Halbleitervorrichtungsherstellungsvorrichtung bereitstellt. Angenommene Beispiele der Herstellungsvorrichtung sind Halbleiterherstellungsvorrichtungen für verschiedene Prozesse, die in einer Halbleiterherstellungsfabrik verwendet werden, wie etwa Vorverarbeitungsvorrichtungen (Lithographievorrichtung einschließlich einer Belichtungsvorrichtung, einer Fotolackverarbeitungsvorrichtung und einer Ätzvorrichtung, Härtungsvorrichtung, Schichtbildungsvorrichtung, Planarisierungsvorrichtung und dergleichen) und Nachverarbeitungsvorrichtungen (Bestückungsvorrichtung, Inspektionsvorrichtung und dergleichen). Der Geschäftsraum **101** umfasst ein Hostverwaltungssystem **108** zum Bereitstellen einer Wartungsdatenbank für die Herstellungsvorrichtung, eine Vielzahl von Bedienterminalcomputern **110** und ein LAN ("Local Area Network": lokales Netz) **109**, das das Hostverwaltungssystem **108** und die Computer **110** verbindet, um ein Intranet zu bilden. Das Hostverwaltungssystem **108** hat eine Schnittstelle bzw. einen Gateway zum Verbinden des LAN **109** mit dem Internet **105** als ein externes Netzwerk des Geschäftsraums, sowie eine Sicherheitsfunktion zum Beschränken externer Zugriffe.

**[0072]** Bezugzeichen **102** bis **104** bezeichnen Herstellungsfabriken des Halbleiterherstellers als Benutzer von Herstellungsvorrichtungen. Die Herstellungsfabriken **102** bis **104** können zu unterschiedlichen Herstellern oder zu dem gleichen Hersteller gehören (Vorverarbeitungsfabrik, Nachverarbeitungsfabrik und dergleichen). Jede der Fabriken **102** bis **104** ist

mit einer Vielzahl von Herstellungsvorrichtungen **106**, einem LAN ("Local Area Network": lokales Netz) **111**, das diese Vorrichtungen **106** zur Bildung eines Intranets verbindet, und einem Hostverwaltungssystem **107** ausgestattet, dass als eine Überwachungsvorrichtung zur Überwachung des Betriebszustands von jeder Herstellungsvorrichtung **106** dient. Das Hostverwaltungssystem **107** in jeder der Fabriken **102** bis **104** hat eine Schnittstelle bzw. einen Gateway zum Verbinden des LAN **111** in der Fabrik mit dem Internet **105** als ein externes Netzwerk der Fabrik.

**[0073]** Jede Fabrik kann von dem LAN **111** aus über das Internet **105** auf das Hostverwaltungssystem **108** des Anbieters bzw. Lieferanten **101** zugreifen. Die Sicherheitsfunktion des Hostverwaltungssystems **108** autorisiert nur einen Zugriff von eingeschränkten Benutzern. Genauer gesagt benachrichtigt die Firma den Anbieter bzw. Lieferanten über das Internet **105** bezüglich Zustandsinformationen (z.B. das Symptom einer in Schwierigkeiten befindlichen Herstellungsvorrichtung), die den Betriebszustand jeder Herstellungsvorrichtung **106** darstellen, und empfängt Antwortinformationen (z.B. Informationen, die eine Lösung der Schwierigkeiten bezeichnen oder Lösungssoftware oder -daten), die der Benachrichtigung entsprechen, oder Wartungsinformationen wie etwa die neueste Software oder Hilfeinformationen.

**[0074]** Eine Datenkommunikation zwischen den Fabriken **102** bis **104** und dem Anbieter bzw. Lieferanten **101** sowie eine Datenkommunikation über das LAN **111** in jeder Fabrik setzt ein Kommunikationsprotokoll (TCP/IP) ein, das im Allgemeinen im Internet verwendet wird. Anstelle einer Verwendung des Internets als ein externes Netzwerk der Fabrik kann ein dediziertes bzw. zweckbestimmtes Netzwerk (z.B. ISDN) mit hoher Sicherheit eingesetzt werden, das einen Zugriff eines Dritten verhindert. Auch kann der Benutzer zusätzlich zu der von dem Anbieter bzw. Lieferanten bereitgestellten Datenbank eine Datenbank aufbauen und die Datenbank auf ein externes Netzwerk einstellen und kann das Hostverwaltungssystem einen Zugriff auf die Datenbank von einer Vielzahl von Benutzerfabriken autorisieren.

**[0075]** [Fig. 8](#) zeigt eine Darstellung, die das Konzept des Gesamtsystems zeigt, das gegenüber [Fig. 7](#) aus einem anderen Blickwinkel herausgeschnitten ist. Bei dem vorstehenden Beispiel ist eine Vielzahl von Benutzerfabriken mit Herstellungsvorrichtungen und dem Verwaltungssystem des Herstellungsvorrichtungsanbieters über ein externes Netzwerk verbunden und wird eine Produktionsverwaltung jeder Fabrik oder eine Information über zumindest eine Herstellungsvorrichtung über das externe Netzwerk kommuniziert. Bei dem Beispiel gemäß [Fig. 8](#) ist eine Fabrik mit Herstellungsvorrichtungen einer Vielzahl von Anbietern über das externe Netzwerk der Firma mit den Verwaltungssystemen der

Anbieter für diese Herstellungsvorrichtungen verbunden und werden Wartungsinformationen jeder Herstellungsvorrichtung kommuniziert.

**[0076]** Gemäß [Fig. 8](#) bezeichnet ein Bezugszeichen **301** eine Herstellungsfabrik eines Herstellungsvorrichtungsbenutzers (Halbleitervorrichtungshersteller), bei der Herstellungsvorrichtungen für verschiedene Prozesse, z.B. eine Belichtungsvorrichtung **302**, eine Fotolackverarbeitungsvorrichtung **303** und eine Schichtbildungsvorrichtung **304**, in der Fertigungsline der Fabrik installiert sind. [Fig. 8](#) zeigt nur eine Herstellungsfabrik **301**, aber in der Praxis ist eine Vielzahl von Fabriken vernetzt. Die jeweiligen Vorrichtungen in der Fabrik sind mit einem LAN **306** zur Bildung eines Intranets verbunden und ein Hostverwaltungssystem **305** verwaltet den Betrieb der Fertigungsline.

**[0077]** Die Geschäftsräume von Anbietern bzw. Lieferanten (Vorrichtungslieferungshersteller) wie etwa eines Belichtungsvorrichtungsherstellers **310**, eines Fotolackverarbeitungsvorrichtungsherstellers **320** und eines Schichtbildungsvorrichtungsherstellers **330** weisen Hostverwaltungssysteme **311**, **321** und **331** zum Ausführen einer Fernwartung für die gelieferten Vorrichtungen auf. Jedes Hostverwaltungssystem hat eine Wartungsdatenbank und eine Schnittstelle bzw. einen Gateway für ein externes Netzwerk, wie es vorstehend beschrieben ist. Das Hostverwaltungssystem **305** zum Verwalten der Vorrichtungen in der Herstellungsfabrik des Benutzers und die Verwaltungssysteme **311**, **321**, **331** der Anbieter bzw. Lieferanten für die jeweiligen Vorrichtungen sind über das Internet oder ein dediziertes Netzwerk, das als externes Netzwerk **300** dient, verbunden. Treten in irgendeiner einer Aufeinanderfolge von Herstellungsvorrichtungen entlang der Fertigungsline in diesem System Schwierigkeiten auf, wird der Betrieb der Fertigungsline angehalten. Diese Schwierigkeiten können durch eine Fernwartung von dem Anbieter bzw. Lieferanten der in Schwierigkeiten befindlichen Vorrichtung über das Internet **300** schnell gelöst werden. Dies kann den Stillstand der Fertigungsline minimieren.

**[0078]** Jede Herstellungsvorrichtung in der Halbleiterherstellungsfabrik umfasst eine Anzeige, eine Netzwerkschnittstelle und einen Computer zum Ausführen von Netzwerkzugangssoftware und Vorrichtungsbetriebsssoftware, die in einer Speichereinrichtung gespeichert sind.

**[0079]** Die Speichereinrichtung ist ein eingebauter Speicher, eine Festplatte oder ein Netzwerkdateiserver. Die Netzzugangssoftware umfasst einen zweckbestimmten oder universellen Webbrowser und stellt eine Benutzerschnittstelle mit einem Fenster wie gemäß [Fig. 9](#) gezeigt auf der Anzeige bereit. Bei Bezugnahme auf dieses Fenster gibt der Bediener, der

Herstellungsvorrichtungen in jeder Fabrik verwaltet, in Eingabeelemente auf den Fenstern Informationen ein, wie etwa den Typ von Herstellungsvorrichtung **401**, die Seriennummer **402**, den Störungsbetreff **403**, das Austrittsdatum **404**, den Dringlichkeitsgrad **405**, das Symptom **406**, die Lösung bzw. Abhilfe **407** und den Fortschritt **408**.

**[0080]** Die eingegebenen Informationen werden über das Internet an die Wartungsdatenbank übertragen und geeignete Wartungsinformationen werden von der Wartungsdatenbank zurückgesendet und auf der Anzeige angezeigt. Die durch den Webbrowser bereitgestellte Benutzerschnittstelle realisiert Hyperlinkfunktionen **410** bis **412**, wie gemäß [Fig. 9](#) gezeigt. Dies ermöglicht dem Bediener, auf detaillierte Informationen jedes Elements zuzugreifen, die für eine Herstellungsvorrichtung zu verwendende Software neuester Version von einer von einem Anbieter bzw. Lieferanten bereitgestellten Softwarebibliothek zu empfangen und eine Bedienungsanleitung (Hilfeinformationen) als eine Referenz für den Bediener in der Fabrik zu empfangen.

**[0081]** Es wird nun ein Halbleitervorrichtungsherstellungsprozess unter Verwendung des vorstehend beschriebenen Produktionssystems erläutert. [Fig. 10](#) zeigt den Ablauf des gesamten Herstellungsprozesses der Halbleitervorrichtung. In Schritt **1** (Schaltungsentwurf) wird eine Halbleitervorrichtungsschaltung entworfen. In Schritt **2** (Maskenbildung) wird eine Maske mit dem entworfenen Schaltungsmuster gebildet. In Schritt **3** (Waferherstellung) wird ein Wafer durch Verwendung eines Materials wie etwa Silizium hergestellt. In Schritt **4** (Waferprozess), der Vorverarbeitung genannt wird, wird auf dem Wafer durch Lithographie unter Verwendung einer vorbereiteten Maske und des Wafers eine eigentliche Schaltung gebildet. Schritt **5** (Montage), der Nachverarbeitung genannt wird, ist der Schritt zum Bilden eines Halbleiterchips durch Verwendung des in Schritt **4** hergestellten Wafers und umfasst einen Montageprozess (Trennen und Verbinden) und einen Verpackungsprozess (Chipverkapselung). In Schritt **6** (Inspektion) werden Inspektionen bzw. Kontrollen wie etwa der Betriebsbestätigungstest und der Haltbarkeitstest der in Schritt **5** hergestellten Halbleitervorrichtung durchgeführt. Nach diesen Schritten ist die Halbleitervorrichtung fertig und wird versendet (Schritt **7**). Zum Beispiel werden die Vorverarbeitung und die Nachverarbeitung in getrennten zweckbestimmten Fabriken durchgeführt und wird eine Wartung für jede der Fabriken durch das vorstehend beschriebene Fernwartungssystem getätig. Informationen für eine Produktionsverwaltung und eine Vorrichtungswartung werden zwischen der Vorverarbeitungsfabrik und der Nachverarbeitungsfabrik über das Internet oder ein dediziertes Netzwerk kommuniziert.

**[0082]** [Fig. 11](#) zeigt den ausführlichen Ablauf des

Waferprozesses. In Schritt **11** (Oxidation) wird die Waferoberfläche oxidiert. In Schritt **12** (CVD) wird eine Isolationsschicht auf der Waferoberfläche gebildet. In Schritt **13** (Elektrodenbildung) wird auf dem Wafer durch Bedampfen eine Elektrode gebildet. In Schritt **14** (Ionenimplantation) werden Ionen in dem Wafer implantiert.

**[0083]** In Schritt **15** (Fotolackverarbeitung) wird ein lichtempfindliches Mittel auf dem Wafer aufgebracht. In Schritt **16** (Belichtung) belichtet die vorstehend erwähnte Belichtungsvorrichtung den Wafer mit dem Schaltungsmuster einer Maske. In Schritt **17** (Entwicklung) wird der belichtete Wafer entwickelt. In Schritt **18** (Ätzen) wird der Fotolack mit Ausnahme des entwickelten Fotolackbilds geätzt. In Schritt **19** (Fotolackbeseitigung) wird nach dem Ätzen unnötiger Fotolack entfernt. Diese Schritte werden wiederholt, um mehrere Schaltungsmuster auf dem Wafer zu bilden. Eine in jedem Schritt verwendete Herstellungsvorrichtung wird einer Wartung durch das Fernwartungssystem unterzogen, das Schwierigkeiten im Voraus verhindert. Selbst wenn eine Schwierigkeit bzw. Störung auftritt, kann die Herstellungsvorrichtung schnell wieder in Betrieb gesetzt werden. Die Produktivität der Halbleitervorrichtung kann im Vergleich mit dem Stand der Technik erhöht werden.

**[0084]** Wie vorstehend beschrieben wurde, kann ein Wafer mit hoher Genauigkeit mit einem Schaltungsmuster belichtet werden, ohne die Produktivität einer Belichtungsvorrichtung zu verringern, die eine Laserschwingungsvorrichtung als Lichtquelle verwendet.

### Patentansprüche

1. Laserschwingungsvorrichtung (**2**) zum Erzeugen eines Laserstrahls, mit:  
einem Wellenlängenauswahlelement (**211**);  
einer Wellenlängenänderungseinrichtung (**204**) zum Berechnen eines Ansteuerbetrags des Wellenlängenauswahlelements (**211**) auf Grundlage eines Sollschwingungswellenlängenwerts und Ansteuern des Wellenlängenauswahlelements (**211**) auf Grundlage des berechneten Ansteuerbetrags des Wellenlängenauswahlelements (**211**), um die Schwingungswellenlänge des Laserstrahls auf den Sollwert zu ändern,  
gekennzeichnet durch:  
eine Schwingungsverlaufsspeichereinrichtung (**209**) zum Speichern eines Schwingungszustands des Laserstrahls als einen Schwingungsverlauf, wobei die Wellenlängenänderungseinrichtung (**204**) betriebsfähig ist zum Berechnen eines Ansteuerbetrags des Wellenlängenauswahlelements (**211**) auf Grundlage des Schwingungsverlaufs.

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die Schwingungsverlaufsspeichereinrichtung (**209**) be-

triebsfähig ist zum Speichern eines Schwingungsverlaufs einschließlich von zumindest einem Schwingungswellenlängenänderungsbetrag des Laserstrahls, einer Schwingungsleerlaufzeit des Laserstrahls oder einem Schwingungstastverhältnis.

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 2, bei der die Schwingungsverlaufsspeichereinrichtung (**209**) betriebsfähig ist zum Speichern von Schwellwerten für den Schwingungswellenlängenänderungsbetrag des Laserstrahls und die Schwingungsleerlaufzeit des Laserstrahls und die Wellenlängenänderungseinrichtung (**204**) betriebsfähig ist zum Bestimmen, ob der Schwingungswellenlängenänderungsbetrag des Laserstrahls oder die Schwingungsleerlaufzeit des Laserstrahls den Schwellwert überschreitet, und zum Ausgeben eines Wellenlängensperrsignals basierend auf dem Bestimmungsergebnis.

4. Vorrichtung gemäß Anspruch 3, bei der die Wellenlängenänderungseinrichtung (**204**) betriebsfähig ist zum Schließen einer Blende, wenn der Schwingungswellenlängenänderungsbetrag des Laserstrahls oder die Schwingungsleerlaufzeit des Laserstrahls den Schwellwert überschreitet.

5. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, zusätzlich mit einer Wellenlängenmesseinrichtung (**208**) zum Messen der Schwingungswellenlänge des Laserstrahls.

6. Vorrichtung gemäß Anspruch 5, zusätzlich mit einer Innenumgebungsmesseinrichtung (**210**) zum Messen einer Innenumgebung der Wellenlängenmesseinrichtung (**208**), um die Wellenlängenmesseinrichtung (**208**) basierend auf der gemessenen Innenumgebung der Wellenlängenmesseinrichtung (**208**) zu korrigieren.

7. Vorrichtung gemäß Anspruch 6, bei der die Innenumgebung der Wellenlängenmesseinrichtung (**208**) zumindest eine Temperatur oder einen atmosphärischen Druck umfasst.

8. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 5 bis 7, bei der die Wellenlängenänderungseinrichtung (**204**) betriebsfähig ist zum Bestimmen, ob die gemessene Schwingungswellenlänge des Laserstrahls in einen vorbestimmten zulässigen Bereich fällt, und eingerichtet ist zum Ausgeben eines Wellenlängensperrsignals basierend auf dem Bestimmungsergebnis.

9. Vorrichtung gemäß Anspruch 8, bei der die Wellenlängenänderungseinrichtung (**204**) betriebsfähig ist zum Beenden einer Ausgabe des Laserstrahls, wenn die Schwingungswellenlänge des Laserstrahls nicht in den vorbestimmten zulässigen Bereich fällt.

10. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, bei

der die Wellenlängenänderungseinrichtung (204) betriebsfähig ist zum Ändern der Schwingungswellenlänge des Laserstrahls, ohne die Ausgabe des Laserstrahls zu beenden.

11. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, bei der die Wellenlängenänderungseinrichtung (204) betriebsfähig ist zum Ändern der Schwingungswellenlänge des Laserstrahls, ohne einen Testlaserstrahl auszustrahlen.

12. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehen- den Ansprüche, bei der die Wellenlängenauswahlein- richtung (211) eine Rasterung oder ein Etalon um- fasst.

13. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehen- den Ansprüche, mit einem Excimer-Laser zum Er- zeugen des Laserstrahls.

14. Belichtungsvorrichtung (1) mit einer Laser- schwingungsvorrichtung (2) gemäß einem der An- sprüche 1 bis 13 als Lichtquelle.

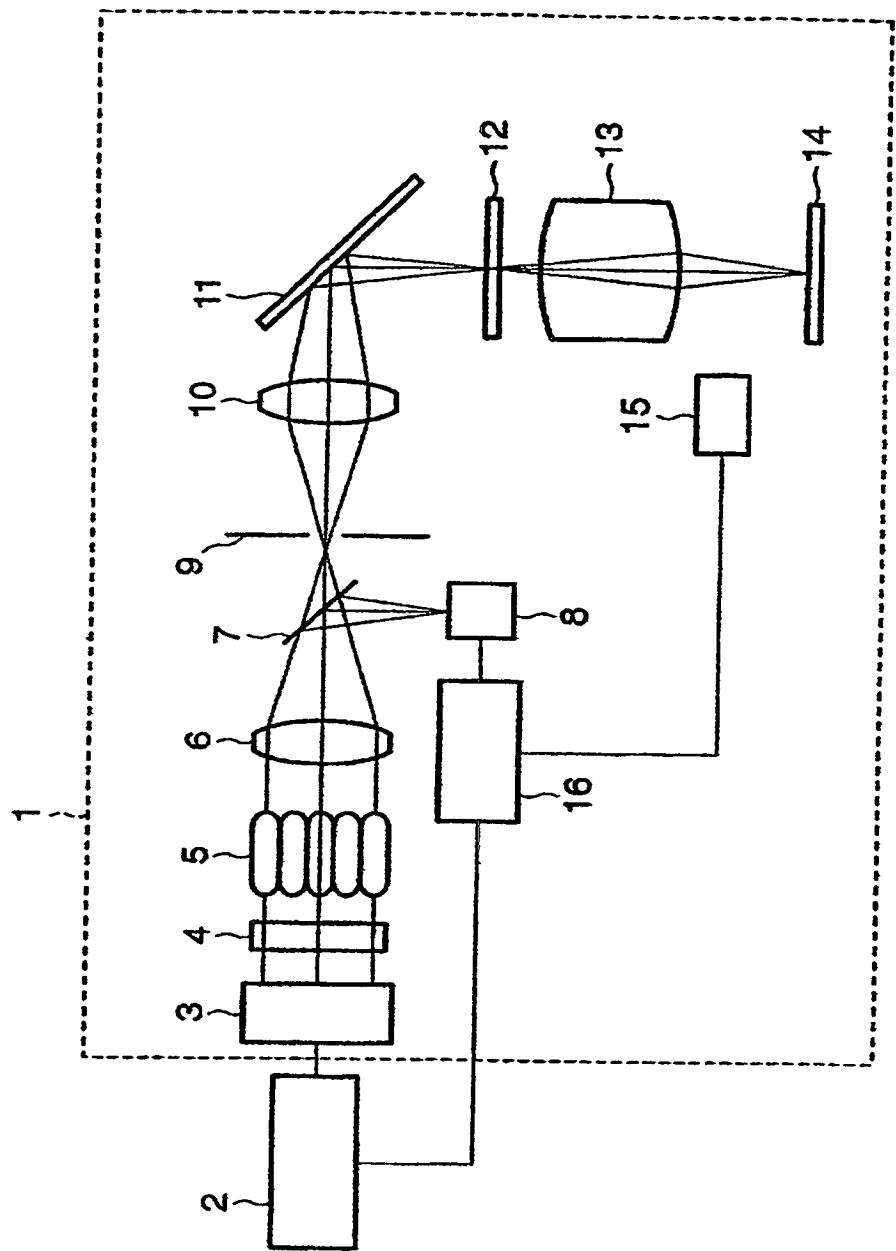
15. Vorrichtung gemäß Anspruch 14, bei der das Wellenlängenauswahlelement betriebsfähig ist zum Ändern der Schwingungswellenlänge des Laserstrahls zwischen einem Belichtungsende in einem vorbestimmten Belichtungsbereich auf einem zu be- lichtenden Substrat und einem Belichtungsbeginn in seinem nächsten Belichtungsbereich.

16. Halbleitervorrichtungsherstellungsverfahren zum Herstellen einer Halbleitervorrichtung durch Ver- wendung einer Belichtungsvorrichtung (1), mit den Schritten:

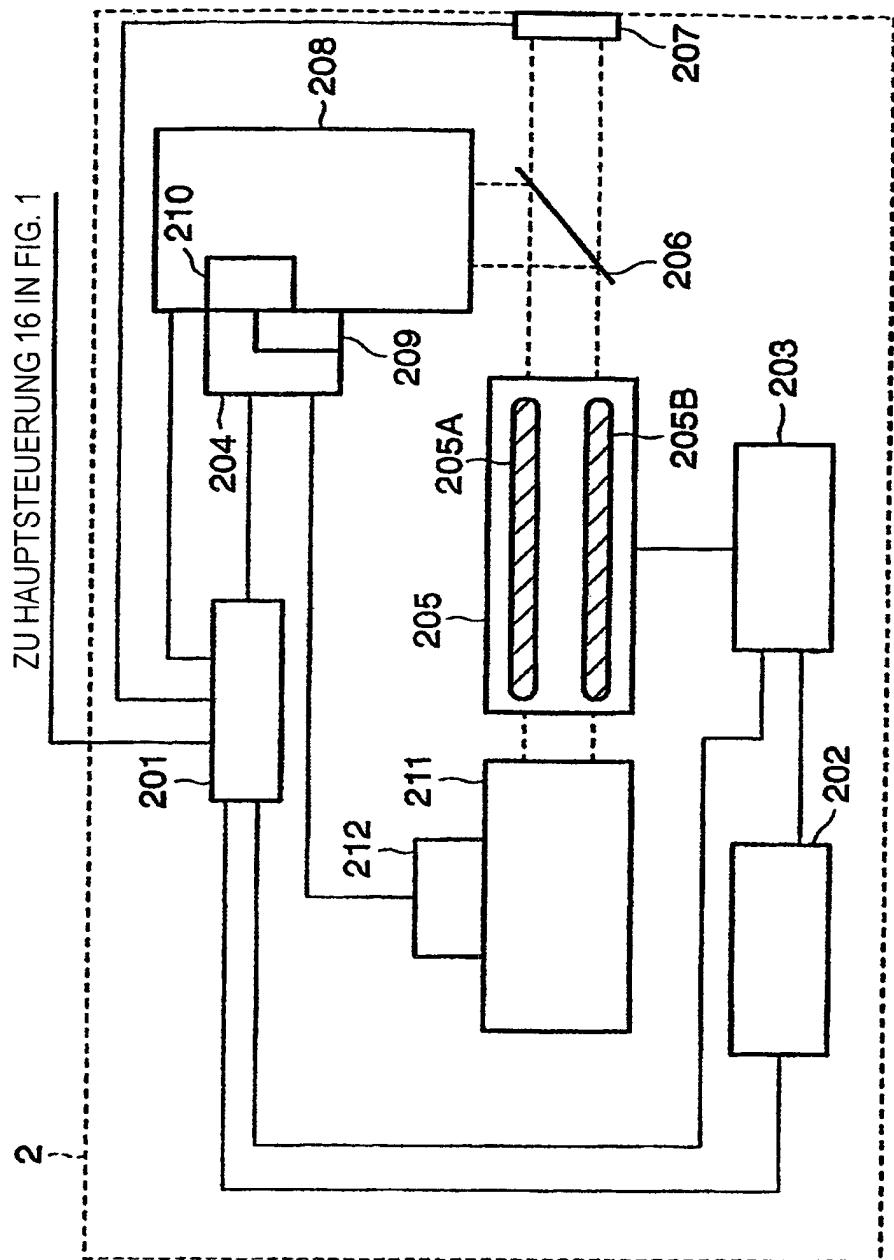
Aufbringen eines Fotolacks auf ein Substrat;  
Zeichnen eines Musters auf dem Substrat durch Ver- wendung der Belichtungsvorrichtung; und  
Entwickeln des Substrats,  
wobei die Belichtungsvorrichtung eine Laserschwin- gungsvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13 als Lichtquelle verwendet.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

FIG. 1



**FIG. 2**



**FIG. 3A**



**FIG. 3B**



**FIG. 3C**



**FIG. 3D**



**FIG. 4**

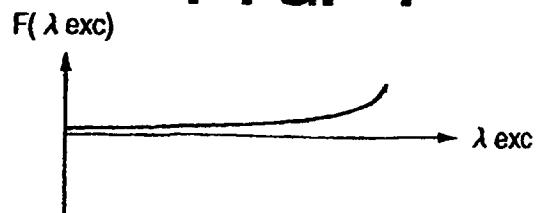


FIG. 5

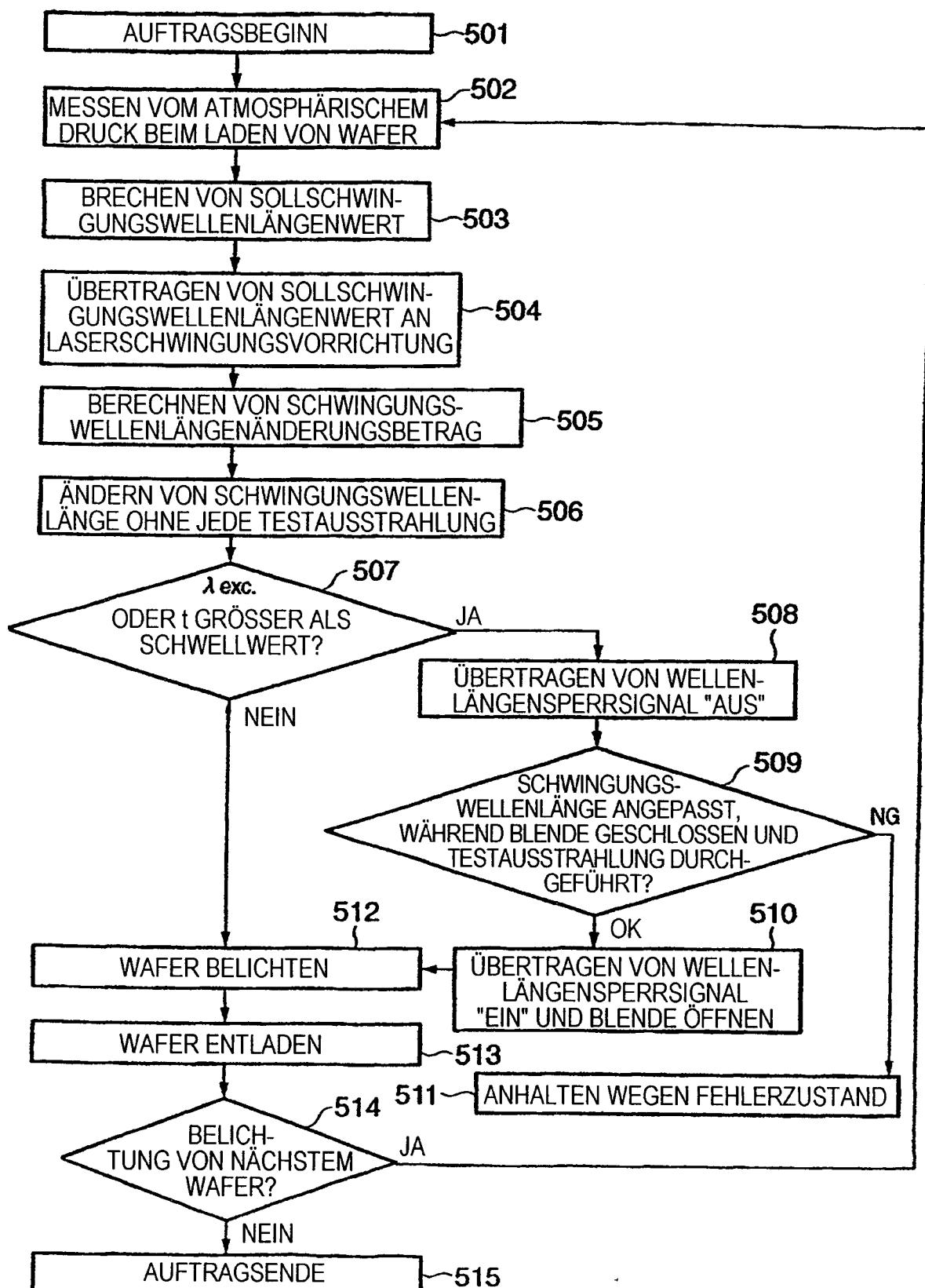
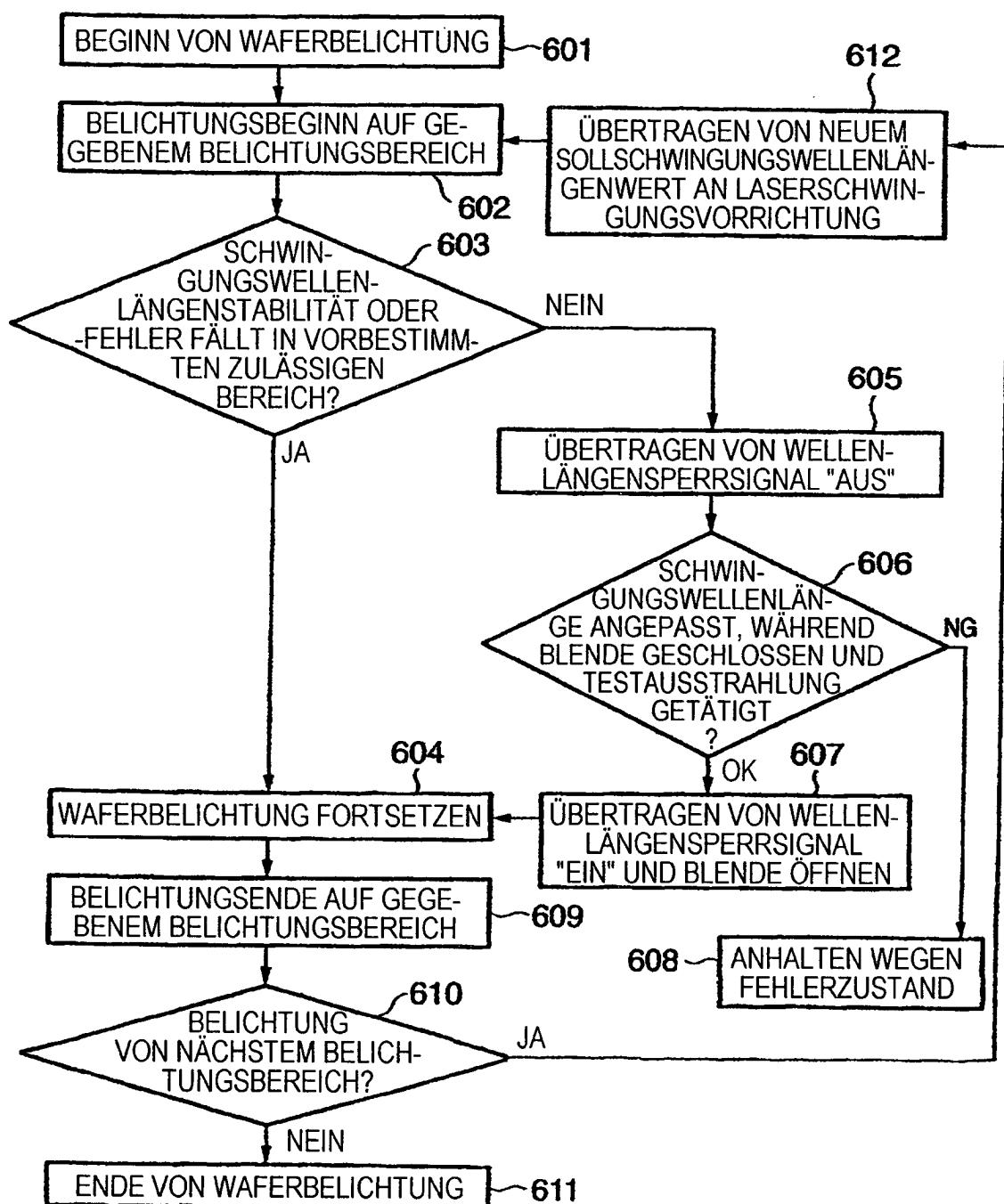
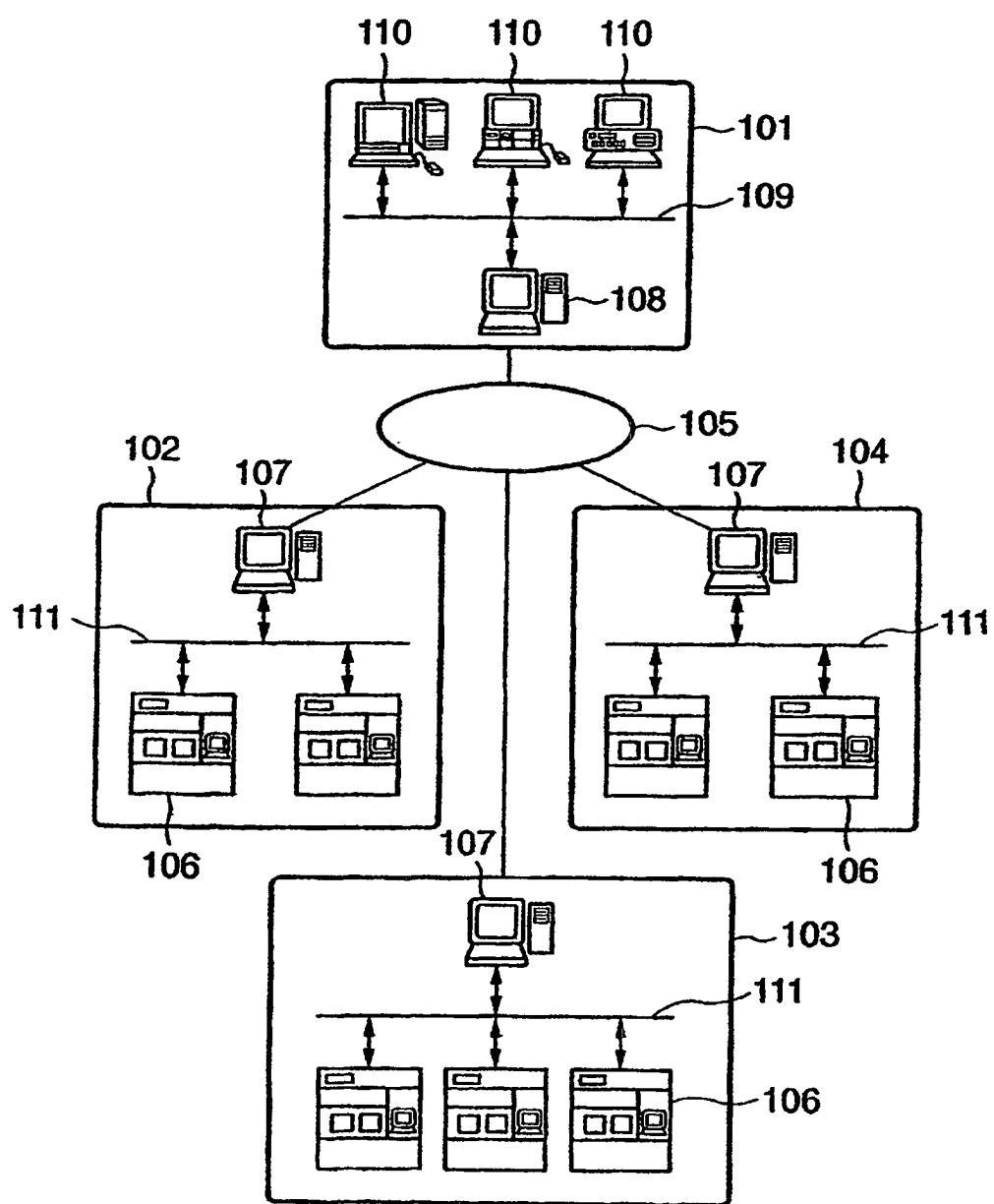


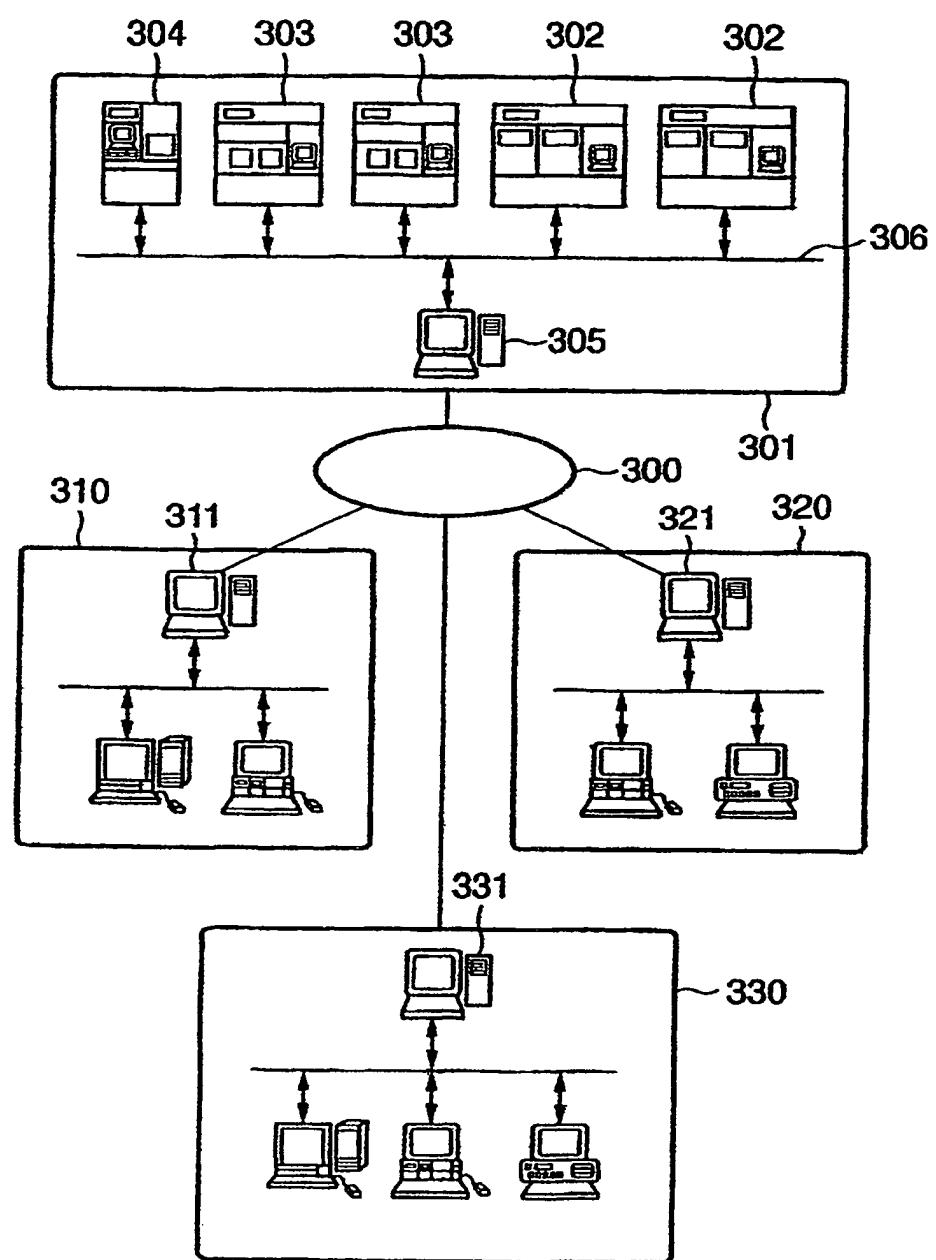
FIG. 6



**FIG. 7**



**FIG. 8**



## FIG. 9

URL <http://www.maintain.co.jp/db/input.html>

STÖRUNGS-DB-EINGABEFENSTER

AUFTRITTSDATUM  ~ 404

VORRICHTUNGSTYP  ~ 401

BETREFF  ~ 403

SERIENNUMMER S/N  ~ 402

DRINGLICHKEITSGRAD  ~ 405

SYMPTOM  ~ 406

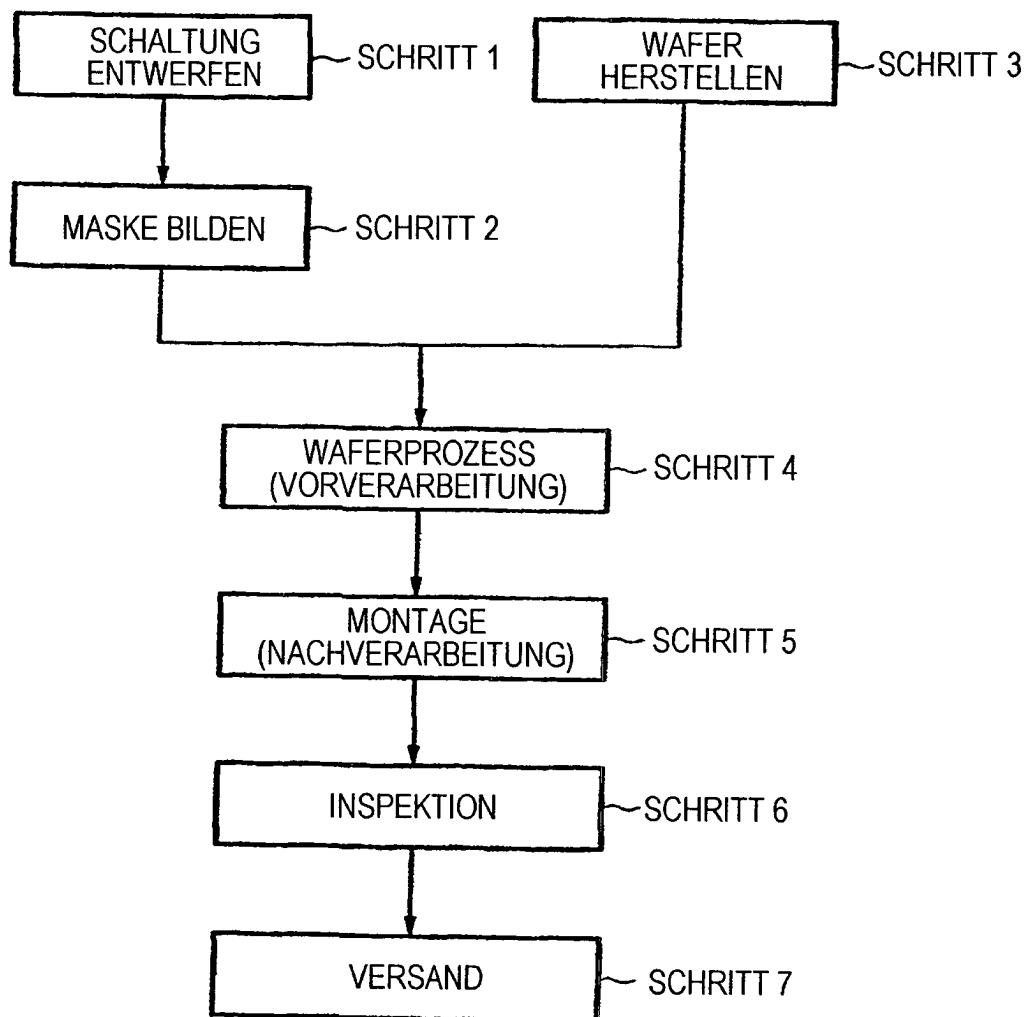
ABHILFE  ~ 407

FORT-SCHRITT  ~ 408

410 411 412

VERKNÜPFUNG ZU ER-GENISLISTEDATENBANK SOFTWAREDATENBANK BETRIEBSANLEITUNG

## FIG. 10



HALBLEITERVORRICHTUNGSHERSTELLUNGSABLAUF

FIG. 11

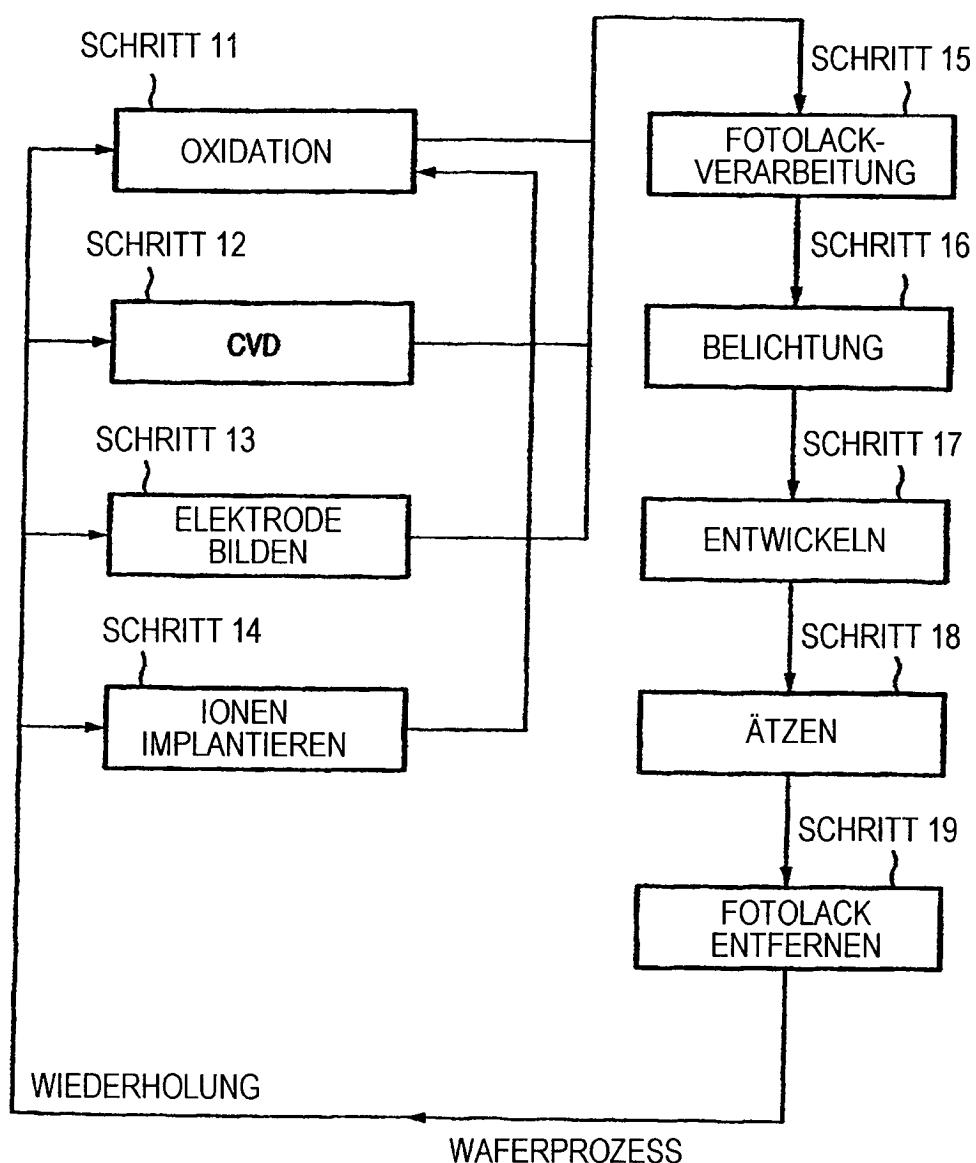


FIG. 12

