(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
11. Mai 2006 (11.05.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/048185 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 21/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/011533

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. Oktober 2005 (28.10.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2004 053 337.7
4. November 2004 (04.11.2004) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **STEAG HAMATECH AG** [DE/DE]; Ferdinand-von-Steinbeis-Ring 10, 75447 Sternenfels (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **BRANZ, Karsten** [DE/DE]; Rechbergweg 10, 88451 Dettingen (DE). **DRESS, Peter** [DE/DE]; Holzmann 18, 76646 Bruchsal (DE). **SOWA, Michael** [DE/DE]; Weidestrasse 32, 72108 Rottenburg (DE). **GAIRING, Thomas** [DE/DE]; Lessingstrasse 14, 74321 Bietigheim (DE).

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

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:
— *mit internationalem Recherchenbericht*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR TREATING SUBSTRATES AND CORRESPONDING NOZZLE UNIT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BEHANDELN VON SUBSTRATEN UND DÜSENEINHEIT HIERFÜR

(57) Abstract: The invention relates to a method for treating substrates, which method comprises the following steps: producing a liquid film on a local surface area of the substrate to be treated using a nozzle unit which comprises at least one elongate nozzle arrangement and also using an ultrasound or megasound transducer arrangement arranged next to it; contacting at least a part of the ultrasound transducer arrangement with the liquid film; and introducing ultrasound into the liquid film produced using the ultrasound transducer arrangement.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Behandeln von Substraten mit folgenden Verfahrensschritten: Ausbilden eines Flüssigkeitsfilms auf einem lokalen Oberflächenbereich des zu behandelnden Substrats durch eine Düseneinheit mit wenigstens einer langgestreckten Düsenanordnung und einer benachbart hierzu angeordneten Ultraschall- bzw. Megaschallwandleranordnung; Inkontaktbringen wenigstens eines Teils der Ultraschallwandleranordnung mit dem Flüssigkeitsfilms; und Einbringen von Ultraschall in den ausgebildeten Flüssigkeitsfilm mit der Ultraschall-Wandleranordnung.

WO 2006/048185 A1

Verfahren und Vorrichtung zum Behandeln von Substraten und Düseneinheit hierfür

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Behandeln von Substraten sowie auf eine Düseneinheit hierfür. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Oberflächenbehandelung von Substraten, insbesondere von Substraten in der Halbleitertechnologie, mit einer Flüssigkeit in Kombination mit Ultraschall, insbesondere mit Megaschall.

In unterschiedlichsten Technologiebereichen ist es bekannt, Komponenten mit Ultraschall zu reinigen. Hierbei werden die zu reinigenden Komponenten mit einem flüssigen Medium in Kontakt gebracht, üblicherweise eingetaucht, und für einen bestimmten Zeitraum mit Ultraschall beschallt, um Verunreinigungen zu lösen. Auch im Bereich der Wafer- und Maskenherstellung ist die Ultraschallreinigung eine anerkannte Technik und wird bereits auf unterschiedlichste Art und Weise eingesetzt.

Ein Ultraschallsystem besteht im Allgemeinen aus einem Generator und einem Ultraschallwandler, wobei der Generator eine Wechselspannung in eine entsprechende Betriebsspannung des Ultraschallwandlers umwandelt. Dieser wandelt wiederum die elektrische Energie in mechanische Schwingungen um, die in einem hiermit in Kontakt stehenden flüssigen Medium Über- und Unterdruckphasen entstehen lassen. Durch die abwechselnden Über- und Unterdruckphasen werden so genannten Kavitationsblasen erzeugt, die beim Implodieren kurzzeitig sehr hohe örtliche Drücke und Temperaturen entstehen lassen. Die Kavitationsblasen sind Grundlagen der Ultraschall-Reinigungstechnik. Bei einer Frequenz oberhalb 400 kHz spricht man von Ultraschall, und ab einer Frequenz von 700 kHz von Megaschall. Im Bereich der Megaschallfrequenzen ist die Kavitationsenergie vergleichsweise gering, so dass die Zerstörung von Mikrostrukturen vermieden wird. Gleichzeitig ist jedoch die Reinigungseffizienz im Bereich der Megaschallfrequenz bei kleinsten

Partikeln sehr hoch. Daher wird bei der Wafer- und Maskenherstellung üblicherweise Megaschall eingesetzt.

Bei einem bekannten Ultraschall-Reinigungssystem, wie es beispielsweise in der DE-A-197 58 267 beschrieben ist, werden Halbleiterwafer als Charge in ein mit Flüssigkeit gefülltes Behandlungsbecken eingesetzt und anschließend mit Ultraschall beschallt. Dabei sind die Ultraschallwellen im Wesentlichen parallel zur Oberfläche der Wafer gerichtet und die gesamte Oberfläche der Wafer soll im Wesentlichen gleichmäßig behandelt werden.

Ausgehend von einem derartigen Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, Ultraschall-, insbesondere Megaschallbehandlungsprozesse, zu optimieren.

Zur Lösung dieser Aufgabe sieht die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Behandlung von Substraten vor, bei dem ein Flüssigkeitsfilm auf einem lokal begrenzten Oberflächenbereich des zu behandelnden Substrats durch ein Düseneinheit ausgebildet wird, die wenigstens eine langgestreckte Düsenanordnung und einer benachbart dazu angeordnete Ultraschallwandleranordnung, insbesondere eine Megaschallwandleranordnung aufweist, wobei wenigsten ein Teil der Ultraschallwandleranordnung mit dem Flüssigkeitsfilm in Kontakt gebracht wird und anschließend Ultraschall, insbesondere Megaschall, in den so ausgebildeten Flüssigkeitsfilm eingebracht wird. Das erfindungsgemäße Verfahren ist für den Einsatz von Ultraschall geeignet, wobei bevorzugt Schall im Bereich der Megaschallfrequenzen eingesetzt wird. Dieses Verfahren ermöglicht eine lokal begrenzte Behandlung mit Flüssigkeit und Ultraschall von Oberflächenbereichen eines zu behandelnden Substrats, die für diesen bestimmten Oberflächenbereich optimiert werden kann. Ferner kann durch das lokale aufbringen eines Flüssigkeitsfilms eine Behandlung mit einer geringen Flüssigkeitsmenge erreicht werden, wodurch der Medienverbrauch minimiert werden kann. Dabei sei bemerkt, dass die Oberfläche des Substrats vor dem lokalen Aufbringen des Flüssigkeitsfilms schon wenigstens teilweise mit einer Flüssigkeit benetzt sein kann, und

dass zusätzlich zu dem Ausbilden eines lokalen Flüssigkeitsfilms über die Düsenanordnung zusätzlich Flüssigkeit auf das Substrat aufgebracht werden kann. Ferner sei bemerkt, dass sich der Flüssigkeitsfilm nach dem lokalen Ausbilden verteilen und somit größere Teilbereiche und gegebenenfalls die gesamte Oberfläche des Substrats abdecken kann. Der Flüssigkeitsfilm kann sowohl durch Flüssigkeiten im klassischen Sinn als auch durch ein Medium im superkritischen Zustand gebildet werden.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird der Flüssigkeitsfilm zwischen einer im Wesentlichen geschlossenen Bodenstruktur der Düseneinheit und dem zu behandelnden Oberflächenbereich des Substrats gebildet, um einen gut definierten, homogenen Flüssigkeitsfilm ausbilden zu können, was wiederum eine definierte Ultraschallbehandlung fördert.

Vorzugsweise wird eine Relativbewegung zwischen der Düseneinheit und dem Substrat erzeugt, um das Aufbringen des Flüssigkeitsfilms auf unterschiedliche Oberflächenbereiche des Substrats und das Einbringen des Ultraschalls in den Flüssigkeitsfilm in diesen Bereichen zu ermöglichen. Hierdurch wird eine großflächige, gegebenenfalls vollständige Behandlung der Oberfläche des Substrats ermöglicht, wobei es möglich ist, die Behandlung mit der Flüssigkeit und Ultraschall für unterschiedliche Oberflächenbereiche zu optimieren. Eine derartige Optimierung ist beispielsweise möglich, indem die Relativbewegung zwischen der Düseneinheit und dem Substrat verändert wird, wodurch die Einwirkzeit des Flüssigkeitsfilms und des Ultraschalls verändert wird, dabei wird die Geschwindigkeit der Relativbewegung vorzugsweise in Abhängigkeit von der Position der Düseneinheit relativ zum Substrat verändert.

Als eine weitere Möglichkeit der Optimierung der Behandlung ist es möglich, die Einbringung des Ultraschalls in den Flüssigkeitsfilm während der Behandlung zu verändern. Dabei kann beispielsweise die Einbringung des Ultraschalls in Abhängigkeit von der Position der Düseneinheit relativ zum Substrat verändert werden. Bei einer Ausführungsform der Erfindung kann dabei die

Intensität und/oder die Frequenz des in dem Flüssigkeitsfilms eingebrachten Ultraschalls verändert werden, um die Ultraschallwirkung auf den Oberflächenbereich entsprechend zu verändern. Als eine Frequenzänderung ist hier eine relativ geringe Abweichung bezüglich der Resonanzfrequenz eines Wandlers gemeint, um diesen zu verstimmen und somit das Effektivitätsprofil des Wandlers zu verändern.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung lässt sich vorzugsweise der Einfallswinkel des Ultraschalls auf das Substrat durch eine Schrägstellung der Ultraschallwandleranordnung bezüglich einer Oberfläche des Substrats verändern. Dabei wird der Einfallswinkel des Ultraschalls bezüglich der Oberfläche des Substrats vorzugsweise zwischen 105° und 75° verändert. Sowohl die Intensität- und/oder Frequenzänderung des Ultraschalls als auch die Änderung des Einfallswinkels des Ultraschalls kann zu einer gezielten Kavitationsbildung direkt auf der Oberfläche des Substrats eingesetzt werden. Allerdings ist auch eine absichtliche Verstimmung des Effektivitätsprofils möglich, um eine Kavitationsbildung, beispielsweise beabstandet zur Substratoberfläche vorzusehen, um beispielsweise empfindliche Oberflächenstrukturen zu schützen. Hierdurch kann eine Optimierung der Behandlung ohne Strukturzerstörung vorgesehen werden.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Ultraschallwandleranordnung aus einer Vielzahl von Ultraschallwandlern aufgebaut, die individuell und/oder in Gruppen angesteuert werden, um innerhalb des lokal begrenzten Flüssigkeitsfilm einen unterschiedlichen Ultraschalleintrag und somit eine weiter lokal optimierte Behandlung vorzusehen. Dies gilt insbesondere, wenn sich der Flüssigkeitsfilm über einen größeren Oberflächenbereich des Substrats, wie beispielsweise die gesamte Breite des Substrats erstreckt. Dabei ermöglicht nunmehr die individuelle oder gruppenweise Ansteuerung der Ultraschallwandler eine über die Breite des Substrats optimierte Behandlung. Vorzugsweise sind Wandler mit unterschiedlichen Resonanzfrequenzen vorgesehen, die entweder in einer Reihe oder in Form einer Matrix angeordnet sind, um eine lokal unterschiedlich Behandlung vorzuse-

hen. Dabei werden die Ultraschallwandler vorzugsweise mit unterschiedlichen Intensitäten und/oder Frequenzen angesteuert, um eine individuelle Optimierung bzw. Anpassung der Wandler zu ermöglichen.

Vorzugsweise wird der Flüssigkeitsfilm im Wesentlichen entlang einer Geraden über die gesamte Breite des Substrats ausgebildet und der Ultraschall im Wesentlichen entlang einer Geraden über die gesamte Breite des Substrats in den Flüssigkeitsfilm eingebracht. Dies ermöglicht durch eine einzige Bewegung der Düseneinheit über das Substrat hinweg - bei entsprechender Ansteuerung der Düsenanordnung(en) und der Ultraschallwandleranordnung - die vollständige Behandlung der Oberfläche des Substrats bei guter lokaler Optimierung des Behandlungsprozesses. Dabei wird vorzugsweise zur lokalen Optimierung des Behandlungsvorgangs die Einbringung des Ultraschalls über die Breite des Substrats hinweg unterschiedlich gesteuert.

Für eine weitere Anpassung oder Optimierung des Behandlungsprozesses wird die Zusammensetzung der den Flüssigkeitsfilm bildenden Flüssigkeit gesteuert. Für eine lokale Optimierung weist die Düsenanordnung vorzugsweise eine Vielzahl von Düsen auf, die unterschiedlich angesteuert werden, was entlang der Düsenanordnung eine lokale Änderung des Behandlungsprozesses ermöglicht. Dabei werden vorzugsweise entlang der Düsenanordnung lokal unterschiedliche Flüssigkeiten und/oder Flüssigkeitsmengen zur Bildung des Flüssigkeitsfilmes auf das Substrat aufgebracht. Als unterschiedliche Flüssigkeiten sind insbesondere auch Flüssigkeiten mit unterschiedlichen Konzentrationen eines Bestandteils gemeint.

Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird der Flüssigkeitsfilm durch wenigstens zwei Düsenanordnungen aufgebracht, die auf entgegengesetzten Seiten der Wandleranordnung angeordnet sind, um eine gute homogene Ausbildung des Flüssigkeitsfilms im Bereich der Wandleranordnung sicherzustellen. Bei einer Ausführungsform der Erfindung werden die auf entgegengesetzten Seiten der Wandleranordnung angeordneten Düsen mit unterschiedlichen Flüssigkeit beaufschlagt.

Vorzugsweise wird während der Behandlung ein mittlerer Abstand von 0,2 bis 2 mm, insbesondere von 0,7 bis 1,4 mm zwischen der Ultraschallwandleranordnung und der zu behandelnden Oberfläche des Substrats beibehalten. Dabei kann der Abstand beispielsweise während der Behandlung verändert werden, um wiederum eine Änderung der Behandlung, insbesondere lokale Änderungen, vorzusehen.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung enthält die den Flüssigkeitsfilm bildende Flüssigkeit einen Entwickler oder ein Ätzmittel, wobei der Ultraschall in diesem Fall einen guten Kontakt der Oberfläche des zu behandelnden Substrats und dem Behandlungsmedium sicherstellt, indem verhindert wird, dass sich Partikel auf der Oberfläche absetzen. Ferner bewirkt der Ultraschall eine gute Durchmischung des Entwicklers, sodass eine lokale Sättigung der Flüssigkeit vermieden werden kann.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung enthält die den Flüssigkeitsfilm bildende Flüssigkeit vorzugsweise ein Spül- und/oder Reinigungsflüssigkeit, wobei der Ultraschall hierbei die Reinigungswirkung fördert.

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird auch durch eine Vorrichtung zum Behandeln von Substraten gelöst, die eine Düseneinheit mit wenigstens einer langgestreckten Düsenanordnung und einer benachbart zur Düsenanordnung angeordneten langgestreckten Ultraschallwandleranordnung, insbesondere eine Megaschall-Wandleranordnung, aufweist, wobei die wenigstens eine Düsenanordnung und die Ultraschallwandleranordnung im Wesentlichen in dieselbe Richtung weisen und bei der eine Bewegungseinrichtung für das Substrat und/oder die Düseneinheit zum Positionieren derselben benachbart zu einer Oberfläche des Substrats derart vorgesehen ist, dass die wenigstens eine Düsenanordnung und die Ultraschallwandleranordnung mit einem definierten Abstand auf die Oberfläche des Substrats gerichtet sind. Diese Vorrichtung ermöglicht das lokale Aufbringen eines Flüssigkeitsfilms auf

einen Oberflächenbereich eines zu behandelnden Substrats und eine gleichzeitige anschließende Ultraschallbehandlung im Bereich des Flüssigkeitsfilms.

Vorzugsweise weist die Vorrichtung eine Steuervorrichtung zum Steuern einer Bewegungseinrichtung derart auf, dass die Düsenanordnung und die Ultraschallwandleranordnung mit einem definierten Abstand über die Oberfläche des Substrats hinwegbewegt wird, um sukzessive verschiedene Oberflächenbereiche des Substrats und insbesondere eine sukzessive Behandlung der gesamten Oberfläche des Substrats ermöglicht, wobei die sukzessive Behandlung unter Berücksichtigung der Oberflächenstruktur des Substrats und/oder des gewünschten Behandlungsergebnisses jeweils lokal angepasst werden kann.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist wenigstens eine weitere langgestreckte Düsenanordnung vorgesehen, wobei die Ultraschallwandleranordnung zwischen wenigstens zwei langgestreckten Düsenanordnungen angeordnet ist. Das Vorsehen zweier langgestreckter Düsenanordnungen auf gegenüberliegenden Seiten der Ultraschallwandleranordnung fördert die Ausbildung eines definierten Flüssigkeitsfilms im Bereich der Ultraschallwandleranordnung. Für eine definierte Ausbildung eines solchen Flüssigkeitsfilms sind die wenigstens zwei langgestreckten Düsenanordnungen vorzugsweise zu einer Längsmittelebene der Ultraschallwandleranordnung hin gerichtet.

Für eine lokale Optimierung von Behandlungsergebnissen ist die Ultraschallwandleranordnung vorzugsweise aus einer Vielzahl von Ultraschallwandlern gebildet, die vorzugsweise direkt benachbart zueinander in einer Reihe oder in Form einer Matrix angeordnet sind. Ferner ist vorzugsweise eine Steuervorrichtung zum einzelnen und/oder gruppenweisen Ansteuern der Vielzahl von Ultraschallwandlern vorgesehen, um eine gute örtliche Anpassung von Behandlungsprozessen zu ermöglichen. Dabei ist vorzugsweise die Frequenz bzw. der Ansteuerleistung der Ultraschallwandler veränderbar.

Für eine Einstellung von Behandlungsparametern ist vorzugsweise eine Einrichtung zum Einstellen eines Winkels zwischen einer Oberfläche der Wandleranordnung und einer Oberfläche des Substrats vorgesehen. Hierdurch lässt sich der Einfallswinkel der Ultraschallwellen auf der Oberfläche des Substrats einstellen. Dabei ist der Winkel vorzugsweise zwischen 0° und 10° einstellbar.

Bei einer Ausführungsform der Erfindung ist der definierte Abstand zwischen 0,7 und 1,4 mm einstellbar.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist eine Vorrichtung zum Liefern von Flüssigkeit an wenigstens eine Düsenanordnung vorgesehen zur Ausbildung eines Flüssigkeitsfilms auf einer zu behandelnden Oberfläche eines Substrats. Dabei ist vorzugsweise eine Steuervorrichtung zum Bereitstellen unterschiedlicher Flüssigkeiten für unterschiedliche Düsenanordnungen und/oder unterschiedliche Auslassdüsen der Düsenanordnung(en) vorgesehen, was eine lokale Anpassung der Behandlung über die Ausdehnung der Düsenanordnung hinweg ermöglicht.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die wenigstens eine Düsenanordnung und die Ultraschallwandleranordnung in/an einem gemeinsamen Hauptkörper der Düseneinheiten vorgesehen und bilden eine im Wesentlichen geschlossene Bodenstruktur. Dies fördert die Ausbildung eines Flüssigkeitsfilms zwischen zwei sich gegenüberliegenden geschlossenen Strukturen, das heißt der Oberfläche des Substrats und der geschlossenen Bodenstruktur der Düseneinheit. Dabei steht die im Wesentlichen geschlossene Bodenstruktur im Bereich der Ultraschallanordnung bezüglich dem Rest der Bodenstruktur vor, wodurch eine gute Kontaktierung der Ultraschallanordnung mit einem Flüssigkeitsfilm vorgesehen wird, der zwischen einer Oberfläche des zu behandelnden Substrats und der Bodenstruktur ausgebildet wird.

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird auch bei einer Düseneinheit mit wenigstens einer langgestreckten Düsenanordnung und einer be-

nachbart zur Düsenanordnung angeordneten langgestreckten Ultraschallwandleranordnung, insbesondere einer Megaschall-Wandleranordnung, gelöst, wobei die Düsenanordnung und die Ultraschallwandleranordnung im Wesentlichen in dieselbe Richtung weisen und eine im Wesentlichen geschlossene Bodenstruktur der Düseneinheit bilden. Eine derartige Düseneinheit ermöglicht auf einfache Weise die Ausbildung eines definierten Flüssigkeitsfilms zwischen einer Oberfläche des Substrats und der geschlossenen Bodenstruktur der Düseneinheit und das gezielte einbringen von Ultraschall in einen derart gebildeten Flüssigkeitsfilm.

Vorzugsweise ist wenigstens eine weitere langgestreckte Düsenanordnung vorgesehen, wobei die Ultraschallwandleranordnung zwischen den wenigstens zwei langgestreckten Düsenanordnungen angeordnet ist, wodurch eine Flüssigkeitszufuhr von beiden Seiten der Ultraschallwandleranordnung und somit eine homogene Ausbildung eines Flüssigkeitsfilms gefördert wird. Dabei ist die wenigstens eine langgestreckte Düsenanordnung zu einer Mittelebene der Ultraschallwandleranordnung hin gerichtet, um eine gezielte Ausbildung eines Flüssigkeitsfilms im Bereich der Ultraschallwandleranordnung zu fördern.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Ultraschallwandleranordnung aus einer Vielzahl von Ultraschallwandlern gebildet, die vorzugsweise jeweils direkt benachbart zueinander in einer Reihe oder in Form einer Matrix angeordnet ist. Dies ermöglicht eine separate Ansteuerung der Ultraschallwandler und somit eine örtliche Einstellung von Behandlungsparametern während einer Behandlung einer Substratoberfläche mit einer Flüssigkeit und Ultraschall.

Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnungen noch näher erläutert; in den Zeichnungen zeigt:

Fig. 1. eine schematische perspektivische Darstellung einer Düseneinheit gemäß der vorliegenden Erfindung in Relation zu einem zu behandelnden Substrat;

Fig. 2 eine schematische Schnittdarstellung einer Düseneinheit gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 3 eine schematische Ansicht von unten auf eine Düseneinheit gemäß der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 a und b schematische Schnittdarstellungen einer Düseneinheit gemäß der vorliegenden Erfindung in unterschiedlichen Ausrichtungen bezüglich eines Substrats;

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer Ultraschallwandler-Anordnung in Form einer flächenhaften Matrix gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 6 eine schematische Schnittdarstellung einer Düseneinheit der vorliegenden Erfindung gemäß einer alternativen Ausführungsform.

Fig. 1 zeigt eine perspektivische Ansicht einer Düseneinheit 1, die zur Behandlung eines Substrats 2 mit Flüssigkeit und Ultraschall einsetzbar ist. Während in dieser Anmeldung vorwiegend der begriff Ultraschall verwendet wird sei darauf hingewiesen, dass dies Megaschall umfassen soll, und die Erfindung insbesondere für eine Oberflächenbehandlung von Substraten mit Megaschall gedacht ist.

Die Düseneinheit 1 besitzt einen im Wesentlichen quaderförmigen Hauptkörper 4 mit einer Unterseite 6, in der eine Vielzahl von Auslassdüsen ausgebildet ist, wie nachfolgend noch näher erläutert ist. An der Oberseite des Hauptkörpers 4 ist eine Medienzuführeinheit 8 vorgesehen, die mit einer nicht dargestellten Medienversorgung in Verbindung steht, wie nachfolgend noch näher erläutert wird. Die Düseneinheit 1 ist über einen nicht dargestellten Bewegungsmechanismus, wie einen Linearbewegungsmechanismus in Richtung des Pfeils A über das Substrat 2 hinweg bewegbar. Im Bereich des Bodens 6 ist eine Ultraschallwandleranordnung 10 vorgesehen, deren Aufbau nachfolgend noch näher beschrieben wird.

Anhand der Fig. 2, die eine schematische Schnittansicht durch die Düseneinheit 1 darstellt, wird der Aufbau der Düseneinheit 1 noch näher erläutert. In einem oberen Abschnitt der Fig. 2 ist die Medienzufuhreinheit 8 dargestellt, die einen Medienverteilungsraum 12 aufweist, in dem beispielsweise unterschiedliche Medien eingeleitet und vermischt werden können. Der Medienverteilungsraum 12, der im Wesentlichen mittig oberhalb des quaderförmigen Hauptkörpers 4 vorgesehen ist, steht über entsprechende sich schräg im Hauptkörper 4 erstreckende Leitungen 14 mit sich im Wesentlichen senkrecht zur Unterseite 6 des Hauptkörpers 4 erstreckende Zuleitungen 16 bzw. 18 in Verbindung. Die Zuleitungen 16 bzw. 18 erstrecken sich parallel zu gegenüberliegenden Längsseiten des Hauptkörpers 4. Die jeweiligen Zuleitungen 16 bzw. 18 stehen an ihrem unteren Ende jeweils mit einer Vielzahl von Auslassbohrungen 20 bzw. 22 in Verbindung, die sich zur Unterseite 6 des Hauptkörpers 4 hin öffnen. Die Auslassbohrungen 20 bzw. 22 sind jeweils Bestandteil von Düsenanordnungen, die auf gegenüberliegenden Seiten der Ultraschallwandleranordnung 10 angeordnet sind, wie in Fig. 2 gut zu erkennen ist.

Die Düsenanordnungen 24, 26 und die Ultraschallwandleranordnung 10 besitzen eine Längsausdehnung, die wenigstens der Breite eines zu behandelnden Substrats entspricht, um in einem einzigen Überstreichvorgang eine vollständige Oberflächenbehandlung des Substrats zu ermöglichen.

Wie in Fig. 2 zu erkennen ist, steht die Ultraschallwandleranordnung bezüglich der Austrittsöffnungen der Auslassbohrungen 20 bzw. 22 vor. Die Unterseite 6 des Hauptkörpers 4 und die Ultraschallwandleranordnung bilden gemeinsam eine geschlossene Bodenstruktur der Düseneinheit 1.

Wie in Fig. 2 ferner zu erkennen ist, sind die Auslassbohrungen 20 bzw. 22 bezüglich einer Längsmittelebene des Hauptkörpers 4 geneigt und erstrecken sich ausgehend von den Zuleitungen 16 bzw. 18 in Richtung der Längsmittelebene. Aus den Auslassbohrungen 20 bzw. 22 austretende Flüssigkeiten werden somit in Richtung der Längsmittelebene gerichtet. Die Auslassboh-

rungen 20 bzw. 22 sind jeweils Teil von Düsenanordnungen 24, 26, die durch eine Vielzahl in der Blattebene hintereinander angeordneten Auslassbohrungen 20 bzw. 22 gebildet wird. Alternativ ist es auch möglich eine oder mehrere Schlitzdüsen anstelle der Auslassbohrungen vorzusehen. Auf der Rückseite der Ultraschallwandleranordnung 10 ist ein Kühlmittelkanal zum hindurchleiten eines Kühlmittels vorgesehen, um eine Kühlung der Ultraschallwandler vorzusehen. Eine Kühlung kann aber auch über einen zwischen einem zu reinigenden Substrat und der Düseneinheit vorgesehenen Flüssigkeitsfilm erfolgen.

Fig. 3 zeigt eine schematische Ansicht von untern auf die Düseneinheit 1, wobei in der Figur die Düsenanordnungen 24, 26 und die Ultraschallwandleranordnung 10 schematisch dargestellt sind. Wie in Fig. 3 zu erkennen ist, besteht die Ultraschallwandleranordnung 10 aus insgesamt 9 rechteckigen Ultraschallabstrahlelementen, die über eine nicht näher dargestellt Steuereinrichtung separat und/oder in Gruppen ansteuerbar sind. Somit ist über die Länge der Düseneinheit 1 eine unterschiedliche Ultraschallausbildung möglich, wie nachfolgend noch näher erläutert wird.

Die Figuren 4a und 4b zeigen jeweils eine unterschiedliche Anordnung der Düseneinheit 1 bezüglich eines Substrats 2.

Gemäß Fig. 4a ist die Düseneinheit 1 derart angeordnet, dass eine Unterseite der Ultraschallwandler-Anordnung 10 im Wesentlichen parallel zu einer Oberseite eines zu behandelnden Substrats 2 ausgerichtet ist. Fig. 4b zeigt hingegen eine Schrägstellung einer Unterseite der Ultraschallwandler-Anordnung 10 bezüglich einer Oberfläche eines zu behandelnden Substrats 2, wie durch den eingezeichneten Winkel a angedeutet ist. Dieser Winkel ist vorzugsweise zwischen 0° und 10° einstellbar, wie nachfolgend noch näher erläutert wird.

Fig. 5 zeigt eine alternative Anordnungsform für eine Ultraschallwandler-Anordnung, wobei eine Vielzahl von Ultraschallwandlern in Form einer Matrix in x- und y-Richtung angeordnet ist.

Nachfolgend wird die Funktionsweise der Düseneinheit 1 näher erläutert.

Zunächst wird die Düseneinheit über einen zu behandelnden Oberflächenbereich eines Substrats, in diesem Fall ein Halbleiterwafer der einem Entwicklungsprozess ausgesetzt wird, bewegt. Zwischen einer Unterseite der Düseneinheit 1 und einer Oberseite des Substrats 2 wird ein Abstand zwischen 0,7 und 1,4 mm eingestellt. Anschließend wird über die Medienzuführeinheit eine Entwicklerflüssigkeit in den Medienverteilungsraum 12 eingeleitet und über die Leitungen 14 und die Zuleitungen 16 bzw. 18 zu den jeweiligen Auslassbohrungen 20 bzw. 22 der Düsenanordnungen 24 bzw. 26 geleitet. Dabei handelt es sich um eine Entwicklerlösung mit einer vorbestimmten Konzentration, die über die Medienzuführeinheit 8 in bekannter Weise eingestellt wird.

In der folgenden Beschreibung gehen wir zunächst davon aus, dass die Unterseite der Wandleranordnung 10 parallel zur Oberseite des Substrats 2 ausgerichtet ist. Durch die aus den Düsenanordnungen 24, 26 austretende Flüssigkeit, die in Richtung zu einer Längsmittelachse der Düseneinheit 1 gerichtet ist, wird nunmehr ein Flüssigkeitsfilm zwischen der geschlossenen Bodenstruktur der Düseneinheit und der Oberfläche des Substrats ausgebildet. Der Flüssigkeitsfilm füllt den Abstand zwischen der Oberfläche des Substrats 2 und der Bodenstruktur der Düseneinheit 1 vollständig aus. Dadurch dass die Ultraschallwandler-Anordnung 10 bezüglich der restlichen Unterseite der Düseneinheit 1 vorsteht, ist ein vollständiger Kontakt zwischen der Ultraschallanordnung 10 und dem Flüssigkeitsfilm gegeben.

Anschließend wird die Ultraschallwandleranordnung 10 angesteuert, und es wird Ultraschall in den Flüssigkeitsfilm eingebracht, der senkrecht auf die Oberfläche des Substrats 2 gerichtet ist. Die Ultraschallwellen erzeugen nunmehr aufgrund des oben beschriebenen Kavitationseffekts ein Lösen von Partikeln von der Oberfläche des Substrats 2, wodurch eine gleichmäßige Entwicklung der Oberfläche des Substrats 2 sichergestellt wird. Insbesondere werden gelöste Lackpartikel durch die Ultraschallagitation aufgewirbelt, sodass ein guter und gleichmäßiger Kontakt der Entwicklerlösung mit ungelös-

ten Lackschichten erreicht werden kann. Dies führt zu einer verbesserten Gleichmäßigkeit des Prozessergebnisses unabhängig von Strukturgrößen- und Strukturdichtenverteilungen auf der Substratoberfläche. Ferner kann die Prozesszeit durch die Verbesserte Einwirkung des Entwicklers verkürzt werden, was auch Verringerung des Medienverbrauchs ermöglicht.

Nach einer vorbestimmten Behandlungszeit in dieser Position wird nunmehr die Düseneinheit 1 über das Substrat 2 hinwegbewegt, um die ultraschallunterstützte Behandlung mit der Entwicklerlösung sukzessive auf der gesamten Oberfläche des Substrats 2 vorzusehen. Natürlich ist es auch möglich, die ultraschallunterstützte Behandlung mit Entwicklungslösung nur in ausgewählten Oberflächenbereichen des Substrats vorzusehen.

Um eine gezielte und differenzierte Steuerung der Behandlung in unterschiedlichen Oberflächenbereichen des Substrats vorzusehen, sind bei den oben beschriebenen Grundverfahren unterschiedlichste Steuermöglichkeiten vorgesehen. Beispielsweise ist es möglich, die unterschiedlichen Ultraschallwandler der Ultraschallwandler-Anordnung 10, die beispielsweise wie in Fig. 3 oder in Fig. 5 angeordnet sein können, unterschiedlich anzusteuern. Dabei ist es möglich, dass einige der Ultraschallwandler als Sensoren eingesetzt werden, um den Energieeintrag benachbarter Ultraschallwandler in den Flüssigkeitsfilm zu detektieren. Dabei ist es natürlich auch möglich, die Ultraschallwandler zwischen einem Ultraschallabgabemodus und einem Sensormodus zu wechseln, sodass alle Ultraschallwandler über die Zeit hinweg als Sensor und Sender dienen können.

Durch die unterschiedliche Ansteuerung der Ultraschallwandler lassen sich über die Breit des Substrats hinweg unterschiedliche Behandlungsergebnisse erzielen. Dabei ist sowohl eine Ansteuerung mit unterschiedlichen Frequenzen sowie eine Ansteuerung mit unterschiedlicher Leistung möglich. So sind die einzelnen Ultraschallwandler beispielsweise mit einem Leistungsniveau von 0 % bis 100 % ihrer Maximalleistung ansteuerbar und die Ultraschallfre-

quenz ist vorzugsweise zwischen einem Megahertz und fünf Megahertz einstellbar.

Als weiterer Steuerparameter für die Oberflächenbehandlung ist es möglich, über die Länge der Düsenanordnung(en) 24 und/oder 26 hinweg unterschiedliche Flüssigkeiten und/oder unterschiedliche Flüssigkeitsmengen bereitzustellen. Beispielsweise lässt sich hierdurch in Randbereichen des Substrats eine Entwicklerlösung mit einer unterschiedlichen Konzentration im Vergleich zu einem Mittelbereich des Substrats zur Verfügung stellen. Auch ist es möglich, die aufgebrachte Flüssigkeit (Konzentration/Menge/Art) bei einem Überstreichen des Substrats zu verändern. Dadurch lassen sich lokal über die Länge des Substrats auf der Oberfläche des Substrats völlig unterschiedliche Behandlungsergebnisse erzielen. Auch ein vollständiger Austausch des verwendeten Mediums beispielsweise ein Austausch der Entwicklerlösung durch eine Spülflüssigkeit ist möglich.

Ein weiterer Steuerparameter gemäß der vorliegenden Erfindung ist der Einfallswinkel der Ultraschallwellen auf das Substrat, der, wie in Fig. 4 dargestellt ist, über eine Schrägstellung der Düseneinheit bezüglich der zu behandelnden Oberfläche des Substrats 2 erfolgt. Hierdurch lässt sich unter anderem auch der Energieeintrag der Ultraschallwellen in einem Flüssigkeitsfilm steuern, wenn die Ultraschallwandler beispielsweise nicht vollständig in den Flüssigkeitsfilm eingetaucht sind, da eine Übertragung der Ultraschallwellen nur dort stattfindet, wo die Ultraschallwandler den Flüssigkeitsfilm kontaktieren.

Eine weitere Steuermöglichkeit liegt in der Einstellung der Relativgeschwindigkeit zwischen der Düseneinheit und dem Substrat während des Überstreichens, wodurch die Verweilzeiten des Flüssigkeitsfilms und die Einwirkdauer der Ultraschallwellen lokal einstellbar sind.

Alle diese Steuermöglichkeiten ermöglichen eine Anpassung, insbesondere Optimierung einer Oberflächenbehandlung des Substrats in Abhängigkeit von

lokalen Oberflächenbeschaffenheiten des Substrats bzw. in Abhängigkeit von einem gewünschten Prozessergebnis.

Fig. 6 zeigt eine schematische Schnittansicht einer Düseneinheit der vorliegenden Erfindung gemäß einer alternativen Ausführungsform. In Fig. 6 werden dieselben Bezugszeichen wie in den vorhergehenden Ausführungsbeispielen verwendet, sofern identische oder ähnliche Elemente beschrieben werden.

Die in Fig. 6 gezeigte Düseneinheit 1 besitzt wiederum einen Hauptkörper 4 mit einer Unterseite 6. In einer Ausnehmung der Unterseite 6 ist eine Ultraschallwandleranordnung 10 angeordnet. Die Düseneinheit 1 weist ferner eine Medienzuführeinheit 8 mit einen Medienverteilungsraum 12 auf, in den beispielsweise unterschiedliche Medien eingeleitet und vermischt werden können. Der Medienverteilungsraum 12, der im Wesentlichen mittig oberhalb des Hauptkörpers 4 vorgesehen ist, steht über eine Vielzahl von sich schräg im Hauptkörper 4 erstreckende Leitungen 30 in Verbindung. Die vom Medienverteilungsraum abgewandten Enden bilden jeweils Austrittsdüsen, die sich zu einer Seitenfläche 31 des Hauptkörpers 4 öffnen. Eine Prallplatte 32 erstreckt sich derart Im Wesentlichen parallel zur der Seitenfläche 31, dass aus den Düsen austretende Flüssigkeit auf die Prallplatte gelenkt wird und an dieser herabfließt. Zwischen der Seitenfläche 31 und der Prallplatte 32 ist ein kleiner Kapillarspalt vorgesehen, der sich vorzugsweise leicht nach unten erweitert. Aus den Düsen austretende Flüssigkeit strömt daher an der Prallplatte herab und bildet einen im Wesentlichen gleichförmigen Vorhang. Die Austrittsdüsen in der Seitenfläche 31 bilden gemeinsam mit der Prallplatte 32 eine Düsenanordnung. Dabei ist das untere Ende des Spalts zwischen der Prallplatte und der Seitenfläche 31 des Hauptkörpers 4 als eine Fluid-Austrittsöffnung der Düsenanordnung. Die Düsenanordnung und die Ultraschallwandleranordnung weisen somit im Wesentlichen in dieselbe Richtung, da sowohl eine aus der Düsenanordnung austretende Flüssigkeit als auch ein von der Ultraschallwandleranordnung ausgehender Ultraschall im Wesentlichen senkrecht zur Unterseite 6 des Hauptkörpers gerichtet sind.

Der Aufbau einer Düsenanordnung mit einer Prallplatte ist beispielsweise aus der auf die Anmelderin zurückgehenden, nicht vorveröffentlichten DE-A-102 32 984 bekannt, auf die insofern verwiesen wird, um Wiederholungen zu vermeiden. Der Gegenstand der DE-A-102 32 984 wird zum Gegenstand der vorliegenden Anmeldung gemacht.

Eine derartige Düseneinheit bietet den Vorteil, dass der auf ein Substrat aufgebrachte Flüssigkeitsfilm im Wesentlichen ohne Kraft darauf aufgebracht werden kann und ferner ermöglicht er eine gute gleichmäßige Ausbildung eines Flüssigkeitsfilms auf einem zu behandelnden Substrat.

Über die Länge der Prallplatte hinweg können wiederum über die Vielzahl von Leitungen 30 unterschiedliche Flüssigkeiten, insbesondere Flüssigkeiten mit unterschiedlicher Konzentrationen eines Entwicklers oder eines Ätzmittels innerhalb einer Trägerflüssigkeit, aufgebracht werden. Obwohl in Fig.6 nur eine Prallplatte vorgesehen ist, kann zur Bildung einer zweiten Düsenanordnung beispielsweise eine zweite Prallplatte an der der Seitenfläche 31 gegenüberliegenden Seitenfläche vorgesehen sein. Die zusätzliche Prallplatte könnte über entsprechende Leitungen, wie den Leitungen 30 mit Fluid beaufschlagt werden. Hierdurch wird ermöglicht, dass durch entsprechende Ansteuerung die Düseneinheit in unterschiedlichen Richtungen über das Substrat hinweg bewegt wird und in beiden Bewegungsrichtungen eine gute Ausbildung eines Flüssigkeitsfilms möglich ist. Ferner können über die Düsenanordnungen unterschiedliche Flüssigkeiten auf ein Substrat aufgebracht werden. Beispielsweise kann über eine in Bewegungsrichtung der Düseneinheit vorn liegende Düsenanordnung eine Entwicklerlösung aufgebracht werden, während über die in Bewegungsrichtung hinten liegende Düsenanordnung eine Neutralisierungslösung aufgebracht wird.

Die Funktionsweise der Düseneinheit 1, gemäß Fig. 6, gleicht im Wesentlichen der zuvor beschriebenen Funktionsweise der Düseneinheit gemäß den Figuren 1 bis 5, wobei bei der Düseneinheit 1 gemäß Fig. 6 Flüssigkeit nur

entlang einer Linie aufgebracht wird, sofern nicht eine zweite Prallplatte vorgesehen ist.

Die unterschiedlichen oben genannten Aspekte der Erfindung können frei miteinander ausgetauscht und kombiniert werden.

Obwohl die vorliegende Erfindung anhand eines konkreten Ausführungsbeispiels beschrieben wurde, ist sie nicht auf die konkret dargestellte Ausführungsform beschränkt. Beispielsweise ist es nicht notwendig, dass sich die Düseneinheit und insbesondere die Düsenanordnungen 24,26 und die Ultraschallwandleranordnung über die gesamte Breite eines zu behandelnden Substrats erstrecken. Auch ist es beispielsweise möglich nur eine der Düsenanordnungen vorzusehen, sofern diese für die Ausbildung eines definierten Flüssigkeitsfilm auf einem zu behandelnden Substrat ausreicht. Statt eines linearen überstreichen des Substrats kann es beispielsweise auch im Rahmen einer Schwenkbewegung überstrichen werden. Natürlich ist es auch möglich, das Substrat an der Düseneinheit vorbei zu bewegen. Die Anwendung der Düseneinheit ist auch nicht auf eine Behandlung mit einem Entwickler beschränkt. Die Düseneinheit kann insbesondere auch für Ätzvorgänge und Spül- und/oder Reinigungsvorgänge eingesetzt werden. Auch sind solche Vorgänge hintereinander mit ein und derselben Düseneinheit möglich. Das erfindungsgemäße Verfahren ist insbesondere für Halbleiterwafer, Masken für die Halbleiterherstellung und LCD-Anzeigen geeignet.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Behandeln von Substraten mit folgenden Verfahrensschritten:
Ausbilden eines Flüssigkeitsfilms auf einem lokalen Oberflächenbereich des zu behandelnden Substrats durch eine Düseneinheit mit wenigstens einer langgestreckten Düsenanordnung und einer benachbart hierzu angeordneten Ultraschall- oder Megaschallwandleranordnung;
Inkontaktbringen wenigstens eines Teils der Ultraschallwandleranordnung mit dem Flüssigkeitsfilms; und
Einbringen von Ultraschall in den ausgebildeten Flüssigkeitsfilm mit der Ultraschall-Wandleranordnung.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Flüssigkeitsfilm zwischen einer im Wesentlichen geschlossene Bodenstruktur der Düseneinheit und dem zu behandelnden Oberflächenbereich des Substrats gebildet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch Erzeugen einer Relativbewegung zwischen der Düseneinheit und dem Substrat zum Aufbringen des Flüssigkeitsfilms auf unterschiedliche Oberflächenbereiche des Substrats und zum Einbringen des Ultraschalls in diesen Bereichen.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Geschwindigkeit der Relativbewegung zwischen der Düseneinheit und dem Substrat verändert wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Geschwindigkeit der Relativbewegung in Abhängigkeit von der Position der Düseneinheit relativ zum Substrat verändert wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einbringung des Ultraschalls in den Flüssigkeitsfilm während der Behandlung verändert wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Einbringung des Ultraschalls in Abhängigkeit von der Position der Düseneinheit relativ zum Substrat verändert wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Intensität und/oder die Frequenz des in den Flüssigkeitsfilm eingebrachten Ultraschalls wenigstens in einem Teilbereich der Wandleranordnung verändert wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Einfallswinkel des Ultraschalls auf das Substrat durch eine Schrägstellung der Wandleranordnung bezüglich einer Oberfläche des Substrats verändert wird.

10. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Einfallswinkel des Ultraschalls bezüglich der Oberfläche des Substrats zwischen 105° und 75° verändert wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Wandleranordnung aus einer Vielzahl von Wandlern aufgebaut ist, die individuell und/oder in Gruppen angesteuert werden.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Wandler entlang einer Reihe oder in Form einer Matrix angeordnet sind und Wandler mit unterschiedlichen Resonanzfrequenzen vorgesehen sind.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Wandler mit unterschiedlichen Intensitäten und/oder Frequenzen angesteuert werden.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Flüssigkeitsfilm im Wesentlichen entlang einer Geraden über die gesamte Breite des Substrats ausgebildet wird, und der Ultraschall im Wesentlichen entlang einer Geraden über die gesamte Breite des Substrats in den Flüssigkeitsfilm eingebracht wird.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass über die Breite des Substrats hinweg die Einbringung des Ultraschalls unterschiedlich gesteuert wird.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusammensetzung der den Flüssigkeitsfilm bildenden Flüssigkeit gesteuert wird.

17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Düsenanordnung aus einer Vielzahl von Düsen besteht, die unterschiedlich angesteuert werden.

18. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass lokal unterschiedliche Flüssigkeiten und/oder unterschiedliche Flüssigkeitsmengen zur Bildung des Flüssigkeitsfilms auf das Substrat aufgebracht werden.

19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Flüssigkeitsfilm durch wenigstens zwei Düsenanordnungen aufgebracht wird, die auf entgegengesetzten Seiten der Wandleranordnung angeordnet sind.

20. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die auf entgegengesetzten Seiten der Wandleranordnung angeordneten Düsen mit unterschiedlichen Flüssigkeiten beaufschlagt werden.

21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass während der Behandlung ein mittlerer Abstand von 0,2 bis 2,0 mm, insbesondere von 0,7 bis 1,4 mm, zwischen der Wandleranordnung und der zu behandelnden Oberfläche des Substrats beibehalten wird.

22. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass der mittlere Abstand während der Behandlung verändert wird.

23. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die den Flüssigkeitsfilm bildende Flüssigkeit einen Entwickler oder ein Ätzmittel enthält.

24. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Flüssigkeitsfilm eine Spül- und/oder Reinigungsflüssigkeit enthält.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einer der Wandler während des Einbringens des Ultraschalls in den Flüssigkeitsfilm wenigstens Zeitweise derart angesteuert wird, dass er als Sensor arbeitet.

26. Vorrichtung zum Behandeln von Substraten mit einer Flüssigkeit und Ultra- oder Megaschall, die Folgendes aufweist:
eine Düseneinheit mit wenigstens einer langgestreckte Düsenanordnung zum Aufbringen eines Flüssigkeitsfilms auf das Substrat und einer benachbart zur Düsenanordnung angeordneten Wandleranordnung zum Einbringen von Ultra- oder Megaschall in einen auf dem Substrat befindlichen Flüssigkeitsfilm, wobei die wenigstens eine Düsenanordnung und die Wandleranordnung im Wesentlichen in dieselbe Richtung weisen; und
eine Bewegungseinrichtung für das Substrat und/oder die Düseneinheit zum Positionieren derselben benachbart zu einer Oberfläche des Substrats derart, dass die wenigstens eine Düsenanordnung und die Ultra-

schallwandleranordnung mit einem definierten Abstand auf die Oberfläche des Substrats gerichtet sind, und die Wandleranordnung einen auf der Oberfläche des Substrats ausgebildeten Flüssigkeitsfilm kontaktiert.

27. Vorrichtung nach Anspruch 26, gekennzeichnet durch eine Steuervorrichtung zum Steuern der Bewegungseinrichtung derart, dass die Düsenanordnung und die Wandleranordnung mit einem definierten Abstand über die Oberfläche des Substrats hinweg bewegt wird.

28. Vorrichtung nach Anspruch 26 oder 27, gekennzeichnet durch wenigstens eine weitere langgestreckte Düsenanordnung, wobei die Wandleranordnung zwischen wenigstens zwei langgestreckten Düsenanordnungen angeordnet ist.

29. Vorrichtung nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine der langgestreckten Düsenanordnungen zu einer Mittelebene der Wandleranordnung hin gerichtet ist.

30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Wandleranordnung aus einer Vielzahl von Ultra- oder Megaschall-Wandlern gebildet ist.

31. Vorrichtung nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass Wandler mit unterschiedlichen Resonanzfrequenzen vorgesehen sind.

32. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Vielzahl von Wandlern, jeweils benachbart zueinander, in einer Reihe oder in Form einer Matrix angeordnet ist.

33. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 32, gekennzeichnet durch eine Steuervorrichtung zum einzelnen und/oder gruppenweisen Ansteuern der Vielzahl von Wandlern.

34. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 33, gekennzeichnet durch eine Steuervorrichtung zum Verändern der an die Wandler angelegten Frequenz und/oder Energie.

35. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 34, gekennzeichnet durch eine Einrichtung zum Einstellen eines Winkels zwischen einer Oberfläche der Wandleranordnung und einer Oberfläche des Substrats.

36. Vorrichtung nach Anspruch 35, wobei der Winkel zwischen 0 und ±15° einstellbar ist.

37. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass der definierte mittlere Abstand zwischen 0,2 und 2 mm, insbesondere zwischen 0,7 und 1,4 mm, einstellbar ist.

38. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 37, gekennzeichnet durch eine Vorrichtung zum Liefern von Flüssigkeit an die wenigstens eine Düsenanordnung.

39. Vorrichtung nach Anspruch 38, gekennzeichnet durch eine Steuereinrichtung zum Bereitstellen unterschiedlicher Flüssigkeiten für unterschiedliche Düsenanordnungen und/oder unterschiedliche Auslassdüsen der Düsenanordnung(en).

40. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Düsenanordnung und die Wandleranordnung in/an einem gemeinsamen Hauptkörper vorgesehen sind, und eine im Wesentlichen geschlossene Bodenstruktur bilden

41. Vorrichtung nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, dass die im Wesentlichen geschlossene Bodenstruktur im Bereich der Wandleranordnung bezüglich dem Rest der Bodenstruktur vorsteht.

42. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 41, dadurch gekennzeichnet, dass sich wenigstens eine Düsenanordnung und die Wandleranordnung im Wesentlichen parallel zueinander erstrecken.

43. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 42, gekennzeichnet durch eine Steuereinrichtung zum Ansteuern der Wandler als Ultra- oder Megaschallsensor oder als Ultra- oder Megaschallsender.

44. Düseneinheit mit wenigstens einer langgestreckten Düsenanordnung und einer benachbart zur Düsenanordnung angeordnete Ultra- oder Megaschall-Wandleranordnung, wobei die Düsenanordnung und die Wandleranordnung im Wesentlichen in dieselbe Richtung weisen und eine im Wesentlichen geschlossene Bodenstruktur der Düseneinheit bilden.

45. Düseneinheit nach Anspruch 44, gekennzeichnet durch wenigstens eine weitere langgestreckte Düsenanordnung, wobei die Wandleranordnung zwischen den wenigstens zwei langestreckten Düsenanordnungen angeordnet ist.

46. Düseneinheit nach Anspruch 44 oder 45, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine langgestreckte Düsenanordnung zu einer Mittelebene der Wandleranordnung hin gerichtet ist.

47. Düseneinheit nach einem der Ansprüche 44 bis 46, dadurch gekennzeichnet, dass die Wandleranordnung aus einer Vielzahl von Ultra- oder Megaschall-Wandlern gebildet ist.

48. Düseneinheit nach Anspruch 47, dadurch gekennzeichnet, dass die Vielzahl von Wandlern, jeweils benachbart zueinander, in einer Reihe oder in Form einer Matrix angeordnet ist.

49. Düseneinheit nach Anspruch 47 oder 48, dadurch gekennzeichnet, dass Wandler mit unterschiedlichen Resonanzfrequenzen vorgesehen sind.

50. Düseneinheit nach einem der Ansprüche 44 bis 49, dadurch gekennzeichnet, dass die Wandleranordnung und wenigstens eine Düsenanordnung im Wesentlichen parallel zueinander sind.

51. Verfahren zum Behandeln von Substraten mit folgenden Verfahrensschritten:
Ausbilden eines Flüssigkeitsfilms auf einem lokalen Oberflächenbereich des Substrats durch eine Düseneinheit mit wenigstens einer langgestreckten Düsenanordnung, wobei über die Längserstreckung der Düsenanordnung hinweg unterschiedliche Flüssigkeiten aufgebracht werden; und
Einbringen von Ultra- oder Megaschall in den Flüssigkeitsfilm.

52. Verfahren nach Anspruch 51 in Kombination mit den Merkmalen eines oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 17 und 19 bis 24.

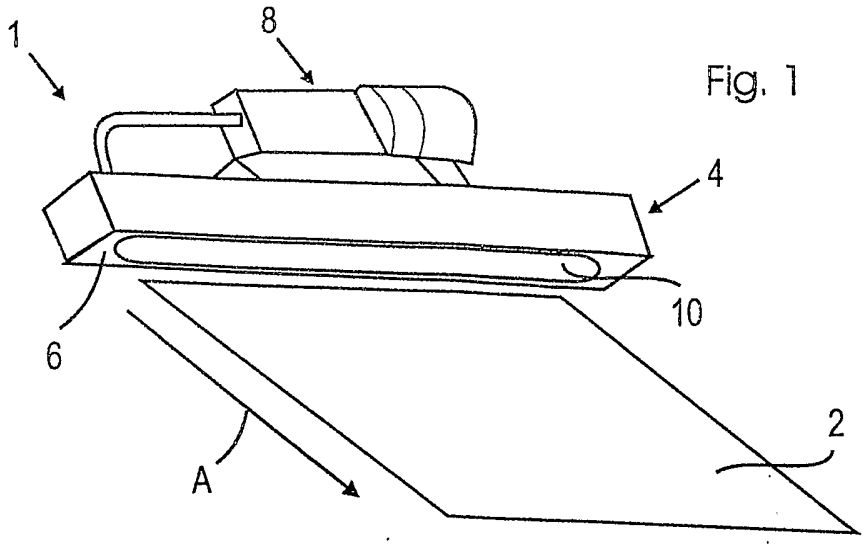


Fig. 1

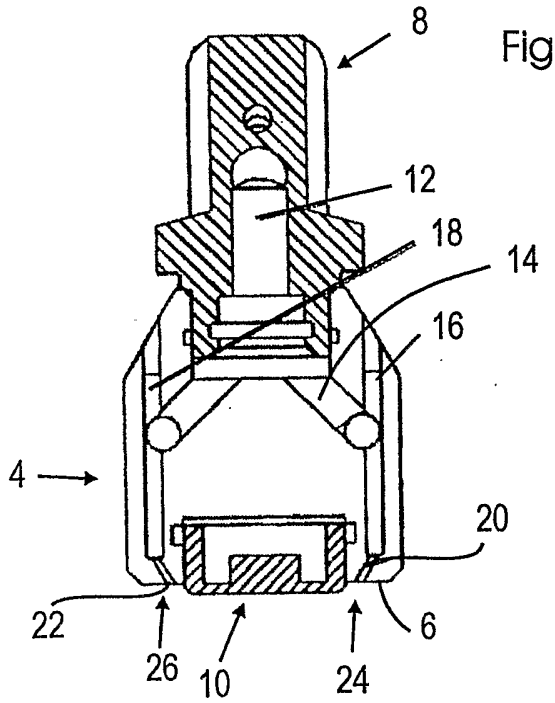


Fig. 2

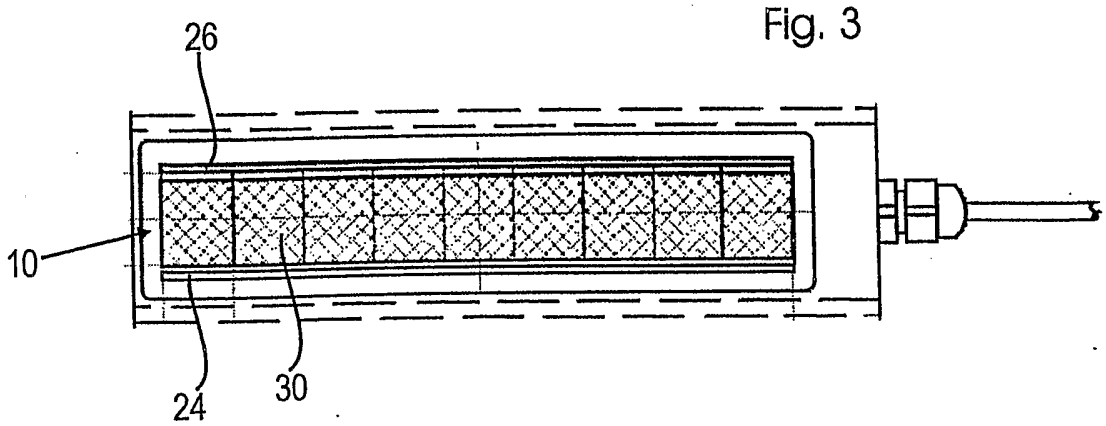


Fig. 3

Fig. 4

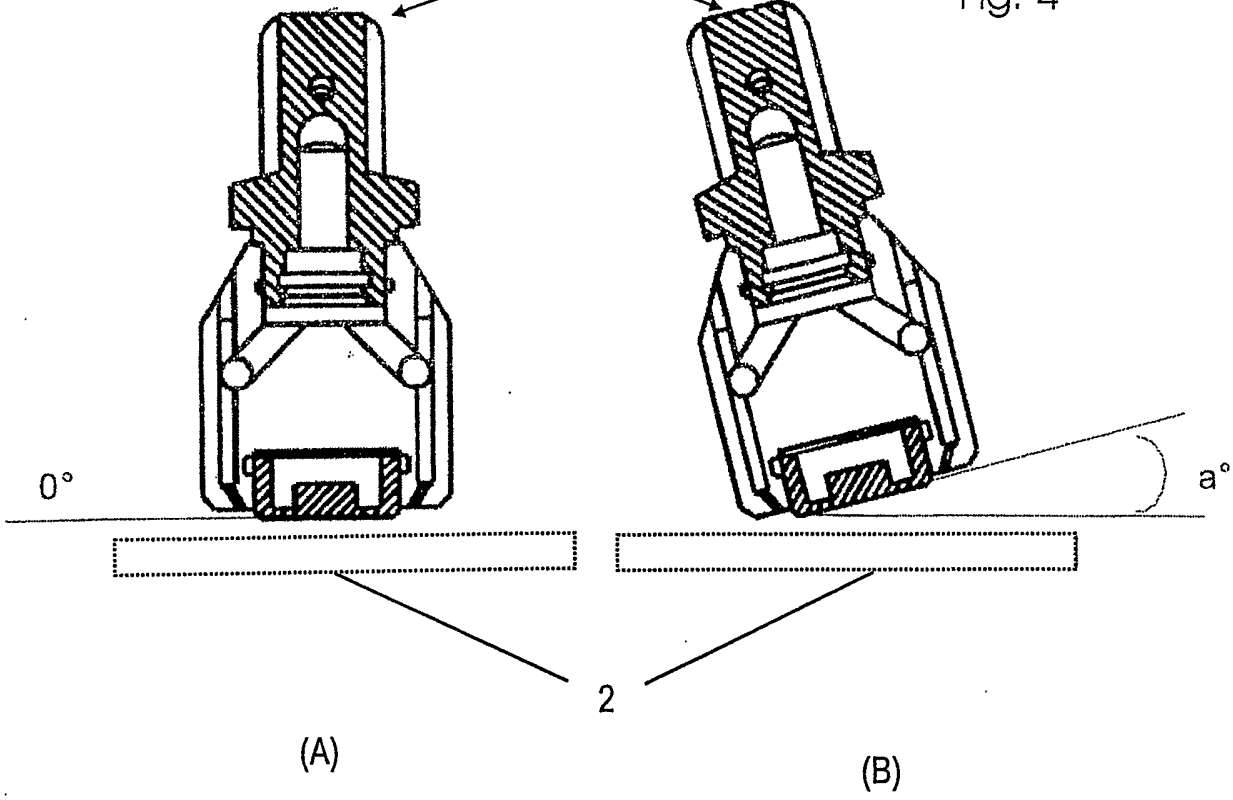


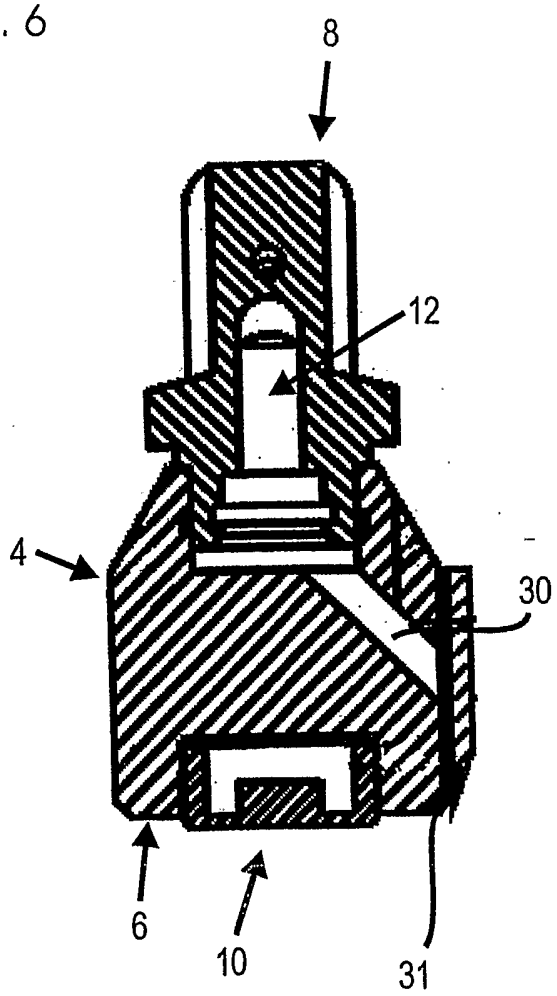
Fig. 5

X

Y

f(1,1)	f(1,2)			f(1,j-1)	f(1,j)
f(2,1)	f(2,2)			f(2,j-1)	f(2,j)
f(3,1)					f(3,j)
f(i-2,1)					f(i-2,j)
f(i-1,1)	f(i-1,2)			f(i-1,j-1)	f(i-1,j)
f(i,1)	f(i,2)			f(i,j-1)	f(i, j)

Fig. 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2005/011533

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H01L21/00

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 practical, search terms used)
EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/185164 A1 (TETSUKA TAKASHI ET AL) 12 December 2002 (2002-12-12) paragraph '0043! - paragraph '0049!; figures 2,3a,3b,4,7,8 paragraph '0073! - paragraph '0077! abstract	1-52
X	EP 1 076 356 A (ALPS ELECTRIC CO., LTD; KAIJO CORPORATION) 14 February 2001 (2001-02-14) abstract; figures paragraph '0029! - paragraph '0046!	1-52

☐ 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	Date of mailing of the international search report
3 February 2006	14/02/2006

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Paisdor, B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2005/011533

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002185164 A1	12-12-2002	JP 2002280343 A	27-09-2002
EP 1076356 A	14-02-2001	JP 2001053046 A	23-02-2001
		TW 478973 B	11-03-2002

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2005/011533

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
H01L21/00

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, PAJ, WPI Data, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2002/185164 A1 (TETSUKA TAKASHI ET AL) 12. Dezember 2002 (2002-12-12) Absatz '0043! - Absatz '0049!; Abbildungen 2,3a,3b,4,7,8 Absatz '0073! - Absatz '0077! Zusammenfassung _____	1-52
X	EP 1 076 356 A (ALPS ELECTRIC CO., LTD; KAIJO CORPORATION) 14. Februar 2001 (2001-02-14) Zusammenfassung; Abbildungen Absatz '0029! - Absatz '0046! _____	1-52

☐ 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
3. Februar 2006	14/02/2006

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Paisdor, B

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2005/011533

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2002185164 A1	12-12-2002	JP 2002280343 A	27-09-2002
EP 1076356 A	14-02-2001	JP 2001053046 A	23-02-2001
		TW 478973 B	11-03-2002