

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. Januar 2012 (19.01.2012)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2012/007165 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

C23C 16/46 (2006.01) H01L 21/02 (2006.01)
H01J 37/32 (2006.01)

BECKMANN, Rudolf [DE/DE]; Am Katzengraben 35,
63546 Hammersbach (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP20 11/0035 16

(74) Anwalt: POHLMANN, Bernd, Michael; Reinhardt &
Pohlmann Partnerschaft, Rossmarkt 12, 603 11 Frankfurt
am Main (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:

14. M i 201 1 (14.07.201 1)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2010 027 168.3 14. Juli 2010 (14.07.2010) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): LEYBOLD OPTICS GMBH [DE/DE]; Sie-
mensstr. 88, 63755 Alzenau (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GEISLER, Michael
[DE/DE]; Triebstr. 63, 63607 Wächtersbach (DE). GRA-
BOSCH, Günter [DE/DE]; Am Gabelacker 8, 60433
Frankfurt am Main (DE). ZEUNER, Arndt [DE/DE];
Drosselweg 9, 63755 Alzenau (DE). MERZ, Thomas
[DE/DE]; Katharinenstr. 4, 63743 Aschaffenburg (DE).

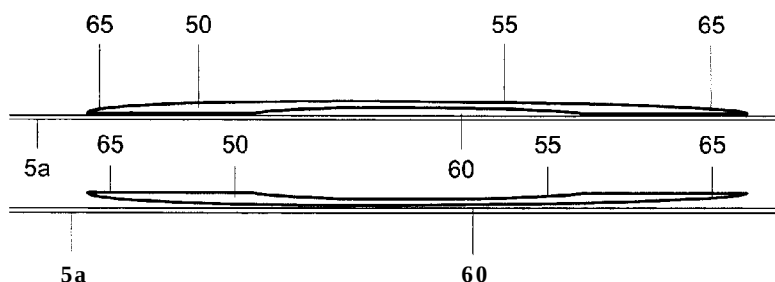
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,
IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR THE PLASMA TREATMENT OF FLAT SUBSTRATES

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR PLASMABEHANDLUNG FLACHER SUBSTRATE



Figur 2

(57) Abstract: The method for the plasma treatment of a flat Substrate, wherein the Substrate is arranged between an electrode and a planar supporting surface which is assigned to a counterelectrode, and thereby has its front side facing the electrode and its rear side facing the supporting surface, is distinguished by - securing the Substrate on the supporting surface - thermally producing a mechanical prestress in the Substrate that corresponds to a concave curving of the Substrate, seen from the direction of the electrode, with peripheral sides of the Substrate at a distance from the supporting surface, by means of Controlling the temperature of the front side and/or the rear side of the Substrate - applying local forces to the peripheral sides to achieve flat contact of the rear side face of the Substrate against the supporting surface by means of at least one hold-down device and - exciting the plasma discharge by means of an RF voltage. The invention also relates to a device for the plasma treatment of a flat Substrate, wherein the Substrate can be arranged between an electrode and a planar supporting surface which is assigned to a counterelectrode, and thereby has its front side facing the electrode and its rear side facing the supporting surface, which is distinguished by - means for securing the Substrate on the supporting surface - a device for thermally producing in the Substrate a mechanical prestress that corresponds to a concave curving of the Substrate, seen from the direction of the electrode, with peripheral sides of the Substrate at a distance from the supporting surface, by means of Controlling the temperature of the front side and/or the rear side of the Substrate - means for applying local forces to the peripheral sides to achieve flat contact of the rear side face of the Substrate against the supporting surface by means of at least one hold-down device and - means for exciting the plasma discharge by means of an RF voltage.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/007165 A1



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, **Veröffentlicht:**

CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— *mit internationaler Recherchebericht (Artikel 21 Absatz V*

Das Verfahren zur Plasmabehandlung eines flachen Substrats, wobei das Substrat zwischen einer Elektrode einer planen Aufladefläche, die einer Gegenelektrode zugeordnet ist, angeordnet wird und dabei mit seiner Vorderseite der Elektrode und mit seiner Rückseite der Aufladefläche zugewandt ist, zeichnet sich aus durch - Haltern des Substrats an der Aufladefläche - thermisches Erzeugen einer mechanischen Vorspannung im Substrat, die einer aus Richtung der Elektrode gesehen konkaven Wölbung des Substrats mit von der Aufladefläche beabstandeten Randseiten des Substrats entspricht mittels Temperierung von Vorderseite und/ oder Rückseite des Substrats - Beaufschlagen der Randseiten mit lokalen Kräften zum Erreichen eines flachen Anliegen der Rückseitenfläche des Substrats an der Aufladefläche mittels zumindest eines Niederhalters - Anregung der Plasmaentladung mittels einer HF-Spannung. Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung zur Plasmabehandlung eines flachen Substrats, wobei das Substrat zwischen einer Elektrode einer planen Aufladefläche, die einer Gegenelektrode zugeordnet ist, angeordnet werden kann und dabei mit seiner Vorderseite der Elektrode und mit seiner Rückseite der Aufladefläche zugewandt ist, welche sich auszeichnet durch - Mitteln zum Haltern des Substrats an der Aufladefläche - einer Einrichtung zum thermischen Erzeugen einer mechanischen Vorspannung im Substrat, die einer aus Richtung der Elektrode gesehen konkaven Wölbung des Substrats mit von der Aufladefläche beabstandeten Randseiten des Substrats entspricht mittels Temperierung von Vorderseite und/ oder Rückseite des Substrats - Mitteln zum Beaufschlagen der Randseiten mit lokalen Kräften zum Erreichen eines flachen Anliegen der Rückseitenfläche des Substrats an der Aufladefläche mittels zumindest eines Niederhalters Mitteln zur Anregung der Plasmaentladung mittels einer HF-Spannung.

Verfahren und Vorrichtung zur Plasmabehandlung flacher Substrate

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Plasmabehandlung eines flachen Substrats, jeweils nach dem Oberbegriff der unabhängigen Patentansprüche.

Eine Vorrichtung zur Plasmabehandlung flacher Substrate ist beispielsweise aus der EP 2 147 452 bekannt, wobei ein Plasma zwischen einer Elektrode und einer Gegenelektrode erzeugt wird, zwischen die das zu behandelnde Substrat eingebracht wird. Über einen in die Elektrode integrierten Gasverteiler wird Reaktionsgas zwischen Elektrode und Gegenelektrode zugeführt, wobei der Gasverteiler eine Gasaustrittsplatte mit einer Vielzahl von Gasaustrittsöffnungen aufweist, damit das Reaktionsgas gleichmäßig den Bereich der zu behandelnden Substratoberfläche beaufschlagen kann. Um eine ausreichende Homogenität einer Beschichtung für Anwendungen, wie beispielsweise den Bereich der Herstellung photovoltaischer amorpher oder mikrokristalliner Siliziumschichten zu gewährleisten, ist es wichtig, auch bei großen Substratflächen von beispielsweise mehr als 1 m² den Abstand zwischen der Oberfläche des Substrats und der Elektrode auch während der Plasmabehandlung mit nur geringen Toleranzen konstant zu halten, beispielsweise auf einem Wert von 10 mm +/- 1mm. Um beispielsweise bei einer Beschichtung eines Substrats homogene Beschichtungsparameter in Schichtwachstumsrichtung zu gewährleisten, muss das Substrat während der Beschichtung für ausreichend lange Zeitintervalle auf einer möglichst konstante Temperatur gehalten werden, da die Schichteigenschaften abhängig von der Beschichtungstemperatur sind.

Um, wie es grundsätzlich wünschenswert ist, hohe Beschichtungsraten zu erreichen, sind hohe Plasmaleistungen erforderlich, die zu einer beträchtlichen Erhöhung der Temperatur während des Beschichtungsprozesses führen können. Erhöhte Temperaturen während der Plasmabehandlung können zu einer Verbiegung des Substrats führen, wodurch es insbesondere bei geringen Abständen zwischen Substratoberfläche und Elektrode zu einer ungleichmäßig dicken Plasmaschicht und damit zu Inhomogenitäten sowie zu einem Bruch des Substrats bei der Plasmabehandlung kommen kann. Zur Lösung dieses Problems ist bereits in der JP 2005123339 A vorgeschlagen worden, eine gekühlte Elektrode zu verwenden, mit der insbesondere die Deformation eines großflächigen Substrats und eines Plasma-CVDE-Prozesses kontrolliert werden kann.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine verbesserte Qualität einer Plasma-behandelten Substratoberfläche zu erreichen.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstände der Unteransprüche.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Plasmabehandlung eines flachen Substrats, wobei das Substrat zwischen einer Elektrode einer planen Aufladefläche, die einer Gegenelektrode zugeordnet ist, angeordnet wird und dabei mit seiner Vorderseite der Elektrode und mit seiner Rückseite der Auflagefläche zugewandt ist, zeichnet sich aus, durch

- Haltern des Substrats an der Auflagefläche
- thermisches Erzeugen einer mechanischen Vorspannung im Substrat, die einer aus Richtung der Elektrode gesehen konkaven Wölbung des Substrats mit von der Auflagefläche beabstandeten Randseiten des Substrats entspricht mittels Temperierung von Vorderseite und/ oder Rückseite des Substrats
- Beaufschlagen der Randseiten mit lokalen Kräften zum Erreichen eines flachen Anliegen der Rückseitenfläche des Substrats an der Auflagefläche mittels zumindest eines Niederhalters
- Anregung der Plasmaentladung mittels einer HF-Spannung.

Die flachen Substrate sind vorzugsweise aus einem Glas-, Metall-, Kunststoff- oder Keramikmaterial. Es versteht sich, dass auch auf irgendeine Weise vorbehandelte Substrate von der Erfindung umfasst werden. Typischerweise bilden Elektrode und Gegenelektrode Platten eines Parallelplattenreaktors. Als HF- Spannung wird Wechselspannung mit zumindest einer Frequenzkomponente in einem Bereich zwischen 1MHz (Mega- Hertz) und 200 MHz an die die Elektrode und Gegenelektrode angelegt. Als Gegenelektrode wird im Folgenden die Elektrode bezeichnet, die der bei der Plasmabehandlung nicht dem Plasma ausgesetzte Seite des flachen Substrats zugeordnet ist, unabhängig davon ob diese Elektrode, wie üblich mit der elektrischen Masse verbunden ist oder nicht. Als mittlere Temperatur wird eine über die jeweilige Fläche arithmetisch gemittelte Temperatur über eine Zeitintervall von zumindest 60sec verstanden.

Durch die erfindungsgemäße Einstellung einer erhöhten Temperatur der Rückseitenfläche

des Substrats gegenüber der Vorderseitenfläche des Substrats kann eine Wölbung des Substrats während der Plasmabehandlung kontrolliert werden, da die auf die Substratvorderseite bzw. -rückseite wirkende Gesamtleistung gleich oder annähernd gleich gehalten werden kann. Bei der Einstellung der Temperatur von Vorderseitenfläche und Rückseitenfläche wird berücksichtigt, dass die auf die Vorderseitenfläche einwirkende Leistung bestimmt wird durch die thermische Strahlungsleistung der Elektrode sowie der Plasmaleistung während der Plasmabehandlung, während die auf die Rückseitenfläche einwirkende Leistung allein durch die thermische Kopplung des Substrats mit den Temperiermitteln im Bereich der Gegenelektrode bestimmt wird. Die Leistungsaufnahme auf der Rückseitenfläche hängt dabei hauptsächlich von der thermischen Strahlungsleistung der Temperiermittel sowie einer thermischen Kopplung mittels Fluide im Bereich zwischen Rückseitenfläche und Temperiermitteln ab. Für hohe Prozessstabilität ist es vorteilhaft, wenn die Leistungsaufnahme bzw. Temperatur der Temperiermittel geregelt wird.

Die mechanische Vorspannung im Substrat kann durch Einstellen unterschiedlicher Temperaturen auf der Vorderseiten- bzw. Rückseitenfläche des Substrats erreicht werden, da sich dann die Vorderseitenfläche gegenüber der Rückseitenfläche des Substrats lateral weniger stark ausdehnt, was bei einer gegenüber der Vorderseitenfläche erhöhten Temperatur der Rückseitenfläche des Substrats zu einer konkaven Wölbung des Substrats, aus Richtung der Elektrode gesehen, führt, falls dem nicht durch entsprechende Massnahmen entgegengewirkt wird. Die Randseiten des Substrats haben dann einen größeren Abstand zur Auflagefläche als näher zum Zentrum des Substrats hin liegenden Bereiche. Werden die Randseiten des Substrats mit einer Kraft beaufschlagt, werden die Randseiten zur Auflagefläche hin angenähert. Erfindungsgemäß dient das Beaufschlagen der Randseiten zum Erzeugen einer das Substrat mit seiner Rückseitenfläche gegen die Auflagenfläche haltenden Kraft, wobei dies zu einem weitgehend flachen Aufliegen des Substrats auf der Auflagenfläche führt und die thermisch erzeugte mechanische Vorspannung im Substrat die Andruckkraft gegen die Auflagefläche erhöht.

Erfindungsgemäß erfolgt ein Fixieren des Substrats in den Bereichen der Randseiten, mit dem das Substrat auf der Auflagefläche gehalten wird, wobei vorteilhafterweise den Randseiten des Substrats zugeordnete Niederhalter verwendet werden mit denen die Substratränder niedergedrückt werden. Dadurch wird einerseits sichergestellt, dass die Scheibe nicht verbogen wird; andererseits wird gewährleistet, dass zwischen Substrat und Auflagefläche ein guter thermischer und mechanischer Kontakt besteht. In einer weiteren Ausführungsform erfolgt ein Zulassen einer seitlichen Ausdehnung des Substrats nach

Beaufschlagen der Randseiten mittels den lokalen Kräften mittels des zumindest einen Niederhalters um die mechanische Belastung des Substrats, insbesondere durch an den Randseiten angreifende Spannkkräfte gering zu halten und den Bruch des Substrats während der Plasmabehandlung zu vermeiden.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird mittels der Temperiermittel eine Temperaturdifferenz $T_{RS} - T_{VS}$ größer 0,5 K eingestellt, wobei T_{RS} eine mittlere Temperatur der Rückseitenfläche des Substrats und T_{VS} eine mittlere Temperatur der Vorderseitenfläche des Substrats bezeichnet. Als mittlere Temperatur wird hier eine über zumindest 80 % der Rückseitenfläche bzw. Vorderseitenfläche des Substrats vorgenommene arithmetische Mittelung verstanden. Es versteht sich, dass auch Temperaturdifferenzen $T_{RS} - T_{VS}$ von 1,0 K, 1,5 K, 2,0 K, 2,5 K, 3,0 K oder mehr eingestellt werden können und dass die gewählte Temperaturdifferenz $T_{RS} - T_{VS}$ vom Substratmaterial, der Substratdicke, der lateralen Ausdehnung des Substrats, seiner Bruchfestigkeit und anderen Parametern abhängig ist, die vom Fachmann ohne weiteres ermittelt werden können. Die Temperaturdifferenz wird so gewählt, dass die thermisch erzeugte mechanische Vorspannung das Substrat flach gegen die Auflagefläche presst ohne dass das Substrat während der Plasmabehandlung einem Bruch unterliegt. Für ein für typisches Substrat für photovoltaische Anwendungen mit einer Größe von 1 m² ist eine Temperaturdifferenz $T_{RS} - T_{VS}$ mit $3,0 K > T_{RS} - T_{VS} > 0,5 K$ bevorzugt.

Wenn die Plasmabehandlung bei einer Temperatur T_{RS} zwischen 20°C (vorzugsweise 120°C) und 300°C und/oder einer Temperatur T_{VS} zwischen 20°C und 300°C (vorzugsweise 100°C) erfolgt, kann die thermische Belastung des Substrats gering gehalten und beispielsweise sowohl mikrokristallines als auch amorphes Silizium in einem PECVD-Prozess abgeschieden werden. Wird ferner die Plasmabehandlung bei einer Temperatur T_G zwischen 20°C und 300°C und/oder einer Temperatur T_E zwischen 20°C und 300°C (vorzugsweise 100°C) durchgeführt, kann eine vorteilhafte Temperatur der Vorder- bzw. Rückseitenfläche des Substrats, insbesondere eine Temperaturdifferenz $T_{RS} - T_{VS}$ mit $3,0 K > T_{RS} - T_{VS} > 0,5 K$ eingestellt werden. T_G bezeichnet hier eine mittlere Temperatur der Gegenelektrode und T_E eine mittlere Temperatur der Elektrode.

Wenn die Auflagefläche auf eine mittlere Temperatur T_A in einem Bereich zwischen 20°C und 300°C temperiert wird kann damit die an die Auflagefläche gedrückte Rückseitenfläche des Substrats auf eine entsprechende Temperatur gebracht werden.

Eine weitere Ausbildungsform der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass in den

Bereich zwischen Rückseitenfläche des Substrats und Auflagefläche Wasserstoff- und/oder Heliumgas mit einem Prozesspartialdruck zwischen 0,1 mbar und 250 mbar, bevorzugt 20 mbar eingeleitet wird, womit eine hohe thermische Kopplung zwischen Substrat und Auflagefläche erreicht werden kann.

Eine weitere Ausbildungsform der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass zur Plasmabehandlung an Elektrode und Gegenelektrode eine HF-Leistung in einem Bereich zwischen 0,1 kW/m² und 20 kW/m² angelegt wird, womit eine Plasmabehandlung zur Herstellung von amorphen oder mikrokristallinen, N- oder P- oder intrinsischen Silizium-Dünnschichten möglich ist.

Bei der erfindungsgemäße Vorrichtung zur Plasmabehandlung eines flachen Substrats, wobei das Substrat zwischen einer Elektrode einer planen Aufladefläche, die einer Gegenelektrode zugeordnet ist, angeordnet werden kann und dabei mit seiner Vorderseite der Elektrode und mit seiner Rückseite der Auflagefläche zugewandt ist, sind vorgesehen

- Mittel zum Haltern des Substrats an der Auflagefläche
- eine Einrichtung zum thermischen Erzeugen einer mechanischen Vorspannung im Substrat, die einer aus Richtung der Elektrode gesehen konkaven Wölbung des Substrats mit von der Auflagefläche beabstandeten Randseiten des Substrats entspricht mittels Temperierung von Vorderseite und/ oder Rückseite des Substrats
- Mittel zum Beaufschlagen der Randseiten mit lokalen Kräften zum Erreichen eines flachen Anliegen der Rückseitenfläche des Substrats an der Auflagefläche mittels zumindest eines Niederhalters
- Mittel zur Anregung der Plasmaentladung mittels einer HF-Spannung.

Die Halterungsmittel können fingerartig oder rahmenartig ausgebildet sein. Insbesondere können die Halterungsmittel mechanisch mit der Gegenelektrode verbunden, gleichzeitig aber elektrisch und/oder thermisch von dieser isoliert sein. Ferner können die Halterungsmittel als Niederhalter ausgebildet sein und das Beaufschlagen der Randseiten mit lokalen Kräften zum Erreichen eines flachen Anliegen der Rückseitenfläche des Substrats an der Auflagefläche ermöglichen und durchführen.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist eine Ausbildung des zumindest einen Niederhalters, welche eine seitliche Ausdehnung des Substrats nach Beaufschlagen der Randseiten mittels lokalen Kräften mittels des zumindest einen Niederhalters zulässt,

vorgesehen. Der Niederhalter kann dazu eine, vorzugsweise elastische Federung aufweisen oder mit Spiel gegenüber den Seitenrändern in einem Niedertemperaturbereich (beispielsweise 20°C) des Substrats ausgelegt sein.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist eine Ausbildung der Mittel zur Halterung des Substrats vorgesehen, welche während der Plasmabehandlung eine Orientierung des Substrats mit einem Winkel zur Senkrechten in einem Bereich zwischen 3° und 30° mit der Vorderseitenfläche nach unten vorsehen. Damit wird eine hohe Schichtqualität durch Vermeidung von Kontamination der Substratoberfläche mit während der Beschichtung erzeugten Partikel zu gewährleistet, da diese Partikel durch die Schwerkraft von der Substratoberfläche wegorientiert werden.

Die Kombination der Merkmale

- Einrichtung zum thermischen Erzeugen einer mechanischen Vorspannung im Substrat, die einer aus Richtung der Elektrode gesehen konkaven Wölbung des Substrats mit von der Auflagefläche beabstandeten Randseiten des Substrats entspricht mittels Temperierung von Vorderseite und/ oder Rückseite des Substrats
- Mittel zum Beaufschlagen der Randseiten mit lokalen Kräften zum Erreichen eines flachen Anliegen der Rückseitenfläche des Substrats an der Auflagefläche mittels zumindest eines Niederhalters

mit einer Orientierung des Substrats mit einem Winkel zur Senkrechten in einem Bereich zwischen 3° und 30° mit der Vorderseitenfläche nach unten ermöglicht ein Durchhängen des Substrats zu verhindern und gleichzeitig eine hohe Schichtqualität durch Vermeidung von Kontamination der Substratoberfläche mit während der Beschichtung erzeugten Partikel zu gewährleisten.

Mittels im Bereich der Gegenelektrode angeordneten Temperiermitteln sind während der Plasmabehandlung zumindest 80% der Rückseitenfläche des Substrats auf eine gegenüber der Vorderseitenfläche des Substrats erhöhte mittlere Temperatur bringbar ist.

Es versteht sich, dass bei der Auslegung der im Bereich der Gegenelektrode angeordneten Temperiermittel verschiedene Parameter der Plasmabehandlung zu berücksichtigen sind, insbesondere die Fläche von Elektrode und Gegenelektrode, die an Elektrode und Gegenelektrode angelegte HF-Leistung, die Gesamtleistungsaufnahme des Substrats und seiner Vorderseitenfläche, die vom Fachmann mit ihm geläufigen

Methoden, beispielsweise experimentell, durch Simulation und / oder theoretische Berechnungen berücksichtigt werden können. Die erfindungsgemäße Auslegung der Temperiermittel erlaubt es, eine Wölbung des Substrats während der Plasmabehandlung zu kontrollieren, wie bereits weiter oben beschrieben.

Eine weitere Ausbildungsform der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die Temperierleistung der Temperiermittel ausgelegt ist zum thermischen Erzeugen einer mechanischen Vorspannung im Substrat, die einer aus Richtung der Elektrode gesehen konkaven Wölbung des Substrats entspricht.

Bei einer derartigen Auslegung der Temperierleistung der Temperiermittel muss eine gewisse minimale Temperaturdifferenz zwischen Rückseitenfläche des Substrats und Vorderseitenfläche des Substrats gewährleistet sein, die vom Fachmann experimentell, durch Simulation und / oder theoretische Rechnung bestimmt werden kann.

Eine weitere Ausführungsform der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass Mittel zum Beaufschlagen von Randseiten des Substrats mit einer Kraft zum Erzeugen einer das Substrat mit seiner Rückseitenfläche gegen die Auflagenfläche haltenden Kraft vorgesehen sind, wobei eine präzise Positionierung des Substrats und damit auch bei großflächigen Substraten ein weitgehend gleicher Abstand zwischen Substratvorderseitenfläche und der Elektrodenfläche erreicht werden kann, da das Substrat flach auf der Auflagenfläche aufliegt.

Mit zusätzlich im Bereich der Elektrode angeordneten Temperiermitteln kann eine genauere Einstellung der Gesamtleistungsaufnahme des Substrats während der Plasmabehandlung erreicht werden.

Eine weitere Ausführungsform der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass mittels der im Bereich der Gegenelektrode angeordneten Temperiermittel die Auflagefläche temperierbar ist, womit auf besonders einfache Weise thermische Leistung über die Rückseitenfläche des Substrats in das Substrat eingekoppelt werden kann. Zusätzlich oder alternativ kann auch mittels von im Bereich der Elektrode angeordneten Temperiermittel ein im Bereich zwischen Elektrode und Gegenelektrode angeordneter Gasverteiler temperierbar sein, womit die thermische Leistungsaufnahme des Substrats auf der Substratvorderseite beeinflusst werden und eine hohe Stabilität des Gasverteilers gegen thermisch bedingte Deformationen erreicht werden kann.

Vorzugsweise sind die Temperiermittel mit Kanälen versehen, durch die eine

Temperierflüssigkeit, vorzugsweise ein Ölfluid strömen kann. Die Temperiermittel, beispielsweise der Elektrode und/oder Gegenelektrode zugeordnet, werden vorteilhafterweise gesteuert oder geregelt betrieben, beispielsweise mit Hilfe der in einem Kreislauf zirkulierenden Temperierflüssigkeit. Bevorzugt werden dabei Wärmeträgeröle verwendet, die beispielsweise durch außerhalb der Prozesskammer befindliche Umwälzthermostate auf konstante Temperatur gehalten werden.

Eine weitere Ausführungsform der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die Temperierleistung der Temperiermittel ausgelegt ist zur Einstellung einer Temperaturdifferenz $3,0\text{K} > T_{rs} - T_{vs} > 0,5\text{K}$, wobei T_{rs} eine mittlere Temperatur der Rückseitenfläche des Substrats und T_{vs} eine mittlere Temperatur der Vorderseitenfläche des Substrats bezeichnet.

Eine weitere Ausführungsform der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die Temperierleistung der Temperiermittel ausgelegt ist zur Plasmabehandlung bei einer Temperatur T_{rs} zwischen 20°C und 300°C und/oder einer Temperatur T_{vs} zwischen 20°C und 300°C und/oder bei einer Temperatur T_G zwischen 20°C und 300°C und/oder einer Temperatur T_E zwischen 20°C und 100°C erfolgt, wobei T_G eine mittlere Temperatur der Gegenelektrode und T_E eine mittlere Temperatur der Elektrode bezeichnet.

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass dann eine weitere elektrische Leistungsversorgung vorgesehen ist, mittels der an Elektrode und Gegenelektrode eine HF-Leistung in einem Bereich zwischen $0,1\text{ kW/m}^2$ und 20 kW/m^2 angelegt werden kann.

Eine weitere Ausführungsform der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die Auflagefläche in einen Bereich von zumindest 80% einer Rauheit R_a und/oder eine Welligkeit aufweist, womit, insbesondere bei in den Bereich zwischen Rückseitenfläche des Substrats und der Auflagefläche eingeleiteten Wasserstoff- und/oder Heliumgas, vorzugsweise jeweils bei einem Prozesspartialdruck zwischen $0,1\text{ mbar}$ und 250 mbar eine effektive thermische Kopplung zwischen Substrat und Auflagefläche erreicht werden kann.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert, woraus weitere Aspekte und Vorteile der Erfindung auch unabhängig von den Patentansprüchen erkennbar sind. Dabei zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine erfindungsgemäß zu reinigende Vorrichtung zur Plasmabehandlung eines Substrats

Fig. 2 einen Schnitt durch ein flaches Substrat bei unterschiedlichen Temperaturen von Vorder- und Rückseite.

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung einer als Reaktor 1 ausgebildeten Vorrichtung zur Behandlung flacher Substrate 2. Der Reaktor kann insbesondere als PECVD-Reaktor ausgestaltet sein. Der Reaktor 1 umfasst eine Prozesskammer 3 mit einer Elektrode 4 und einer Gegenelektrode 5 zur Erzeugung eines Plasmas, mit dessen Hilfe eine Oberfläche eines Substrats 2 behandelt, insbesondere beschichtet werden kann. Die Elektroden 4, 5 sind als großflächige Metallplatten ausgebildet und können zur Erzeugung eines elektrischen Feldes an eine (in Figur 1 nicht dargestellte) Spannungsquelle, vorzugsweise eine Hochfrequenz-Versorgungsquelle mit einer Anregungsfrequenz zwischen 1 MHz und 200 MHz, vorzugsweise 13,56 MHz, angeschlossen werden. Insbesondere kann eine HF-Leistung in einem Bereich zwischen 0,1 kW/m² und 20 kW/m² an die Elektroden 4, 5 angelegt werden. Das Substrat 2 ist vorzugsweise, wie in der EP 2 147 452 A 1 beschrieben, während der Plasmabehandlung mit einem Winkel zur Senkrechten in einem Bereich zwischen 3° und 30° mit der zu beschichtenden Oberfläche (Vorderseitenfläche) nach unten orientiert an der Gegenelektrode gehalten.

Der Reaktor 1 ist ausgelegt zur Behandlung großflächiger flacher Substrate, beispielsweise mit einer Fläche von 1 m² oder größer. Insbesondere eignet sich der Reaktor 1 zur Durchführung von Bearbeitungsschritten bei der Herstellung von hocheffizienten Dünnschichtsolarmodulen, beispielsweise für amorphe oder mikrokristalline Silizium-Dünnschicht-Solarzellen.

Wie aus Figur 1 ersichtlich, bilden die beiden Elektroden 4, 5 zwei gegenüberliegende Wände der Prozesskammer 3. Die Prozesskammer 3 ist in einer Vakuumkammer 7 mit einem evakuierbaren Gehäuse 8 angeordnet, das eine Öffnung 10 zum Ein- und Ausschleusen von Substraten aufweist. Die Kammeröffnung 10 ist durch eine Verschlussvorrichtung 9 vakuumdicht verschließbar. Zur Abdichtung der Vakuumkammer 7 gegenüber dem Außenraum 12 sind Dichtungen 11 vorgesehen. Dabei sind die Dichtungen vorzugsweise dazu aus einem fluorresistenten Material ausgebildet. Die Vakuumkammer 7 kann eine beliebige Raumform aufweisen und kann insbesondere einen runden oder rechteckigen Querschnitt haben. Die in die Vakuumkammer 7 eingebettete Prozesskammer 3 kann insbesondere die Form einer flachen Zylinderscheibe oder eines

flachen Quaders haben. Es versteht sich, dass die Erfindung auch bei anders ausgestalteten Reaktoren, insbesondere mit einer anderen Prozesskammer - und/ oder Elektrodengeometrie eingesetzt werden kann. Ebenso versteht es sich, dass auch Ausführungsformen, bei denen die Prozesskammer selbst eine Vakuumkammer ist, von der Erfindung umfasst sind.

Die Elektrode 4 ist in einer Haltestruktur 37 in der Vakuumkammer 7 angeordnet, die im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 von der Gehäuserückwand 19 gebildet ist. Dazu ist die Elektrode 4 in einer Ausnehmung 38 der Gehäuserückwand 19 untergebracht und von dieser durch ein Dielektrikum 20 getrennt.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich, deckt die Gegenelektrode 5 während der Durchführung der Behandlung die Ausnehmung 38 der Haltestruktur 37 in einer solchen Weise ab, dass zwischen dem Randbereich 23 der Gegenelektrode 5 und einem Randbereich 24 der Ausnehmung 38 ein Spalt 25 gebildet wird. Der Spalt 25 hat eine Breite von der Größenordnung von etwa 1 mm. Die Spaltbreite ist in eine solchen Weise dimensioniert, dass einerseits während der Durchführung der Behandlung ein Plasma im Inneren der Prozesskammer 3 gehalten werden kann, andererseits aber zwischen der Prozesskammer 3 und dem übrigen Innenraum der Vakuumkammer 7 kein allzu großes Druckgefälle aufgebaut wird.

Zum Beschichten, Modifizieren oder Ätzen der Substrate, wird ein Reaktivgas, gegebenenfalls n- oder p-dotierend, in die Prozesskammer 3 geleitet. Hierzu wird das Reaktivgas aus einer Quelle über einen Zuführungskanal 13 einem Gasverteiler 15 zugeführt, von dem aus es in die Prozesskammer 3 einströmt. Der Gasverteiler 15 im vorliegenden Ausführungsbeispiel umfasst einen Gasraum 16, der an der der Gegenelektrode 5 zugewandten Seite eine Gasaustrittsplatte 17 aufweist, die mit einer Vielzahl von Austrittsöffnungen (nicht dargestellt) zur Gasdurchführung versehen ist. Auf einer Fläche von etwa 1,0 m² - 2,0 m² der Gasaustrittsplatte 17 sind typischerweise mehrere Tausend Austrittsöffnungen vorgesehen.

In der Vorrichtung der Figur 1 wird das Substrat 2 während der Plasmabehandlung auf einer insbesondere planen Substrat - Auflagefläche 5a angeordnet. Vorzugsweise ist die Auflagefläche 5a in die Gegenelektrode 5 integriert, beispielsweise eine Metallfläche auf der das Substrat während der Plasmabehandlung aufliegt. Es erfolgt dabei insbesondere ein Abdecken der Substrat - Auflagefläche durch das Substrat, so dass diese bei der Plasmabehandlung nicht kontaminiert wird. Insbesondere kann die Abdeckung durch das

Substrat 2 derart erfolgen, dass während der Plasmabehandlung die Bildung eines Rückstandes auf der Substrat-Auflagefläche 5a verhindert wird. In einer abweichend von der Figur 1 ausgebildeten Ausbildungsform der Erfindung weist die Gegenelektrode 5 keine oder nur geringfügig über den Bereich der Gasdusche hinausgehenden Endbereiche 23 auf. Zur Erreichung einer möglichst hohen thermischen Kopplung zwischen einem auf der Auflagefläche 5a angeordneten Substrat und der Auflagefläche 5a ist für deren Rauigkeit ein optimaler, geeigneter Wert R_a und eine optimaler, geeigneter Welligkeit vorgesehen ist.

Der Reaktor weist im Bereich der Gegenelektrode angeordnete Temperiermittel auf, mittels denen während der Plasmabehandlung zumindest 80% der Rückseitenfläche des Substrats auf eine gegenüber der Vorderseitenfläche des Substrats erhöhte mittlere Temperatur bringbar ist.

Erfindungsgemäß sind also im Reaktor 1 Temperiermittel 27, 29, 30 vorgesehen. Mit Hilfe dieser Mittel 27, 29, 30 wird während der Plasmabehandlung die thermische Energiezufuhr zur Gegenelektrode 5 und/oder zur Auflagefläche 5a gesteuert oder geregelt.

Dabei ist die Temperierleistung der Temperiermittel 27, 29, 30 ausgelegt zum thermischen Erzeugen einer mechanischen Vorspannung im Substrat, die einer aus Richtung der Elektrode 4 gesehen konkaven Wölbung des Substrats 2 entspricht.

In dem Ausführungsbeispiel der Fig. 1 sind der Gegenelektrode 5 zugeordnete Temperiermittel vorgesehen, die eine Vorrichtung 29 umfassen, die unterhalb der Gegenelektrode 5 in der Vakuumkammer 7 angeordnet ist und eine Temperierung der Auflagefläche 5a erlaubt. Alternativ oder zusätzlich kann auch eine in die Gegenelektrode 5 oder Auflagefläche 5a integrierte Vorrichtung 30 vorgesehen sein. Die Gegenelektrode 5 und insbesondere die Auflagefläche 5a kann dadurch temperiert werden, dass eine Temperierflüssigkeit durch Kanäle (nicht dargestellt) in der Gegenelektrode 5 oder der Auflagefläche 5a zirkuliert.

Zudem kann auch die Gasaustrittsplatte 17 temperiert werden. Dazu kann die Gasaustrittsplatte 17 mit Hilfe von Stegen 35 mit der Elektrode 4 verbunden sein, die aus einem Werkstoff mit hoher thermischer Leitfähigkeit bestehen, so dass die Gasaustrittsplatte 17 thermisch an die Elektrode 4 angebunden ist. Die Elektrode 4 (und somit auch der Gasaustrittsplatte 17) kann dadurch temperiert werden, dass eine

Temperierflüssigkeit durch Kanäle 36 in der Elektrode 4 zirkuliert. Die Temperierung der Elektrode 4 kann gesteuert oder geregelt erfolgen. Insbesondere können im Bereich der Gasaustrittsplatte 17 Thermosensoren 40' angeordnet sein, deren Messwerte zur Regelung des Temperiermitteldurchflusses durch die Elektrode 4 verwendet werden.

Um die benötigten Temperierleistung der Vorrichtungen 27, 29 oder 30 zu ermitteln, können Messungen durchgeführt werden, bei denen die Elektroden 4, 5 auf ihren einander zugewandten Seiten mit Thermosensoren 40, 40' versehen sind. Mit Hilfe dieser Thermosensoren 40, 40' kann für unterschiedliche HF-Leistungen, Gasflüsse etc. eine lokale Temperatur der Elektroden 4,5 als Funktion der Leistung der Temperiervorrichtung 27, 29, 30 ermittelt werden. Basierend auf solchen Messungen kann die momentane Temperierleistung, bedarfsweise auch die geometrische Gestaltung der Temperiervorrichtungen 27, 29, 30 optimiert werden. Weiterhin können während der Plasmabehandlung Messwerte der Thermosensoren 40, 40' gewonnen und für eine prozessbegleitende Regelung der Leistung der Temperiervorrichtungen 27, 29, 30 verwendet werden.

Die Temperierleistung der Temperiermittel 29, 30, gegebenenfalls auch der Temperiermittel 27 ist ausgelegt zur Einstellung einer Temperaturdifferenz $T_{rs} - T_{vs} > 0,5 \text{ K}$, wobei T_{rs} eine mittlere Temperatur der Rückseitenfläche des Substrats 2 und T_{vs} eine mittlere Temperatur der Vorderseitenfläche des Substrats 2 bezeichnet. Ferner ist die Temperierleistung der Temperiermittel ausgelegt zur Plasmabehandlung bei einer Temperatur T_{rs} zwischen 120°C und 300°C und/oder einer Temperatur T_{vs} zwischen 20°C und 100°C und/oder bei einer Temperatur T_G zwischen 20°C und 300°C und/oder einer Temperatur T_E zwischen 20°C und 100°C , wobei T_G eine mittlere Temperatur der Gegenelektrode und T_E eine mittlere Temperatur der Elektrode bezeichnet. Es versteht sich, dass bei Auslegung der Temperierleistung Parameter wie Plasmaleistung, Abstand von Elektrode und Gegenelektrode bzw. Abstand Gasaustrittsplatte und Vorderseitenfläche des Substrats, thermische Kopplung zwischen den Temperiermitteln und Rückseitenfläche des Substrats, Reaktionsgase, Prozessgase, Vorgaben der Prozesstemperatur usw. in fachmännischer Weise zu berücksichtigen sind.

Die Vorrichtung weist ferner Mittel zum Beaufschlagen von Randseiten des Substrats 2 mit einer Kraft zum Erzeugen einer das Substrat 2 mit seiner Rückseitenfläche gegen die Auflagenfläche 5a haltenden Kraft auf. Die Gegenelektrode 5 weist auf ihrer der Elektrode 4 zugewandten Seite eine Vorrichtung 21 zur Halterung des Substrats 2 auf. Die bevorzugt als Fixiervorrichtung ausgebildete Vorrichtung 21 umfasst als Haltermittel einen oder

mehrere Niederhalter 31, die das Substrat 2 randseitig auf die Auflagefläche 5a fungierende Oberfläche der Gegenelektrode 5 pressen können. Die Halterungsmittel können fingerartig oder rahmenartig ausgebildet sein. Insbesondere können die Halterungsmittel mechanisch mit der Gegenelektrode 3 verbunden, gleichzeitig aber elektrisch und/oder thermisch von dieser isoliert sein.

Figur 2 zeigt in schematischen Darstellungen einen Schnitt durch ein flaches Substrat 50 mit einer Vorderseite 55, einer Rückseite 60 sowie Randseiten 65, das auf einer Auflagefläche 5a liegt, wobei die Temperaturdifferenz zwischen Vorderseite 55 und Rückseite 60 in der oberen Teilfigur $dT < 0$ und in der unteren Teilfigur $dT > 0$ beträgt und in der oberen Teilfigur eine konvexe Wölbung und in der unteren Teilfigur eine konkave Wölbung, jeweils von oben gesehen ausgebildet ist. Durch Beaufschlagung der Randseiten 65, kann in der Teilfigur das Substrat 50 gegen die Auflagefläche 5a gepresst werden.

Bei der Plasmabehandlung erfolgen folgende Schritte:

- thermisches Erzeugen einer mechanischen Vorspannung im Substrat, die einer aus Richtung der Elektrode gesehen konkaven Wölbung des Substrats entspricht; vgl. Figur 2, untere Teilfigur, und
- Beaufschlagung von Randseiten des Substrats mit einer Kraft zum Erzeugen einer das Substrat mit seiner Rückseitenfläche gegen die Auflagenfläche haltenden Kraft.

Zur Erreichung einer hohen thermischen Kopplung wird in den Bereich zwischen Rückseitenfläche des Substrats und Auflagefläche Wasserstoff- und/oder Heliumgas mit einem Prozessdruck zwischen 0,1 mbar und 250 mbar eingeleitet. Die Auflagefläche wird beispielsweise auf eine mittlere Temperatur T_A in einem Bereich zwischen 20°C und 300°C temperiert und damit die an die Auflagefläche gedrückte Rückseitenfläche des Substrats auf eine entsprechende Temperatur gebracht. Mit dem Verfahren lassen sich Schichten mit einer laterale Homogenität von weniger als 1% herstellen.

Mittels der Temperiermittel wird beispielsweise eine Temperaturdifferenz $T_{RS} - T_V$ zwischen 0,5 K und 1,0 K eingestellt, wobei T_{RS} eine mittlere Temperatur der Rückseitenfläche des Substrats und T_V eine mittlere Temperatur der Vorderseitenfläche des Substrats bezeichnet. Die Plasmabehandlung erfolgt insbesondere bei einer

Temperatur T_{RS} zwischen 120°C und 300°C und/oder einer Temperatur T_{VS} zwischen 20°C und 100°C . Ferner erfolgt die Plasmabehandlung insbesondere bei einer Temperatur T_G zwischen 20°C und 300°C und/oder einer Temperatur T_E zwischen 20°C und 100°C , wobei T_G eine mittlere Temperatur der Gegenelektrode und T_E eine mittlere Temperatur der Elektrode bezeichnen.

Patentansprüche

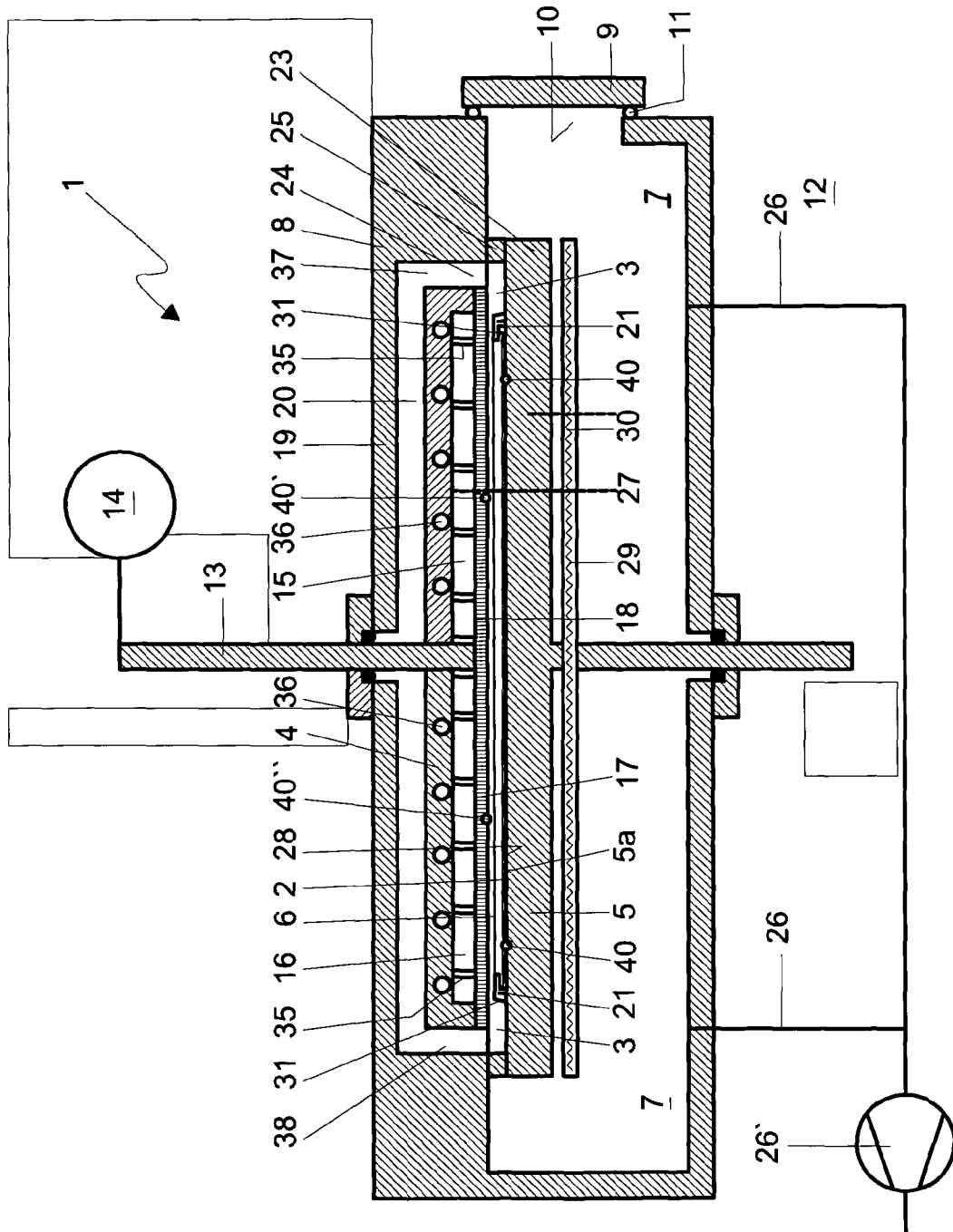
1. Verfahren zur Plasmabehandlung eines flachen Substrats, wobei das Substrat zwischen einer Elektrode einer planen Aufladefläche, die einer Gegenelektrode zugeordnet ist, angeordnet wird und dabei mit seiner Vorderseite der Elektrode und mit seiner Rückseite der Aufladefläche zugewandt ist, mit
 - Haltern des Substrats an der Aufladefläche
 - thermisches Erzeugen einer mechanischen Vorspannung im Substrat, die einer aus Richtung der Elektrode gesehen konkaven Wölbung des Substrats mit von der Aufladefläche beabstandeten Randseiten des Substrats entspricht mittels Temperierung von Vorderseite und/ oder Rückseite des Substrats
 - Beaufschlagen der Randseiten mit lokalen Kräften zum Erreichen eines flachen Anliegen der Rückseitenfläche des Substrats an der Aufladefläche mittels zumindest eines Niederhalters
 - Anregung der Plasmaentladung mittels einer HF-Spannung.
2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet, durch Zulassen einer seitlichen Ausdehnung des Substrats nach Beaufschlagen der Randseiten mittels lokalen Kräften mittels des zumindest einen Niederhalters.
3. Verfahren zur Plasmabehandlung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat während der Plasmabehandlung mit einem Winkel in einem Bereich zwischen 3° und 30° zur Senkrechten gehalten wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Plasmabehandlung bei einer Temperatur T_{rs} zwischen 20°C und 300°C und/oder einer Temperatur T_{vs} zwischen 20°C und 300°C und/oder bei einer Temperatur T_G zwischen 20°C und 300°C und/oder einer Temperatur T_E zwischen 20°C und 300°C erfolgt, wobei T_G eine mittlere Temperatur der Gegenelektrode und T_E eine mittlere Temperatur der Elektrode bezeichnet und/oder die Aufladefläche auf eine mittlere Temperatur T_A in einem Bereich zwischen 20°C und 300°C temperiert wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Temperiermittel eine Temperaturdifferenz $T_{rs} - T_{vs}$ mit $3,0\text{K} > T_{rs} - T_{vs}$

$>0,5K$ eingestellt wird, wobei T_{rs} eine mittlere Temperatur der Rückseitenfläche des Substrats und T_{vs} eine mittlere Temperatur der Vorderseitenfläche des Substrats bezeichnet

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche dadurch gekennzeichnet, dass in den Bereich zwischen Rückseitenfläche des Substrats und Auflagefläche ein Wasserstoff- und/oder Heliumgas mit einem Prozesspartialdruck zwischen 0,1 mbar und 250 mbar eingeleitet wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Plasmabehandlung an Elektrode und Gegenelektrode eine HF-Leistung in einem Bereich zwischen 0,1 kW/m² und 20 kW/m² angelegt wird.
8. Vorrichtung zur Plasmabehandlung eines flachen Substrats, wobei das Substrat zwischen einer Elektrode einer planen Aufladefläche, die einer Gegenelektrode zugeordnet ist, angeordnet werden kann und dabei mit seiner Vorderseite der Elektrode und mit seiner Rückseite der Auflagefläche zugewandt ist, mit
 - Mitteln zum Haltern des Substrats an der Auflagefläche
 - einer Einrichtung zum thermischen Erzeugen einer mechanischen Vorspannung im Substrat, die einer aus Richtung der Elektrode gesehen konkaven Wölbung des Substrats mit von der Auflagefläche beabstandeten Randseiten des Substrats entspricht mittels Temperierung von Vorderseite und/ oder Rückseite des Substrats
 - Mitteln zum Beaufschlagen der Randseiten mit lokalen Kräften zum Erreichen eines flachen Anliegen der Rückseitenfläche des Substrats an der Auflagefläche mittels zumindest eines Niederhalters
 - Mitteln zur Anregung der Plasmaentladung mittels einer HF-Spannung.
9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich der Elektrode, Gegenelektrode und/oder der Auflagefläche angeordnete Temperiermittel vorgesehen sind.
10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, gekennzeichnet durch eine Ausbildung des zumindest einen Niederhalters, welche eine seitliche Ausdehnung des Substrats nach Beaufschlagen der Randseiten mittels lokalen

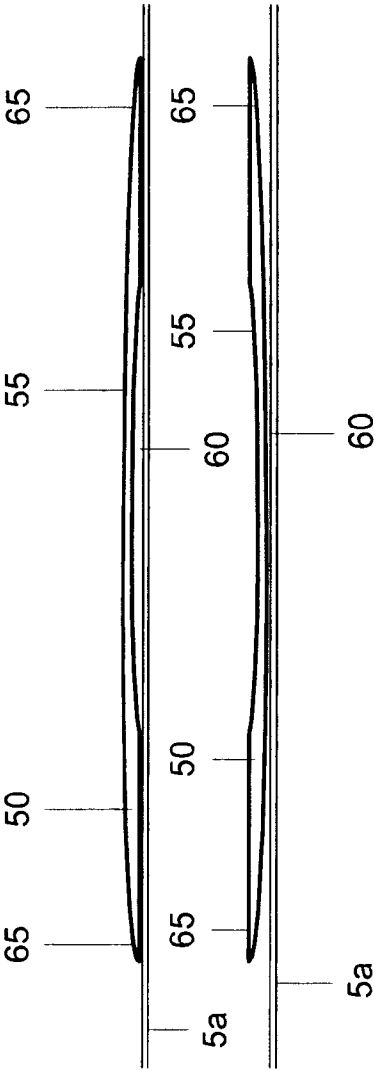
Kräften mittels des zumindest einen Niederhalters zulässt.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, gekennzeichnet durch Ausbildung der Mittel zur Halterung des Substrats, welche während der Plasmabehandlung eine Orientierung des Substrats mit einem Winkel zur Senkrechten in einem Bereich zwischen 3° und 30° mit der Vorderseitenfläche nach unten vorsehen.
12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mittels von im Bereich der Gegenelektrode angeordneten Temperiermittel die Auflagefläche und/oder mittels von im Bereich der Elektrode angeordneten Temperiermittel ein im Bereich zwischen Elektrode (4) und Gegenelektrode (5) angeordneter Gasverteiler temperierbar ist.
13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperiermittel von einer Temperierflüssigkeit durchströmbare Kanäle aufweisen.
14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperierleistung der Temperiermittel ausgelegt ist zur Einstellung einer Temperaturdifferenz $T_{rs} - T_{vs}$ mit $3,0K > T_{rs} - T_{vs} > 0,5K$, wobei T_{rs} eine mittlere Temperatur der Rückseitenfläche des Substrats und T_{vs} eine mittlere Temperatur der Vorderseitenfläche des Substrats bezeichnet.
15. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperierleistung der Temperiermittel ausgelegt ist zur Plasmabehandlung bei einer Temperatur T_{rs} zwischen $20^\circ C$ und $300^\circ C$ und/oder einer Temperatur T_{vs} zwischen $20^\circ C$ und $300^\circ C$ und/oder bei einer Temperatur T_G zwischen $20^\circ C$ und $300^\circ C$ und/oder einer Temperatur T_E zwischen $20^\circ C$ und $100^\circ C$, wobei T_G eine mittlere Temperatur der Gegenelektrode und T_E eine mittlere Temperatur der Elektrode bezeichnet.
16. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Vorrichtungsansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine elektrische Leistungsversorgung vorgesehen ist, mittels der an Elektrode und Gegenelektrode eine HF-Leistung in einem Bereich zwischen $0,1 \text{ kW/m}^2$ und 20 kW/m^2 angelegt werden kann.



Figur 1

ERSATZBLATT (REGEL 26)



Figur 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/003516

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. C23C16/46 H01J37/32 H01L21/02
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) onto both national Classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (Classification System followed by Classification Symbols)
C23C H01J C30B H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No.
X	US 2002/083897 AI (SHANG QUANYUAN [US] ET AL) 4 July 2002 (2002-07-04)	1, 2, 4, 6-8, 10, 15, 16
Y	paragraphs [0007] , [0008] , [0009] , [0026] -----	3, 9, 11-13
Y	DE 10 2007 022431 AI (LEYBOLD OPTICS GMBH [DE]) 13 November 2008 (2008-11-13) Paragraph [0040] -----	3, 11
Y	US 2007/128863 AI (MA PAUL [US] ET AL) 7 June 2007 (2007-06-07) paragraphs [0019] - [0021] , [0051] -----	9, 12, 13
A	US 2008/011738 AI (YOSHI E TORU [JP]) 17 January 2008 (2008-01-17) Paragraph [0063] -----	1, 8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general State of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 September 2011

Date of mailing of the international search report

07/10/2011

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kudel ka, Stephan

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/003516

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002083897 AI	04-07-2002	US 2005150459 AI	14-07-2005
DE 102007022431 AI	13-11-2008	AU 2008271675 AI	08-01-2009
		CA 2688522 AI	08-01-2009
		CN 101743610 A	16-06-2010
		EP 2147452 A2	27-01-2010
		WO 2009003552 A2	08-01-2009
		JP 2010526446 A	29-07-2010
		KR 20100017736 A	16-02-2010
		MA 31423 B1	01-06-2010
		US 2010255196 AI	07-10-2010
US 2007128863 AI	07-06-2007	NONE	
US 2008011738 AI	17-01-2008	JP 2008021945 A	31-01-2008

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/003516

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. C23C16/46 H01J37/32 H01L21/02
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
C23C H01J C30B H01L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2002/083897 AI (SHANG QUANYUAN [US] ET AL) 4. Juli 2002 (2002-07-04)	1, 2, 4, 6-8, 10, 15, 16
Y	Absätze [0007] , [0008] , [0009] , [0026]	3, 9, 11-13
Y	DE 10 2007 022431 AI (LEYBOLD OPTICS GMBH [DE]) 13. November 2008 (2008-11-13) Absatz [0040]	3, 11
Y	US 2007/128863 AI (MA PAUL [US] ET AL) 7. Juni 2007 (2007-06-07) Absätze [0019] - [0021] , [0051]	9, 12, 13
A	US 2008/011738 AI (YOSHI E TORU [JP]) 17. Januar 2008 (2008-01-17) Absatz [0063]	1, 8



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

28. September 2011

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

07/10/2011

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kudel ka, Stephan

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/003516

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument			Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
US	2002083897	AI	04-07-2002	US	2005150459	AI	14-07-2005	
DE	102007022431	AI	13-11-2008	AU	2008271675	AI	08-01-2009	
				CA	2688522	AI	08-01-2009	
				CN	101743610	A	16-06-2010	
				EP	2147452	A2	27-01-2010	
				WO	2009003552	A2	08-01-2009	
				JP	2010526446	A	29-07-2010	
				KR	20100017736	A	16-02-2010	
				MA	31423	Bl	01-06-2010	
				US	2010255196	AI	07-10-2010	
US	2007128863	AI	07-06-2007	KEINE				
US	2008011738	AI	17-01-2008	JP	2008021945	A	31-01-2008	