

(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
18. Oktober 2012 (18.10.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/140253 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 21/67 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/056903

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. April 2012 (16.04.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2011 007 544.5
15. April 2011 (15.04.2011) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **VON ARDENNE ANLAGENTECHNIK
GMBH** [DE/DE]; Plattenleite 19/29, 01324 Dresden (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **GROSS, Harald**
[DE/DE]; Beethovenstr. 9, 01465 Langebrück (DE).
LINSS, Volker [DE/DE]; Küntzelmannstraße 4, 01324
Dresden (DE). **NEIDHARDT, Jörg** [DE/DE]; Hechtstraße
24, 01097 Dresden (DE).

(74) Anwalt: **ADLER, Peter**; Lippert, Stachow & Partner,
Krenkelstraße 3, 01309 Dresden (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, DE, 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, QA, RO, RS, RU, RW,
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, RW, 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,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR THERMALLY TREATING SUBSTRATES

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR THERMISCHEN BEHANDLUNG VON SUBSTRATEN

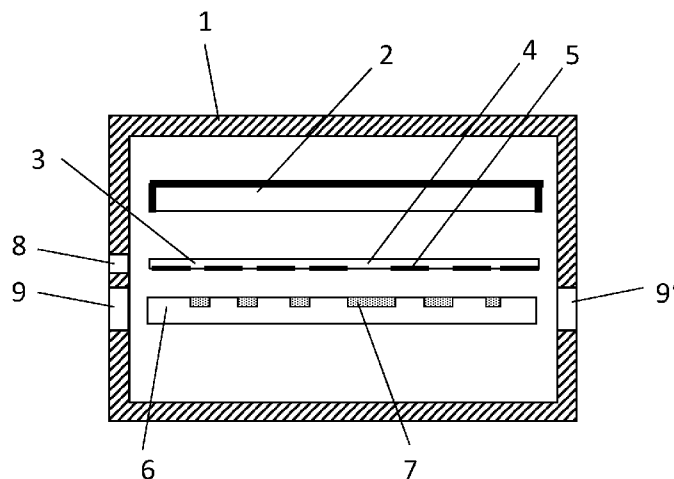


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for thermally treating substrates using an RTP process, to an RTP device, and to the use of such a method and such a device to change substrates by applying energy. The aim of the present invention is to find a method and a device by means of which complex thermally induced structures can be simultaneously produced on the substrate in a time-saving manner. Said aim is achieved by a method in which the substrate (6) is thermally treated in a locally defined manner, in that one or more sub-areas of the substrate (6) are exposed to the radiation of a radiation means (2) for a duration on an order of magnitude of one millisecond by a device containing means for the defined local variation of the application of energy to the substrate, and the application of energy to the substrate (6) is limited to sub-areas having a width less than 100 micrometers.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



— mit geänderten Ansprüchen gemäss Artikel 19 Absatz 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur thermischen Behandlung von Substraten, unter Nutzung eines RTP-Prozesses, eine RTP-Vorrichtung sowie die Verwendung eines solchen Verfahrens und einer solchen Vorrichtung zur Veränderung von Substraten mittels Energieeintrag. Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu finden, bei dem komplexe thermisch induzierte Strukturen gleichzeitig und zeitsparend auf dem Substrat erzeugt werden können. Dies wird erreicht durch ein Verfahren in dem das Substrat (6) lokal definiert thermisch behandelt wird, indem durch eine Vorrichtung, die Mittel zur definierten lokalen Variation des Energieeintrags in das Substrat beinhaltet, ein oder mehrere Teilbereiche des Substrats (6) während einer Dauer in der Grössenordnung von einer Millisekunde der Strahlung eines Strahlungsmittels (2) ausgesetzt und der Energieeintrag in das Substrat (6) auf Teilbereiche mit einer Breite von kleiner 100 Mikrometern begrenzt wird.

Verfahren und Vorrichtung zur thermischen Behandlung von Substraten

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur thermischen Behandlung von Substraten, unter Nutzung eines RTP („Rapid Thermal Processing“ = „schnelle thermische Bearbeitung“)-Prozesses, eine RTP-Vorrichtung sowie die Verwendung eines solchen Verfahrens und einer solchen Vorrichtung zur
10 Veränderung von Substraten mittels Energieeintrag.

Die Veränderung von Oberflächen, Strukturen wie auch Tiefenprofilen von Massivmaterialien oder von Funktionsschichten auf Substraten zu deren Vergütung erfolgt typischerweise durch das Tempern bzw. temperähnliche
15 Prozesse. Tempern ist das Aufheizen des entsprechenden Materials auf eine Temperatur unterhalb seiner Schmelztemperatur über einen definierten Zeitraum und nach einem definierten Temperaturprofil, d.h. mit definierten Temperaturanstiegs- und Abkühlungsraten. Dabei kann
20 zusätzlich auch noch unter Einwirkung von Reaktionsgasen eine Umwandlung der diesen Gasen ausgesetzten Oberflächen stattfinden.

Für die thermische Behandlung von auf Substraten abgeschiedenen Funktionsschichten wird meist das gesamte
25 Substrat aufgeheizt. Diese Prozesse dauern typischerweise von einigen Minuten bis hin zu Stunden. Solche Standardprozesse sind nicht für solche Substrate oder gar komplexe Schichtabfolgen auf Substraten geeignet, die sich bei Temperaturbelastung verändern oder gar zerstört werden,
30 wenn eigentlich nur eine bestimmte Funktionsschicht durch Temperatureinwirkung verändert werden soll.

Temperprozesse werden unter anderem in der Halbleiterproduktion eingesetzt, wobei auch hier vielfach die Forderung besteht, die Oberfläche oder aber

oberflächennahe Bereiche des Substrats thermisch zu beeinflussen, dabei jedoch beispielsweise Dotierprofile des Halbleiters so wenig wie nur möglich zu verändern.

Beispielsweise sollen Kristalldefekte aufgrund einer

5 Ionenimplantation ausgeheilt werden ohne das bereits vorhandene Dotierprofil zu verändern.

Deshalb werden zu solchen Zwecken Prozesse genutzt, bei denen die Temperaturbelastung verhältnismäßig gering gehalten werden kann: Typischerweise sind das sogenannte

10 RTP-Verfahren (Rapid Thermal Processing), bei denen besonders hohe Temperaturanstiegs- bzw. abkühlungsraten erreicht werden können. Mit Hilfe von RTP-Verfahren werden beispielsweise implantierte Spezies aktiviert, Siliziumoberflächen oxidiert oder aber amorphes Silizium in
15 polykristallines Silizium umgewandelt. Zudem zeichnen sich RTP-Prozesse durch einstellbare geringe Eindringtiefen der Energie aus, so dass z.B. lediglich oberflächliche Bereiche oder eine Beschichtung beeinflusst werden.

Um diese hohen Temperaturanstiegs- und Abkühlungsraten zu
20 erreichen, werden bei RTP-Verfahren üblicherweise Halogenlampen und mittlerweile auch Blitzlampen zum Einsatz gebracht. Mit derartigen Strahlungsmitteln ist es prinzipiell möglich, die Oberflächen bzw. anhaftende Schichten stark, z.B. mehrere hundert bis über tausend Grad
25 Celsius, zu erhitzen und dabei das Substrat nur bis in eine Tiefe von wenigen Mikrometern zu erwärmen. Weiter in der Tiefe liegende Schichten bzw. Bereiche des Substrates bleiben dabei auf Raumtemperatur. Voraussetzung ist, dass das zu erwärmende Material das Licht absorbiert und damit
30 eine Temperaturerhöhung möglich ist.

Bei der Nutzung von RTP-Verfahren hat man sich allerdings bislang darauf konzentriert, Substrate besonders uniform zu behandeln, d.h. die Prozessbedingungen über das gesamte Substrat hinweg so gleich wie nur möglich zu halten. Dabei

wurden diverse Hilfsmittel eingesetzt. In der KR1020090056671A wird so beispielsweise eine Anordnung verschiedener Heizlampen und von Masken zwischen diesen Lampen und dem Substrat beschrieben, die die von den Lampen ausgesendete Strahlung besonders uniform auf dem Substrat aufreffen lässt.

In RTP-artigen Verfahren und Vorrichtungen zur thermischen Behandlung von Substraten werden bisher entsprechende Strahlungsmittel nur für die Bestrahlung der gesamten Oberfläche des Substrats verwendet. Es ist mit diesen Verfahren und Vorrichtungen nach dem Stand der Technik nicht möglich, nur definierte Teilbereiche der Oberfläche zu tempern, während andere nicht thermisch beaufschlagt werden.

Zur thermischen Behandlung nur von Teilbereichen der Oberfläche wurden bislang Laser eingesetzt, die dann entsprechend über die Oberfläche der Substrate geführt werden, wobei diese Verfahren wiederum schwerpunktmäßig in der Photovoltaikindustrie eingesetzt werden. Durch das Führen des Lasers über die Oberfläche ist allerdings hierfür ein erheblicher Zeitaufwand nötig, insbesondere die lokale thermische Behandlung von komplexeren Strukturen ist auf diese Art und Weise nicht mit dem für die Produktion erforderlichen Durchsatz zu bewerkstelligen.

Generell werden hingegen zur Erzeugung von komplexeren Strukturen auf Substraten, bei denen jedoch keine lokale thermische Behandlung notwendig ist, Fotolithografie-Verfahren und -Vorrichtungen oder aber die Laserstrukturierung eingesetzt. Bei Fotolithografie-Verfahren wird dabei eine fotoempfindliche Schicht auf dem Substrat abgeschieden, anschließend unter Zuhilfenahme einer sogenannten Fotomaske, also einer Schattenmaske, die erzeugt wurde durch Strukturierung einer lichtreflektierenden Schicht auf einem transparenten Grundkörper, belichtet und entwickelt. Nach der Entwicklung der belichteten

fotoempfindlichen Schicht wird diese dann wiederum zur gezielten Behandlung (wie z.B. Strukturierung oder Implantation) des darunterliegenden Substrats verwendet und anschließend die strukturierte fotoempfindliche Schicht
5 wieder entfernt. Gewünschte Strukturen werden also immer indirekt und unter Nutzung einer Abfolge verschiedener, teilweise sehr kostenintensiver Prozesse auf das Substrat übertragen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es nun, ein Verfahren
10 und eine Vorrichtung zur thermischen Behandlung von Substraten zu finden, bei dem komplexe thermisch induzierte Strukturen gleichzeitig und zeitsparend auf dem Substrat erzeugt werden können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein
15 Verfahren zur thermischen Behandlung von Substraten mit den Merkmalen des Anspruchs 1, eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 13, einer Beschichtungsvorrichtung nach Anspruch 24 und die Verwendungen einer erfindungsgemäßen Vorrichtung für die thermische Behandlung
20 von Substraten nach den Ansprüchen 25, 26 und 27. Die jeweils darauf bezogenen abhängigen Ansprüche geben vorteilhafte Ausführungsvarianten wieder.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur thermischen Behandlung von Substraten, wobei unter dem Begriff Substrat im
25 folgenden sowohl ein Massivmaterial als auch eine strukturierte und/oder nicht strukturierte Schichtabfolge auf einer Unterlage verstanden werden soll, das sowohl eine ebene Oberfläche als auch eine gezielt aufgebaute Topologie aufweisen kann, nutzt einen RTP („Rapid Thermal Processing“,
30 d.h. „schnelle thermische Bearbeitung“)-Prozess, bei dem ein Strahlungsmittel einen Energieeintrag in ein Substrat und damit eine oberflächliche Temperaturerhöhung des Substrats mit hohen Temperaturanstiegs- und Abkühlungsraten bewirkt, was kurze Expositionszeiten des Substrats ermöglicht.

Die für RTP-Prozesse üblichen hohen Leistungen des Strahlungsmittels bewegen sich dabei im Bereich mehrerer zehn Kilowatt, womit hohe Temperaturanstiegsraten von üblicherweise hundert bis mehreren hundert Kelvin pro Sekunde erreicht werden können, die Zeiten der Einwirkung der Strahlung, als Expositionszeit bezeichnet, damit sehr gering gehalten werden können. Zur Erzielung der oberflächlichen Temperaturerhöhung sowie der geringen thermisch induzierten Strukturbreiten von kleiner als 100 Mikrometern sind Expositionszeiten in der Größenordnung einer Millisekunde erforderlich, was einen Bereich von 0,1 Millisekunden und kleiner bis zu einigen Millisekunden einschließt.

Die Expositionszeit wird dabei von der gewünschten Eindringtiefe, den gewünschten Strukturbreiten und den thermischen Eigenschaften des Materials des Substrats und gegebenenfalls oberflächlicher Beschichtungen bestimmt. Eindringtiefe und Strukturbreite werden von der Wärmeleitung im Substrat und gegebenenfalls Wärmeübergängen zwischen Schichten unterschiedlicher Materialien bestimmt, so dass die Expositionszeit klein genug sein muss, um die Seiten- und Tiefenausdehnung der thermischen Behandlung gut zu begrenzen und so während der Behandlung sowie während der Abkühlung aufgrund der Wärmeausbreitung im Substrat die Strukturturen und Strukturbreiten nicht zu verwischen. Anhand der Materialkennwerte ist die erforderliche Expositionszeit für die gewünschten Strukturabmessungen rechnerisch oder durch Simulation zu ermitteln. In Abhängigkeit vom Aufbau eines Schichtsystems sind z.B. mit Expositionszeiten von lms Strukturbreiten von ca. 10µm bis 50µm zu erzielen.

Da bei diesen Verfahren die Strahlungsquelle abrupt abgeschaltet werden kann und nur sehr begrenzte Substratbereiche erwärmt werden, sind hernach

Abkühlungsraten in ähnlichen Größenordnungen wie die Temperaturanstiegsraten möglich. Üblicherweise liegen diese Abkühlungsraten leicht unterhalb der Temperaturanstiegsraten bei mehreren hundert Kelvin pro Millisekunde. Sie sind von
5 der Art des Energieeintrags in das Substrat und der Erwärmung der Umgebung abhängig. Je höher die Temperaturanstiegsraten und je geringer die Gesamtprozesszeit, umso geringer wird sich die Umgebung aufheizen und somit auch eine hohe Abkühlungsrate
10 ermöglichen. Dabei hat sich entsprechend einer Ausgestaltung des Verfahrens eine Leistungsdichte von mindestens 1000 W/cm² als vorteilhaft erwiesen.

Das erfindungsgemäße Verfahren soll dabei nicht auf die oben angegebenen Bereiche beschränkt werden, sondern es kann auch
15 nach einer Weiterentwicklung der üblichen RTP-Prozesse und -Anlagen, die zu noch höheren Leistungen, kürzeren Expositionszeiten und noch höheren Temperaturanstiegs- und Abkühlungsraten führen, weiterhin eingesetzt werden.

Erfindungsgemäß wird dabei das Substrat lokal definiert
20 thermisch behandelt und damit lokal differenziert in seiner Struktur verändert: Unterschiedliche Bereiche auf dem Substrat werden gleichzeitig einem unterschiedlichen Energieeintrag ausgesetzt. Mit anderen Worten ist zumindest für zwei Teilflächen des Substrats die
25 Energieeintragsdichte, d.h., der Energieeintrag pro Fläche, verschieden. Die lokal definierte thermische Behandlung, die auch als „Microtempering“ bezeichnet werden kann, beinhaltet dabei ein vorheriges Festlegen des notwendigen Energieeintrags für jede Position des Substrates und eine
30 Übertragung dieser so festgelegten „Energieeintragsstruktur“ in lokale Prozessparameter.

Die zur Ausführung des erfindungsgemäßen RTP („Rapid Thermal Processing“, d.h. „schnelle thermische Bearbeitung“)-Verfahrens verwendete RTP-Vorrichtung enthält ein

Strahlungsmittel mit dem hohen Strahlungsleistungen erzeugt werden können, ein dem Strahlungsmittel gegenüberliegendes Substrat, sowie Mittel zur definierten lokalen Variation des Energieeintrags in das Substrat. Diese sind derart

5 ausgebildet, dass Teilbereiche des Substrats mit gegenüber benachbarten Bereichen abweichendem Energieeintrag auf kleiner als 100 Mikrometer begrenzt sind. Des Weiteren ist das Strahlungsmittel derart ausgebildet, dass Expositionszeiten um eine Millisekunden und kleiner
10 realisierbar sind.

Je nach Einsatz dieser Vorrichtung kann dabei die lokale Variation des Energieeintrags in das dem Strahlungsmittel gegenüber liegende Substrat durch entsprechende lokale Variation der Leistung des Strahlungsmittels selbst oder
15 aber durch Nutzung zusätzlicher Hilfsmittel zum Fokussieren und/oder zum Ausblenden der vom Strahlungsmittel erzeugten Strahlung erreicht werden.

Um die oben zum Verfahren beschriebenen Leistungsdichten zu erzielen, weist die RTP-Vorrichtung in einer Ausführungsform
20 Strahlungsmittel auf, welche geeignet sind, während einer Belichtungszeit einer Leistungsdichte von 1000 W/cm² und mehr zu erzeugen. Beispielsweise mittels einer oder mehrerer Blitzlampen sind die erforderlichen hohen Leistungsdichten bei gleichzeitig kurzen Schaltzeiten für die erforderlichen
25 geringen Expositionszeiten zu erzielen. Mit Blitzlampen sind Expositionszeiten erreichbar, die in Bereichen bis unter einer Zehntel Millisekunde liegen. Die für die thermische Behandlung des Substrats benötigte Strahlung kann optional entweder nur durch die Blitzlampe erzeugt werden oder aber
30 durch eine Blitzlampe, die in Kombination mit anderen Strahlungskörpern eingesetzt wird. Expositionszeiten kleiner als zehn Millisekunden und insbesondere kleiner als eine Millisekunde erlauben einen äußerst lokalen Energieeintrag, denn wie oben dargelegt, ist die Erwärmung von

nichtgewünschten Bereichen des Substrats wie auch von der gesamten Umgebung des Substrats von den Verfahrenszeiten abhängig.

In einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lösung
5 enthält die Vorrichtung dabei Mittel zur Begrenzung des Energieeintrags in das Substrat, die diesen Energieeintrag jeweils auf definierte Bereiche in Größenordnungen ab wenigen Mikrometern Breite beschränken können. Dies ermöglicht grundsätzlich die Nutzung einer solchen
10 Vorrichtung für einen „strukturierten“ Energieeintrag, so dass diese Vorrichtung ähnlich den Belichtungsvorrichtungen in üblichen Fotolithographie-Verfahren, die zur topologischen Strukturierung oder zur Maskierung von Implantationen eingesetzt werden, genutzt werden kann, mit
15 dem Unterschied, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung eine „Strukturierung“ auf dem Substrat durch die lokale thermische Veränderung der Oberflächen, der inneren Struktur des Substratmaterials oder der Zusammensetzung des Substratmaterials und/oder von Tiefenprofilen im Substrat
20 ermöglicht.

In einer besonderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird dies dadurch ermöglicht, dass zwischen dem Strahlungsmittel und dem Substrat eine Schattenmaske, d.h., eine partiell transparente Maske, positionierbar ist, deren
25 Grundkörper aus einem für die durch das Strahlungsmittel ausgesendete Strahlung transparenten Material besteht. Auf diesem ist substratseitig eine dünne strahlungsreflektierende Schicht derart aufgebracht und strukturiert worden, dass sie Öffnungen genau an den
30 Positionen enthält, an denen die durch das Strahlungsmittel ausgesendete Strahlung auf das hinter der Schattenmaske befindliche Substrat treffen soll. Die Öffnungen können dabei Minimalbreiten von wenigen Zehntel Mikrometern aufweisen. Diese Schattenmaske enthält also die festgelegte

„Energieeintragsstruktur“, die das Substrat nach der thermischen Behandlung mit dem erfindungsgemäßen Verfahren aufweisen soll. Sie ist spezifisch ausgebildet, d.h., für unterschiedliche Verwendungen dieser Vorrichtung werden
5 jeweils entsprechende Schattenmasken erstellt.

In einem speziellen erfindungsgemäßen Verfahren wird dabei die spezifische Schattenmaske, durch die festgelegt ist, in welchen Positionen das Substrat lokal thermisch behandelt werden soll, zwischen das Strahlungsmittel und das zu
10 behandelnde Substrat eingebracht. Die Strahlung des Strahlungsmittels gelangt also von der Rückseite der Schattenmaske durch die Öffnungen in der strahlungsreflektierenden Schicht hindurch auf das Substrat und führt nur dort zu einem lokalen Energieeintrag und damit
15 beispielsweise zu einem lokalen Temperprozess. An Stellen, an denen keine Öffnung in der strahlungsreflektierenden Schicht vorhanden ist, wird das Licht zurück durch den transparenten Grundkörper der Schattenmaske reflektiert und führt damit zu keiner Erwärmung der Oberfläche des
20 Substrats, so dass eine thermische Behandlung dieser Bereiche des Substrats vermieden wird. Dabei kann das Einbringen der Schattenmaske vor der thermischen Behandlung oder aber zwischen verschiedenen Schritten der thermischen Behandlung des Substrats erfolgen. Auch ist ein sukzessives
25 Arbeiten mit mehreren Masken in verschiedenen Teilschritten der thermischen Behandlung des Substrats möglich.

In einer speziellen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird hierfür eine Schattenmaske verwendet, die einen Grundkörper aus Quarzglas und eine aluminiumhaltige
30 strahlungsreflektierende Schicht aufweist. Möglich ist hier beispielsweise eine Aluminiumschicht mit einer Dicke von zirka 100 nm. Auch andere Materialien wie Silber sind als strahlungsreflektierende Schicht einsetzbar. Prinzipiell sollte als Grundkörper für eine solche Schattenmaske ein

erstes, für die eingesetzte Strahlung transparentes Material und für die auf dem Grundkörper befindliche strukturierte strahlungsreflektierende Schicht ein für die eingesetzte Strahlung idealerweise totalreflektierendes Material genutzt werden.

In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann das Strahlungsmittel während der thermischen Behandlung zeitlich und/oder räumlich seine Strahlungsintensität variieren. Damit können bei einfachen zu erzeugenden „Energieeintragsstrukturen“ diese allein über diese Variation der Strahlungsintensität erreicht werden, oder aber die Variation der Strahlungsintensität mit dem Einsatz einer Schattenmaske kombiniert werden, um auf diese Weise kompliziertere „Energieeintragsstrukturen“ zu erzeugen.

Dabei enthält in einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung das Strahlungsmittel eine Vielzahl von einzelnen Strahlungskörpern. Dies ermöglicht eine einfache Erzeugung von Strahlung mit lokal variablen Intensitäten, wenn in dieser Ausführungsform jeder einzelne Leuchtkörper des Strahlungsmittels unabhängig angesteuert werden kann.

In einer häufig genutzten Ausführungsvariante des Verfahrens wird divergente Strahlung verwendete. In dieser Ausführungsvariante ergibt sich eine Vielzahl von einfachen Realisierungsmöglichkeiten der Strahlungserzeugung. Das ist insbesondere günstig, wenn, wie in diesem Verfahren, beachtet werden muss, dass die ausgesendete Strahlung einen zur schnellen Erwärmung des Substrats geeigneten Energieeintrag ermöglichen muss. Die Auswahl eines bestimmten Wellenlängenbereichs wird dort notwendig, wo das Verfahren bei Einsatz von Strahlung beliebiger Wellenlängen zur Schädigung des Substratmaterials führen kann. Dies kann z.B. bei der Behandlung von organischem Material der Fall

sein.

Die dafür verwendbare Ausführungsform der RTP-Vorrichtung enthält dementsprechend ein divergent ausstrahlendes Strahlungsmittel. Solcherart Strahlungsmittel sind relativ
5 einfach aufgebaut, können bei Bedarf auch größere Bereiche ausleuchten und es bietet sich eine größere Auswahl an für den jeweiligen Zweck einsetzbaren Strahlungsmitteln: Diese Strahlungsmittel können nichtkontinuierlicher wie auch kontinuierlicher Art sein. Neben im sichtbaren Bereich
10 ausstrahlenden Strahlungsmitteln sind ggf. auch im nichtsichtbaren Bereich strahlende Strahlungsmittel möglich.

Eine mögliche spezielle erfindungsgemäße Vorrichtung, die es erlaubt, Substrate mit divergenter Strahlung eines definierten Wellenlängenbereiches thermisch zu behandeln,
15 enthält hierfür zwischen Strahlungsmittel und Substrat positioniert mindestens ein Filter zum Unterdrücken unerwünschter Wellenlängenbereiche. Besonders zur Behandlung von organischen Substratmaterialien wird hierfür ein Filter für UV-Strahlung in der erfindungsgemäßen Vorrichtung
20 zwischen Strahlungsmittel und dem Substrat angeordnet. In der Praxis kann beispielsweise ein reguläres Floatglas, welches im Fensterbau eingesetzt wird, als Filter verwendet werden.

In einer weiteren Ausführung des erfindungsgemäßen
25 Verfahrens wird das Substrat und/oder das Strahlungsmittel während der thermischen Behandlung bewegt. Dies bietet eine weitere Möglichkeit, den Energieeintrag lokal zu beeinflussen, denn durch entsprechende Bewegungen kann die durch das Strahlungsmittel erzeugte Strahlung mehr oder
30 weniger lange mehr oder weniger intensiv an einer definierten Position zum Energieeintrag genutzt werden.

Hierzu umfasst eine besondere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung Mittel zur Bewegung des

Substrats und/oder des Strahlungsmittels während des Energieeintrags in das Substrat. Diese Mittel sind dabei so ausgebildet, dass die Bewegung des Substrats und/oder des Strahlungsmittels koordiniert zur gerade eingesetzten Strahlungsintensität erfolgen kann.

In einer speziellen Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die thermische Behandlung des Substrats in einer Inertgasatmosphäre, d.h. bei Vorhandensein von Gasen, mit denen das Substratmaterial selbst bei hohen Temperaturen keine Reaktion eingeht, durchgeführt, um eine chemische Veränderung des Substratmaterials durch den Einfluss der Umgebungselemente während der thermischen Behandlung zu vermeiden.

In wiederum einer anderen speziellen Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens findet die thermische Behandlung des Substrats in einer Reaktivgasatmosphäre statt, sodass das Substratmaterial während der thermischen Behandlung mit dem Reaktivgas reagiert und dadurch die entsprechenden thermisch behandelten Bereiche des Substrats lokal chemisch verändert werden. So kann z.B. das Vorhandensein von Sauerstoff während des erfindungsgemäßen Verfahrens zu einer lokalen Oxidation des thermisch behandelten Substratmaterials führen.

Um eine definierte Atmosphäre, entweder eine Inertgasatmosphäre oder eine Reaktivgasatmosphäre, bei der lokalen thermischen Behandlung von Substraten zu erreichen, enthält eine besondere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung Mittel zur kontrollierten Zufuhr von Gasen in die Vorrichtung und zur kontrollierten Evakuierung von Gasen aus der Vorrichtung. Zudem ist die entsprechende erfindungsgemäße Vorrichtung so ausgeführt, dass ein unkontrolliertes Eindringen von Gasen von außerhalb der Vorrichtung nicht möglich ist. Die Mittel zur kontrollierten Zufuhr von Gasen können dabei entsprechende Gasleitungen mit

regelbaren Ventilen sein. Zur kontrollierten Evakuierung ist beispielsweise ein Pumpensystem einsetzbar.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die dafür verwendete RTP-Vorrichtung sind einsetzbar für verschiedene lokal
5 differenzierte Veränderung von Substraten mittels lokal definierten Energieeintrags. Konkret kann es sich bei den lokalen Veränderungen des Substrates um lokale Widerstandsänderungen oder lokale Änderungen der inneren Struktur des Substrates oder lokale Änderung von
10 Implantationsprofilen oder eine Reaktion von definierten Teilbereichen des Substrats mit Gasen aus der Atmosphäre der Vorrichtung oder eine lokale Beeinflussung des Ätzverhaltens handeln. Bei diesen Eigenschaften handelt es sich um solche Substrateigenschaften, die gut mittels Energieeintrags
15 modifizierbar sind. Auch Kombinationen dieser Strukturierungsmaßnahmen sind möglich.

Prinzipiell ist solche Veränderung eines Substrats unter Temperatureinwirkung möglich, wobei es das erfindungsgemäße RTP-Verfahren und die RTP-Vorrichtung erlaubt, eine vorher
20 festgelegte, d.h. aufgrund funktioneller Gründe geplante, „Energieeintragsstruktur“ und damit eine festgelegte durch Temperatureinwirkung indizierte Strukturierung eines Substrates vorzunehmen.

Als vorteilhaft hat sich die Anwendung des bisher
25 beschriebenen RTP-Verfahrens mit den verschiedenen Ausführungsvarianten für die lokal definiert thermische Behandlung einer oder mehrerer oberster Schichten des Substrats erwiesen. Die kurzen Expositionszeiten und die Beeinflussbarkeit der lateralen und Tiefen-Abmessungen der
30 thermisch induzierten Struktur gestatten die Beschränkung der Strukturierung auf einzelne Schichten.

Dementsprechend entspricht es einer erfindungsgemäßen Verwendung, durch einen lokalen Energieeintrag den

Widerstand einer TCO-Schicht (Transparent Conductive Oxide-Schicht), die auf einem Substrat abgeschieden ist, lokal derart zu ändern, dass dadurch TCO-Leiterbahnen in isolierendem TCO entstehen. Hierzu ist es zunächst nötig, den Widerstand einer kalt abgeschiedenen TCO-Schicht ganzflächig durch Energieeintrag zu vermindern und ihn anschließend lokal durch einen weiteren Energieeintrag entsprechend einer festgelegten „Energieeintragsstruktur“, mit der alle Bereiche der TCO-Schicht festgelegt werden, deren Widerstand so hoch sein soll, dass sie isolierende Eigenschaften haben, stark zu erhöhen.

Eine lokal thermisch zu behandelnde Schicht kann zuvor auf dem Substrat mit einem der üblichen Verfahren, z.B. PVD, CVD oder nasschemisch abgeschieden sein. Zur energetischen oder anlagentechnischen Optimierung oder zur Ausnutzung synergetischer Effekte in Verbindung mit dem Beschichtungsverfahren oder zum Schutz des beschichteten Substrats vor Umgebungseinflüssen kann es von Vorteil sein, die oben beschriebene RTP-Vorrichtung mit geeigneten Ausführungsvarianten in einer Beschichtungsvorrichtung zu integrieren.

Eine weitere erfindungsgemäße Verwendung ist die lokale Reaktion eines Substrates mit Gasen aus der das Substrat umgebenden Atmosphäre. Dabei findet eine Reaktion nur an den Positionen des Substrates statt, an denen der lokale Energieeintrag zu einem Erreichen der nötigen Reaktionstemperatur führt. Ein entsprechender Anwendungsbereich hierfür ist die lokale Oxidation des zu behandelnden Substrats in einer oxidierenden Atmosphäre.

Die erfindungsgemäße Lösung für ein Verfahren und eine Vorrichtung zur lokalen thermischen Behandlung von Substraten sowie deren Verwendung soll nun anhand mehrerer Anwendungsbeispiele erläutert werden.

Die Fig. 1 zeigt eine Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Vorrichtung in einer schematischen Darstellung. In einer RTP-Kammer 1 befindet sich als Strahlungsmittel eine sich über die gesamte Breite der RTP-Kammer 1 ausdehnende Blitzlampe 2 und ein Substrat 6, das ebenfalls die gesamte Breite der RTP-Kammer 1 einnimmt und das einen lokalen Energieeintrag an vorher definierten Positionen 7 erhalten soll.

Dieses Substrat kann durch eine verschließbare Öffnung 9 in einer Seitenwand der RTP-Kammer in diese eingeführt und durch eine weitere verschließbare Öffnung 9' in der gegenüberliegenden Seitenwand der RTP-Kammer wieder ausgeführt werden, so dass diese RTP-Kammer Teil einer größeren Anlage zum Beschichten und Strukturieren von Substraten sein kann, in der das Substrat von einer Vorkammer, in der eine Vorprozessierung stattgefunden hat, in die erfindungsgemäße RTP-Kammer eingeführt wird und nach der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer Folgekammer weiterprozessiert werden kann.

In dieser RTP-Kammer 1 ist zwischen der Blitzlampe 2 und dem Substrat 6 eine Schattenmaske 3 positioniert, die aus einem Grundkörper 4 aus Quarzglas besteht, der eine strahlungsreflektierende strukturierte Schicht 5 aus Aluminium einer Dicke von 100nm enthält, die substratseitig auf den Grundkörper 4 aufgebracht worden ist. Diese Schattenmaske 3 kann bei Nichtgebrauch in der RTP-Vorrichtungskammer 1 weggedreht werden oder aber über eine verschließbare Öffnung 8 in der Seitenwand aus der RTP-Vorrichtungskammer 1 entnommen werden.

Die Schattenmaske 3 enthält durch ihre strahlungsreflektierende strukturierte Schicht 5 auf ihrem Grundkörper 4 die entsprechenden Informationen darüber, an welchen Positionen 7 des Substrats 6 bei Durchführung des entsprechenden Verfahrens der Energieeintrag durch die von

der Blitzlampe 2 ausgesendete Strahlung vollzogen wird. Aufgrund der divergenten Strahlung der Blitzlampe 2 befindet sich die Schattenmaske 3 idealerweise in Kontakt mit dem Substrat 6 oder in größtmöglicher Nähe zu diesem, da es
5 sonst zu einer Verbreiterung der Strukturen der Schattenmaske 3 kommt bzw. sich die Randbereiche der Strukturen einer geringeren einfallenden Lichtintensität auf dem Substrat 6 ausgesetzt werden als zentrale Bereiche der Strukturen.

10 Diese Vorrichtung und ein entsprechendes Verfahren kann nun in einem ersten Anwendungsbeispiel eingesetzt werden um eine gewünschte Widerstandsverteilung auf einem Substrat 6 einzustellen, und damit den Stromfluss bei großflächigen OLEDs oder Elektrochrombeschichtungen durch lokales und
15 graduelles Tempern der entsprechenden Schicht zu verbessern, so dass im Fall des Leuchtens bzw. Schaltens keine Helligkeitsunterschiede auftreten. Dabei sind auch große Substratflächen in Durchlaufanlagen behandelbar, wobei die Widerstands-Strukturen durch Variation der Leistung des
20 Strahlungsmittels 2, dessen einzelne Leuchtelemente bzw. Leuchtbereiche unabhängig voneinander ansteuerbar sind, beim alleinigen Durchlaufen oder durch den zusätzlichen Einsatz von Schattenmasken 3 während der Prozessierung in der Anlage eingestellt werden können.

25 In einem weiteren Anwendungsbeispiel wird die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren verwendet, um eine bei Raumtemperatur abgeschiedenen Schicht eines TCOs, also ein sogenanntes kalt abgeschiedenes TCO wie z.B. ein aluminiumdotiertes Zinkoxid
30 (ZnO:Al), auf einem Substrat 6 durch einen lokalen Energieeintrag unter Nutzung einer Schattenmaske 3 lokal zu tempern. Damit ist die Erniedrigung des Schichtwiderstands und somit die Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit von kalt abgeschiedenem aluminiumdotierten Zinkoxid in

getemperten Bereichen um bis zu einer Größenordnung im Vergleich zu nicht getemperten Bereichen möglich. Zudem wird durch einen lokalen Energieeintrag die Transparenz des TCOs an den gewünschten Positionen 7 erhöht.

5 Die Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens und/oder der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur lokalen thermischen Beeinflussung von TCO-Schichten ist aber nicht allein auf ein Absenken des Widerstandes eines gleichmäßig aufgetragenen TCOs an den getemperten Stellen beschränkt. Es
10 ist bekannt (DE 10 2008 009 337 A1), dass oberhalb einer bestimmten Temperatur der Widerstand des aluminiumdotierten Zinkoxids (ZnO:Al) wieder deutlich ansteigt. Dazu wird zunächst eine kalt in einem Vorprozess auf einem Substrat 6 abgeschiedene TCO-Schicht ganzflächig, d.h. ohne Nutzung
15 einer Schattenmaske 3 oder einer sonstigen lokalen Variation der Leistung des Strahlungsmittels 2 und damit des Energieeintrags, in einer RTP-Kammer 1 getempert und somit ihr Schichtwiderstand ganzflächig erniedrigt.

Anschließend wird die Schattenmaske 3 in der RTP-Kammer 1
20 zwischen dem die TCO-Schicht enthaltenden Substrat 6 und dem Strahlungsmittel 2 in Position gebracht und die TCO-Schicht erneut und mit deutlich höherer Leistung des Strahlungsmittels getempert, wobei in diesem Schritt der lokale Energieeintrag an jeder Position 7 der TCO-Schicht
25 durch die Schattenmaske 3 bestimmt wird. Mit den deutlich „übertemperten“ TCO-Bereichen lassen sich nun größere Unterschiede in der Leitfähigkeit und somit im Widerstand des TCOs herstellen als durch optimal getempertes TCO im Vergleich zu kalt abgeschiedenem. Im Grenzfall ist damit
30 durch die mittels Schattenmaske 3 festgelegte „Energieeintragsstruktur“ die Strukturierung eines isolierenden Materials innerhalb einer leitfähigen TCO-Schicht erreichbar. Es bleiben transparente, leitfähige TCO-Bahnen übrig, die begrenzt sind durch das isolierende TCO-

Material der so behandelten TCO-Schicht.

Anwendung findet das erfindungsgemäße Verfahren und/oder die erfindungsgemäße Vorrichtung auch bei einem weiteren Prozess der OLED-Herstellung. Sollen strukturierte OLEDs hergestellt werden, so wird nach dem Stand der Technik das transparente leitfähige Material abgeschieden und dann an den Stellen, an denen das Material nicht benötigt wird, unter Zuhilfenahme einer Ätzmaske, die vorher z.B. mittels eines fotolithografischen Schritts aufgebracht werden muss, weggeätzt. Das führt zu Kanten, die im weiteren Herstellungsprozess stören, da sie Abschattungen bewirken. Auch hier werden nun stattdessen in der erfindungsgemäßen Anwendung die elektrischen Eigenschaften lokal durch einen lokalen Energieeintrag in einer insgesamt erhaltenen Schicht verändert.

Das erfindungsgemäße Verfahren und/oder die erfindungsgemäße Vorrichtung werden desweiteren auch zur topologischen Strukturierung eingesetzt. Das ist dann möglich, wenn sich das Ätzverhalten eines Substratmaterials bzw. des Materials einer Schicht, die sich auf dem Substrat 6 befindet, durch Temperatureinwirkung signifikant verändert.

Auch für die lokale Kristallisation von organischen Materialien, bei der deren Leitfähigkeit um mehrere Größenordnungen erhöht wird, ist das erfindungsgemäße Verfahren und/oder die erfindungsgemäße Vorrichtung einsetzbar. In diesem Fall wird durch den zusätzlichen Einsatz eines UV-Filters zwischen Blitzlampe 2 und die Schattenmaske 3 die Organik vor Schäden geschützt.

Die lokale Oxidation eines Silizium-Wafers stellt ein weiteres Anwendungsgebiet des erfindungsgemäßen Verfahrens und einer entsprechenden Vorrichtung dar. Hierzu wird das Silizium-Substrat 6 durch eine Schattenmaske 3, auf der die gewünschten Strukturen abgebildet sind, hindurch von einer

Blitzlampe 2 bestrahlt, während es sich in einer stark oxidierenden Atmosphäre befindet. Neben der einfachen Nutzung der so entstandenen Siliziumoxid-Bereiche als isolierende Bereiche zwischen zwei aktiven Silizium-

5 Bereichen sind die so entstandenen Siliziumoxid-Strukturen als Maske für das Ätzen der noch offenliegenden unoxidierten Silizium-Bereiche des Wafers verwendbar. Diese Art der Anwendung ist selbstverständlich auch auf die durch einen Energieeintrag gesteuerten Reaktionen von anderen

10 Substratmaterialien bzw. Schichtmaterialien auf Substraten 6 in anderen Reaktivgasatmosphären übertragbar.

5

Bezugszeichenliste

- 1 RTP-Kammer
- 2 Strahlungsmittel, Blitzlampe
- 3 Schattenmaske
- 10 4 Grundkörper
- 5 strahlungsreflektierende strukturierte Schicht
- 6 Substrat
- 7 Position des lokalen Energieeintrags
- 8 verschließbare Öffnung zum Ein- und Ausführen der
- 15 Schattenmaske
- 9, 9' verschließbare Öffnungen zum Ein- und Ausführen des Substrates

5

Patentansprüche

1. 1. Verfahren zur thermischen Behandlung von Substraten (6), unter Nutzung eines RTP-Prozesses, bei dem ein Strahlungsmittel (2) einen Energieeintrag in das Substrat (6) ermöglicht, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat (6) lokal definiert thermisch behandelt wird, also unterschiedliche Bereiche auf dem Substrat (6) zur gleichen Zeit einem unterschiedlichen Energieeintrag ausgesetzt sind, indem ein oder mehrere Teilbereiche des Substrats (6) während einer Dauer in der Größenordnung von einer Millisekunde der Strahlung eines Strahlungsmittels (2) ausgesetzt und der Energieeintrag in das Substrat (6) auf Teilbereiche mit einer Breite von kleiner 100 Mikrometern begrenzt wird.
2. 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** besagte Teilbereiche mittels des Strahlungsmittels (2) während einer Belichtungszeit einer Leistungsdichte von 1000 W/cm² und mehr ausgesetzt werden.
3. 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zur thermischen Behandlung des Substrats (6) benötigte Strahlung durch eine Blitzlampe (2) erzeugt wird.
4. 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die definierte lokale thermische Behandlung mittels einer spezifischen Schattenmaske (3) erfolgt, die zwischen das Strahlungsmittel (2) und das zu behandelnde Substrat (6) eingebracht wird und während der thermischen Behandlung die vom Strahlungsmittel (2)

ausgesendete Strahlung an den Stellen reflektiert, an denen sie das darunter liegende Substrat (6) nicht treffen soll.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Strahlungsmittel (2) während der thermischen Behandlung zeitlich und/oder räumlich seine Strahlungsintensität variiert.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat (6) mit divergenter Strahlung eines definierten Wellenlängenbereichs lokal thermisch behandelt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat (6) und/oder das Strahlungsmittel (2) während der thermischen Behandlung bewegt werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die thermische Behandlung des Substrats (6) in einer Inertgasatmosphäre, d.h. bei Vorhandensein von Gasen, mit denen das Substratmaterial selbst bei hohen Temperaturen keine Reaktion eingeht, stattfindet.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die thermische Behandlung des Substrats (2) in einer Reaktivgasatmosphäre stattfindet, das Substratmaterial während der thermischen Behandlung mit dem Reaktivgas reagiert und dadurch Bereiche des Substrats (6) chemisch verändert werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels der thermischen Behandlung der Widerstand oder die innere Struktur des Substrates (6) oder ein Implantationsprofil lokal verändert wird oder definierte Teilbereiche des Substrats (6) mit Gasen aus der Atmosphäre der Vorrichtung reagieren oder das Ätzverhalten lokal

beeinflusst wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat (6) beschichtet ist und zumindest die oberste Schicht lokal definiert thermisch
5 behandelt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11 **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels der thermischen Behandlung lokal der Widerstand einer TCO-Schicht auf einem Substrat (6) derart geändert wird, dass zunächst der Widerstand einer kalt abgeschiedenen
10 TCO-Schicht ganzflächig durch Energieeintrag vermindert wird und anschließend lokal durch einen weiteren Energieeintrag stark erhöht wird zur Ausbildung von TCO-Leiterbahnen in isolierendem TCO.

13. RTP-Vorrichtung, die ein Strahlungsmittel (2) und ein
15 dem Strahlungsmittel (2) gegenüberliegendes Substrataufnahmemittel enthält, auf dem ein Substrat (6) befestigbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung Mittel zur definierten lokalen Variation des Energieeintrags in ein Substrat (6) beinhaltet, mit denen
20 die Bereiche unterschiedlichen Energieeintrags auf eine Breite von kleiner 100 Mikrometer begrenzbare sind, und dass mittels eines Strahlungsmittels (2) ein Energieeintrag über einen Zeitraum in der Größenordnung einer Millisekunde zu erzeugen ist.

25 14. RTP-Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels des Strahlungsmittels (2) während einer Belichtungszeit einer Leistungsdichte von 1000 W/cm² und mehr zu erzeugen ist.

15. RTP-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 oder 14,
30 **dadurch gekennzeichnet, dass** das Strahlungsmittel (2) eine Blitzlampe aufweist.

16. RTP-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Strahlungsmittel
(2) und dem Substrat (6) eine Schattenmaske (3)
positionierbar ist, deren Grundkörper (4) aus einem für die
5 durch das Strahlungsmittel (2) ausgesendete Strahlung
transparenten Material besteht und auf dem substratseitig
eine strahlungsreflektierende Schicht (5) derart aufgebracht
und strukturiert ist, dass sie Öffnungen genau an den
Positionen (7) enthält, an denen die durch das
10 Strahlungsmittel (2) ausgesendete Strahlung auf das hinter
der Schattenmaske (3) befindliche Substrat (6) treffen soll.

17. RTP-Vorrichtung nach Anspruch 16, **dadurch**
gekennzeichnet, dass die Schattenmaske (3) einen Grundkörper
(4) aus Quarzglas und eine strahlungsreflektierende,
15 strukturierte Schicht (5) aufweist.

18. RTP-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 17,
dadurch gekennzeichnet, dass das Strahlungsmittel (2) mit
lokal variablen Intensitäten strahlend ausgebildet ist.

19. RTP-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 18,
20 **dadurch gekennzeichnet, dass** das Strahlungsmittel (2) eine
Vielzahl von einzelnen Strahlungskörpern enthält.

20. RTP-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 19,
dadurch gekennzeichnet, dass das Strahlungsmittel divergent
ausstrahlend ausgebildet ist.

25 21. RTP-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 20,
dadurch gekennzeichnet, dass sie zwischen Strahlungsmittel
(2) und Substrat (6) positioniert ein Filter zum
Unterdrücken unerwünschter Wellenlängenbereiche enthält.

22. RTP-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 21,
30 **dadurch gekennzeichnet, dass** sie Mittel zur Bewegung des
Substrats (6) und/oder des Strahlungsmittels (2) während des

Energieeintrags in das Substrat (6) umfasst.

23. RTP-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 22,
dadurch gekennzeichnet, dass sie Mittel zur kontrollierten
Zufuhr von Gasen in die Vorrichtung und Evakuierung von
5 Gasen aus der Vorrichtung enthält.

24. Vorrichtung zur Beschichtung von Substraten mit einer
Beschichtungskammer, in der ein Substrat (6) einer
Beschichtungsquelle gegenüberliegend anzuordnen ist, **dadurch
gekennzeichnet, dass** die Beschichtungsvorrichtung eine RTP-
10 Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 23 umfasst.

25. Verwendung einer RTP-Vorrichtung nach einem der
Ansprüche 13 bis 23 zur lokalen Änderung des Widerstands
und/oder der inneren Struktur und/oder eines
Implantationsprofils des Substrates (6) und/oder zur
15 Reaktion definierter Teilbereiche des Substrats (6) mit
Gasen aus der Atmosphäre der Vorrichtung und/oder zur
lokalen Beeinflussung des Ätzverhaltens des Substrats (6)
mittels lokal definierter thermischer Behandlung.

26. Verwendung einer RTP-Vorrichtung nach einem der
20 Ansprüche 13 bis 23 zur lokalen Änderung des Widerstands
einer TCO-Schicht auf einem Substrat (6) mittels lokal
definierter thermischer Behandlung derart, dass zunächst der
Widerstand einer kalt abgeschiedenen TCO-Schicht ganzflächig
durch Energieeintrag vermindert wird und anschließend lokal
25 durch einen weiteren Energieeintrag stark erhöht wird, so
dass TCO-Leiterbahnen in isolierendem TCO entstehen.

27. Verwendung einer RTP-Vorrichtung nach einem der
Ansprüche 13 bis 23 zur lokalen Oxidation des zu
behandelnden Substrats (6) in einer oxidierenden Atmosphäre
30 mittels lokal definierter thermischer Behandlung.

GEÄNDERTE ANSPRÜCHE

beim Internationalen Büro eingegangen am 17. September 2012 (17.09.12)

1. Verfahren zur thermischen Behandlung von Substraten (6), unter Nutzung eines RTP-Prozesses, bei dem ein Strahlungsmittel (2) einen Energieeintrag in das Substrat (6) ermöglicht, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat (6) lokal definiert thermisch behandelt wird, also unterschiedliche Bereiche auf dem Substrat (6) zur gleichen Zeit einem unterschiedlichen Energieeintrag ausgesetzt sind, indem ein oder mehrere Teilbereiche des Substrats (6) während einer Dauer in der Größenordnung von einer Millisekunde der Strahlung eines Strahlungsmittels (2) ausgesetzt und der Energieeintrag in das Substrat (6) auf Teilbereiche mit einer Breite von kleiner 100 Mikrometern begrenzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** besagte Teilbereiche mittels des Strahlungsmittels (2) während einer Belichtungszeit einer Leistungsdichte von 1000 W/cm² und mehr ausgesetzt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zur thermischen Behandlung des Substrats (6) benötigte Strahlung durch eine Blitzlampe (2) erzeugt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die definierte lokale thermische Behandlung mittels einer spezifischen Schattenmaske (3) erfolgt, die zwischen das Strahlungsmittel (2) und das zu behandelnde Substrat (6) eingebracht wird und während der thermischen Behandlung die vom Strahlungsmittel (2) ausgesendete Strahlung an den Stellen reflektiert, an denen sie das darunter liegende Substrat (6) nicht treffen soll.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch**

gekennzeichnet, dass das Strahlungsmittel (2) während der thermischen Behandlung zeitlich und/oder räumlich seine Strahlungsintensität variiert.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat (6) mit divergenter Strahlung eines definierten Wellenlängenbereichs lokal thermisch behandelt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat (6) und/oder das Strahlungsmittel (2) während der thermischen Behandlung bewegt werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels der thermischen Behandlung der Widerstand oder die innere Struktur des Substrates (6) oder ein Implantationsprofil lokal verändert wird oder definierte Teilbereiche des Substrats (6) mit Gasen aus der Atmosphäre der Vorrichtung reagieren oder das Ätzverhalten lokal beeinflusst wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Substrat (6) beschichtet ist und zumindest die oberste Schicht lokal definiert thermisch behandelt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11 **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels der thermischen Behandlung lokal der Widerstand einer TCO-Schicht auf einem Substrat (6) derart geändert wird, dass zunächst der Widerstand einer kalt abgeschiedenen TCO-Schicht ganzflächig durch Energieeintrag vermindert wird und anschließend lokal durch einen weiteren Energieeintrag stark erhöht wird zur Ausbildung von TCO-Leiterbahnen in isolierendem TCO.

13. RTP-Vorrichtung, die ein Strahlungsmittel (2) und ein dem Strahlungsmittel (2) gegenüberliegendes Substrataufnahmemittel enthält, auf dem ein Substrat (6) befestigbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung Mittel zur definierten lokalen Variation des Energieeintrags in ein Substrat (6) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 beinhaltet.

16. RTP-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Schattenmaske (3) , zwischen dem Strahlungsmittel (2) und dem Substrat (6) positionierbar ist, deren Grundkörper (4) aus einem für die durch das Strahlungsmittel (2) ausgesendete Strahlung transparenten Material besteht und auf dem substratseitig eine strahlungsreflektierende Schicht (5) derart aufgebracht und strukturiert ist, dass sie Öffnungen genau an den Positionen (7) enthält, an denen die durch das Strahlungsmittel (2) ausgesendete Strahlung auf das hinter der Schattenmaske (3) befindliche Substrat (6) treffen soll.

17. RTP-Vorrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schattenmaske (3) einen Grundkörper (4) aus Quarzglas und eine strahlungsreflektierende, strukturierte Schicht (5) aufweist.

19. RTP-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Strahlungsmittel (2) eine Vielzahl von einzelnen Strahlungskörpern enthält.

21. RTP-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie zwischen Strahlungsmittel (2) und Substrat (6) positioniert ein Filter zum Unterdrücken unerwünschter Wellenlängenbereiche enthält.

23. RTP-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie Mittel zur kontrollierten Zufuhr von Gasen in die Vorrichtung und Evakuierung von Gasen aus der Vorrichtung enthält.

24. Vorrichtung zur Beschichtung von Substraten mit einer Beschichtungskammer, in der ein Substrat (6) einer Beschichtungsquelle gegenüberliegend anzuordnen ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtungsvorrichtung eine RTP-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 23 umfasst.

25. Verwendung einer RTP-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 23 zur lokalen Änderung des Widerstands und/oder der inneren Struktur und/oder eines Implantationsprofils des Substrates (6) und/oder zur Reaktion definierter Teilbereiche des Substrats (6) mit Gasen aus der Atmosphäre der Vorrichtung und/oder zur lokalen Beeinflussung des Ätzverhaltens des Substrats (6) mittels lokal definierter thermischer Behandlung.

26. Verwendung einer RTP-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 23 zur lokalen Änderung des Widerstands einer TCO-Schicht auf einem Substrat (6) mittels lokal definierter thermischer Behandlung derart, dass zunächst der Widerstand einer kalt abgeschiedenen TCO-Schicht ganzflächig durch Energieeintrag vermindert wird und anschließend lokal durch einen weiteren Energieeintrag stark erhöht wird, so dass TCO-Leiterbahnen in isolierendem TCO entstehen.

27. Verwendung einer RTP-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 23 zur lokalen Oxidation des zu behandelnden Substrats (6) in einer oxidierenden Atmosphäre mittels lokal definierter thermischer Behandlung.

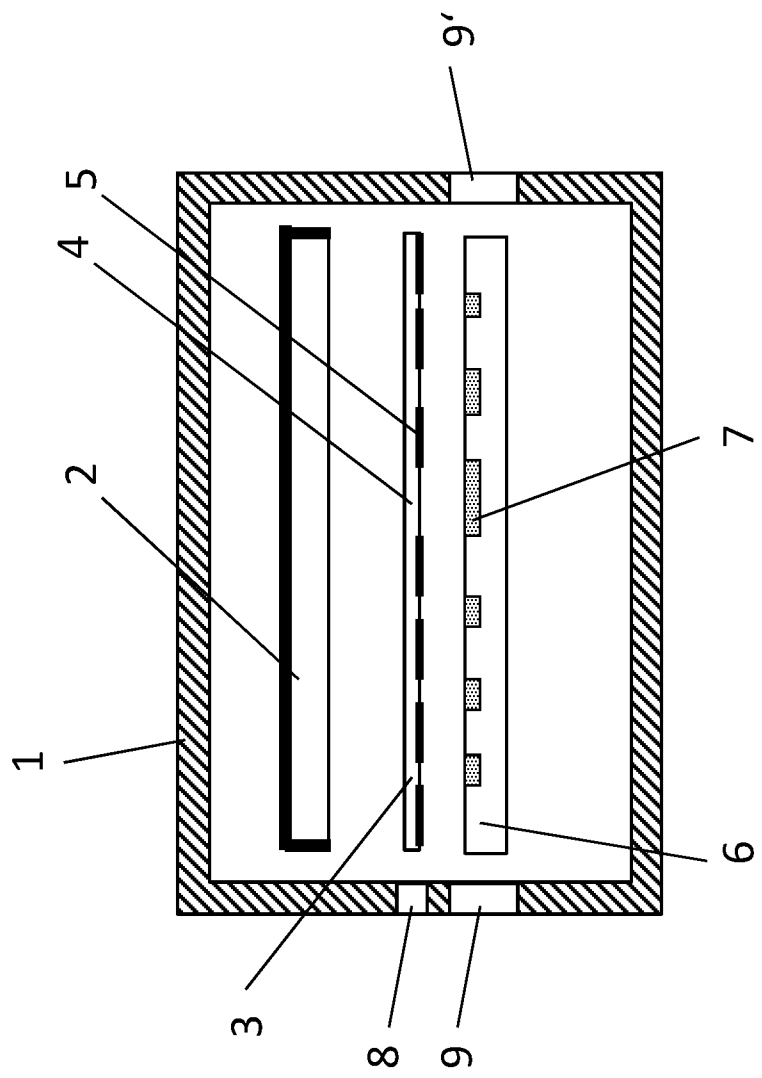


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/056903

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L21/67
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
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 practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2009/111340 A2 (UNIV COLUMBIA [US]; IM JAMES S [US]) 11 September 2009 (2009-09-11)	1-4,6, 10, 13-16, 19,20,25
Y	paragraph [0032] - paragraph [0037] paragraph [0051] figures 1,2A,6A,6B	5,7-9, 11,12, 17,18, 21-24, 26,27
Y	----- US 2010/074604 A1 (KOELMEL BLAKE R [US] ET AL) 25 March 2010 (2010-03-25)	5,18,21
A	paragraphs [0045], [0050] figures 1,2 ----- -/-	1,13,25



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 application or patent 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

9 July 2012

Date of mailing of the international search report

17/07/2012

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

Meixner, Matthias

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2012/056903

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 424 244 A (ZHANG HONGYONG [JP] ET AL) 13 June 1995 (1995-06-13)	7,22,23
A	column 14, line 1 - line 8 figure 7	1,13,25
Y	US 6 537 927 B1 (SON JEONG HWAN [KR]) 25 March 2003 (2003-03-25)	8
A	column 4, line 47 - line 56	1,13,25
Y	US 6 319 759 B1 (FURUKAWA TOSHIHARU [US] ET AL) 20 November 2001 (2001-11-20)	9,27
A	column 3, line 24 - line 35 figures 3,4	1,13,25
Y	EP 2 073 269 A1 (HELIANTHOS B V [NL]) 24 June 2009 (2009-06-24)	11,12,26
A	paragraph [0010] - paragraph [0023] figure 1	1,13,25
Y	US 2009/114619 A1 (SOTOAKA RYUJI [JP] ET AL) 7 May 2009 (2009-05-07)	17
A	paragraph [0148]; figure 1C	1,13,25
Y	US 2004/211356 A1 (YAMAZAKI SHUNPEI [JP] ET AL) 28 October 2004 (2004-10-28)	24
A	paragraph [0047] - paragraph [0051] figure 2	1,13,25
A	DE 10 2007 052782 A1 (LIMO PATENTVERWALTUNG GMBH [DE]) 7 May 2009 (2009-05-07) the whole document	1,13,25

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/056903

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2009111340 A2	11-09-2009	TW 201001556 A US 2011101368 A1 WO 2009111340 A2	01-01-2010 05-05-2011 11-09-2009
US 2010074604 A1	25-03-2010	US 2010074604 A1 WO 2011044407 A2	25-03-2010 14-04-2011
US 5424244 A	13-06-1995	US 5424244 A US 5849043 A US 6358784 B1 US 2003122131 A1 US 2004115940 A1 US 2007119815 A1	13-06-1995 15-12-1998 19-03-2002 03-07-2003 17-06-2004 31-05-2007
US 6537927 B1	25-03-2003	KR 20000031194 A US 6537927 B1	05-06-2000 25-03-2003
US 6319759 B1	20-11-2001	KR 20000016965 A US 6319759 B1	25-03-2000 20-11-2001
EP 2073269 A1	24-06-2009	CN 101952965 A EP 2073269 A1 JP 4633201 B1 JP 2011507297 A KR 20100102134 A TW 200939496 A US 2010252089 A1 WO 2009080640 A2	19-01-2011 24-06-2009 23-02-2011 03-03-2011 20-09-2010 16-09-2009 07-10-2010 02-07-2009
US 2009114619 A1	07-05-2009	KR 20080070860 A US 2009114619 A1 WO 2007058284 A1	31-07-2008 07-05-2009 24-05-2007
US 2004211356 A1	28-10-2004	NONE	
DE 102007052782 A1	07-05-2009	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01L21/67
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2009/111340 A2 (UNIV COLUMBIA [US]; IM JAMES S [US]) 11. September 2009 (2009-09-11)	1-4,6, 10, 13-16, 19,20,25
Y	Absatz [0032] - Absatz [0037] Absatz [0051] Abbildungen 1,2A,6A,6B	5,7-9, 11,12, 17,18, 21-24, 26,27
Y	----- US 2010/074604 A1 (KOELMEL BLAKE R [US] ET AL) 25. März 2010 (2010-03-25)	5,18,21
A	Absätze [0045], [0050] Abbildungen 1,2 ----- -/-	1,13,25

☒ 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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 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

9. Juli 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

17/07/2012

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

Meixner, Matthias

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 5 424 244 A (ZHANG HONGYONG [JP] ET AL) 13. Juni 1995 (1995-06-13)	7,22,23
A	Spalte 14, Zeile 1 - Zeile 8 Abbildung 7	1,13,25
Y	US 6 537 927 B1 (SON JEONG HWAN [KR]) 25. März 2003 (2003-03-25)	8
A	Spalte 4, Zeile 47 - Zeile 56	1,13,25
Y	US 6 319 759 B1 (FURUKAWA TOSHIHARU [US] ET AL) 20. November 2001 (2001-11-20)	9,27
A	Spalte 3, Zeile 24 - Zeile 35 Abbildungen 3,4	1,13,25
Y	EP 2 073 269 A1 (HELIANTHOS B V [NL]) 24. Juni 2009 (2009-06-24)	11,12,26
A	Absatz [0010] - Absatz [0023] Abbildung 1	1,13,25
Y	US 2009/114619 A1 (SOTOAKA RYUJI [JP] ET AL) 7. Mai 2009 (2009-05-07)	17
A	Absatz [0148]; Abbildung 1C	1,13,25
Y	US 2004/211356 A1 (YAMAZAKI SHUNPEI [JP] ET AL) 28. Oktober 2004 (2004-10-28)	24
A	Absatz [0047] - Absatz [0051] Abbildung 2	1,13,25
A	DE 10 2007 052782 A1 (LIMO PATENTVERWALTUNG GMBH [DE]) 7. Mai 2009 (2009-05-07) das ganze Dokument	1,13,25

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/056903

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 2009111340	A2	11-09-2009	TW	201001556 A		01-01-2010
			US	2011101368 A1		05-05-2011
			WO	2009111340 A2		11-09-2009

US 2010074604	A1	25-03-2010	US	2010074604 A1		25-03-2010
			WO	2011044407 A2		14-04-2011

US 5424244	A	13-06-1995	US	5424244 A		13-06-1995
			US	5849043 A		15-12-1998
			US	6358784 B1		19-03-2002
			US	2003122131 A1		03-07-2003
			US	2004115940 A1		17-06-2004
			US	2007119815 A1		31-05-2007

US 6537927	B1	25-03-2003	KR	20000031194 A		05-06-2000
			US	6537927 B1		25-03-2003

US 6319759	B1	20-11-2001	KR	20000016965 A		25-03-2000
			US	6319759 B1		20-11-2001

EP 2073269	A1	24-06-2009	CN	101952965 A		19-01-2011
			EP	2073269 A1		24-06-2009
			JP	4633201 B1		23-02-2011
			JP	2011507297 A		03-03-2011
			KR	20100102134 A		20-09-2010
			TW	200939496 A		16-09-2009
			US	2010252089 A1		07-10-2010
			WO	2009080640 A2		02-07-2009

US 2009114619	A1	07-05-2009	KR	20080070860 A		31-07-2008
			US	2009114619 A1		07-05-2009
			WO	2007058284 A1		24-05-2007

US 2004211356	A1	28-10-2004	KEINE			

DE 102007052782	A1	07-05-2009	KEINE			
