

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



PCT

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
28. Dezember 2006 (28.12.2006)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/136192 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B23K 26/04 (2006.01)

(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, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, 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.

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/006805

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. Juni 2005 (23.06.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **TRUMPF WERKZEUGMASCHINEN GMBH + CO. KG** [DE/DE]; Johann-Maus-Strasse 2, 71254 Ditzingen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHOLICH-TESSMANN, Wolfgang** [DE/DE]; Silberweg 23, 71032 Böblingen (DE). **MILICH, Andreas** [DE/DE]; Beethovenstr. 46, 71640 Ludwigsburg (DE).

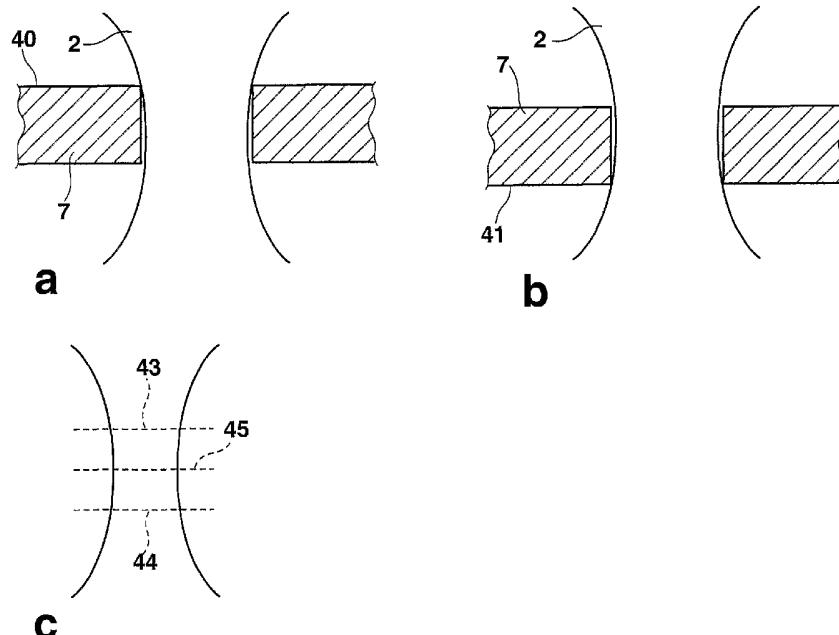
(74) Anwalt: **KOHLER SCHMID MÖBUS**; Ruppmannstrasse 27, 70565 Stuttgart (DE).

(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, 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).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING THE FOCAL POSITION OF A LASER BEAM

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DER FOKUSLAGE EINES LASERSTRAHLS



(57) Abstract: In a method for determining the focal position of a laser beam (2, 2') of a laser installation (1), in particular a laser cutting installation, which focal position is suitable for a workpiece processing process, in which method at least two different focal positions are set, it is determined, for different focal positions of the laser beam (2, 2'), whether and/or under which circumstances at least the edge region (11) of the laser beam (2, 2') comes into contact with a workpiece (7, 25). Thereby the suitable focal position can be determined in an automated fashion.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2006/136192 A1

**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.

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zur Bestimmung der für einen Werkstückbearbeitungsprozess geeigneten Fokuslage eines Laserstrahls (2,2') einer Laseranlage (1), insbesondere einer Laserschneidanlage, bei dem zumindest zwei unterschiedliche Fokuslagen eingestellt werden, wird für unterschiedliche Fokuslagen des Laserstrahls (2, 2') bestimmt, ob und/oder unter welchen Umständen zumindest der Randbereich (11) des Laserstrahls (2, 2') in Kontakt mit einem Werkstück (7, 25) kommt. Dadurch kann die geeignete Fokuslage automatisiert ermittelt werden.

Verfahren zur Bestimmung der Fokuslage eines Laserstrahls

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der für einen Werkstückbearbeitungsprozess geeigneten Fokuslage eines Laserstrahls einer Laseranlage, insbesondere einer Laserschneid-anlage, bei dem zumindest zwei unterschiedliche Fokuslagen eingestellt werden.

Um Werkstücke hinreichend genau bearbeiten zu können, sei es durch Laserschneiden oder Laserschweißen, ist es erforderlich, den Laserstrahl mit der Stelle, wo er die höchste Leistungs-dichte aufweist, in Kontakt mit dem Werkstück zu bringen. Das

Problem ist also, die schmalste Stelle des Laserstrahls zu finden. Dazu ist es beispielsweise bekannt, dass in ein Referenzwerkstück unterschiedliche Schlitze mit dem Laserstrahl geschnitten werden, wobei für jeden Schlitz eine unterschiedliche Fokuslage verwendet wird. Anschließend wird das Referenzwerkstück entnommen und wird die Schlitzbreite manuell gemessen. Die Fokuslage, mit der die geringste Schlitzbreite erreicht wurde, ist die für eine Werkstückbearbeitung geeignete Fokuslage. Dieses Verfahren ist relativ aufwändig und nicht automatisierbar.

Aus der DE 198 54 694 A1 ist die Einstellung der Fokuslage eines auf ein Werkstück gerichteten Laserstrahls, der aus einem Bearbeitungskopf mit einer Fokussierungseinrichtung für den Laserstrahl austritt, beschrieben. Zunächst werden in die Oberfläche des Werkstücks mit Hilfe des Laserstrahls mehrere voneinander getrennte Spuren bei jeweils unterschiedlichen Abständen zwischen Bearbeitungskopf und Werkstück und ansonsten unter gleichen Bedingungen eingearbeitet. Dabei wird die Stärke des entstehenden Plasmas für jede Spur getrennt gemessen. Sodann wird derjenige Abstand zwischen Bearbeitungskopf und Werkstück herausgesucht, für den die maximale Plasmastärke gemessen worden ist. Mit diesem Abstand wird anschließend die Laserbearbeitungsanlage kalibriert. Auch dieses Verfahren ist nur sehr schwer automatisierbar.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren bereit zu stellen, mit dem die Fokuslage bestimmt werden kann, wobei das Verfahren automatisierbar sein sollte.

Gelöst wird diese Aufgabe erfindungsgemäß auf überraschend einfache Art und Weise dadurch, dass bei einem Verfahren der eingangs genannten Art für unterschiedliche Fokuslagen des Laserstrahls bestimmt wird, ob und unter welchen Umständen zumindest der Randbereich des Laserstrahls in Kontakt mit einem Werkstück kommt. Es wird also erkannt, wann - in Abhängigkeit von einer einstellbaren Fokuslage - der Laserstrahl mit seinem Randbereich in Kontakt mit Material kommt. Bei unterschiedlichen Fokuslagen geschieht dies bei unterschiedlichen Abständen der Strahlachse des Laserstrahls von einer Kante des Werkstücks bzw. in Abhängigkeit von der Größe einer bereits erzeugten Durchgangsöffnung des Werkstücks. Das erfindungsgemäße Verfahren ist automatisierbar, so dass die Fokuslage automatisch ermittelt werden kann. Ein manuelles Vermessen eines Referenzwerkstücks kann daher entfallen.

Bei einer besonders bevorzugten Verfahrensvariante kann vorgesehen sein, dass zumindest eine die Umstände, unter denen zumindest der Randbereich des Laserstrahls in Kontakt mit dem Werkstück kommt, beschreibende Größe erfasst wird. Als die Umstände beschreibende Größen kommen beispielsweise der Abstand der Strahlachse zum Werkstück, insbesondere eines Rands des

Werkstücks oder die Intensität von erfasster Strahlung, beispielsweise von Prozesslicht, in Frage.

Besonders bevorzugt ist es, wenn bestimmt wird, ob der Randbereich des Laserstrahls in Kontakt mit dem Werkstück kommt, indem von dem Werkstück oder einem Plasma abgestrahlte Strahlung detektiert wird. Insbesondere kann Licht mit einem Empfindlichkeitsmaximum bei einer Wellenlänge von einem Mikrometer erfasst werden. Dadurch kann die Messung besonders genau erfolgen.

Denkbar, jedoch nicht so genau ist das Erfassen des Plasmaleuchtens, wenn ein Plasma bei der Laserbearbeitung erzeugt wird. Die Genauigkeit leidet darunter, dass das Plasmaleuchten relativ spät auftritt, wenn schon relativ viel Material des Werkstücks geschmolzen und verbraucht wurde. Weiterhin ist es denkbar, nicht reflektiertes Prozesslicht zu erfassen. Bei allen Vorgehensweisen ist besonderen Wert darauf zu legen, dass möglichst frühzeitig erkannt wird, wenn der Randbereich des Laserstrahls in Kontakt mit dem Werkstück kommt.

Bei einer vorteilhaften Verfahrensvariante wird ausgehend von den ermittelten Umständen die geeignete Fokuslage oder eine weitere Fokuslage, für die wiederum erfasst wird, ob und unter welchen Umständen der Randbereich des Laserstrahls in Kontakt mit dem Werkstück kommt, bestimmt. Wenn sich aus den ermittelten Umständen ergibt, dass der Randbereich des Laserstrahls nicht in Kontakt mit dem Werkstück gerät, kann dies darauf hindeuten, dass die geeignete Fokuslage gefunden wurde, da bei-

spielsweise der minimale Abstand der Strahlachse zum Werkstück gefunden wurde oder der Laserstrahl auf der Höhe des Werkstücks schmäler ist als eine im Werkstück vorher erzeugte Durchgangsöffnung. Alternativ, wenn die geeignete Fokuslage nicht gefunden wurde, kann aus den vorher ermittelten Umständen für andere Fokuslage ermittelt werden, in welche Richtung die Fokuslage für den nächsten Versuch verstellt werden muss, um sich der geeigneten Fokuslage anzunähern.

Bei einer vorteilhaften Verfahrensvariante wird ein Werkstück mit dem Laserstrahl, insbesondere mit unterschiedlichen Fokuslagen, angetastet, indem das Werkstück und der Laserstrahl aneinander angenähert werden, bis der Randbereich des Laserstrahls einen Bearbeitungsprozess, insbesondere Schneidprozess, am Werkstück auslöst. Dabei kann ein Werkstück mit dem Laserstrahl von einer oder mehreren Seiten angetastet werden. Alternativ ist es denkbar, in einem Werkstück die Seiten eines im Werkstück ausgebildeten Fensters mit dem Strahl anzutasten. Auf diese Art und Weise kann der Strahldurchmesser bei einer bestimmten Fokuslage ermittelt werden. Dieses Verfahren kann so lange wiederholt werden, bis der geringste Strahldurchmesser gefunden wurde. Die dazugehörende Fokuslage ist dann die geeignete Fokuslage des Laserstrahls für die Werkstückbearbeitung.

Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn der Laserstrahl abgeschaltet wird, sobald erkannt wird, dass der Laserstrahl in Kontakt mit dem Werkstück kommt. Durch diese Maßnahme wird das Werkstück möglichst wenig beschädigt. Außerdem kann dadurch die Genauigkeit der Fokuslagenbestimmung erhöht werden.

Bei einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird zunächst bei einer ersten Fokuslage eine Durchgangsöffnung in dem Werkstück erzeugt und wird anschließend mit zumindest einer weiteren Fokuslage das Erzeugen der Durchgangsöffnung wiederholt. Als Durchgangsöffnung kann beispielsweise ein Loch oder ein Schlitz im Werkstück erzeugt werden. Das Erzeugen eines Schlitzes hat den Vorteil, dass die Laseranlage für eine bestimmte Zeit in Betrieb ist und sich dadurch aufwärmst. Dadurch kann die Fokuslage bei erwärmter Laseranlage ermittelt werden, was den Bedingungen während einer Werkstückbearbeitung entspricht. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass zuerst ein Loch bzw. ein Schlitz mit einer beliebigen Fokuslage in einem dünnen Blech erzeugt wird (Referenz) und danach der Vorgang an derselben Position mit geänderter Fokuslage wiederholt wird. Entsteht in diesem Fall Prozesslicht, ist der Strahldurchmesser im Vergleich zum ersten Loch oder Schlitz größer. Entsteht kein Prozesslicht, ist der Strahldurchmesser im Vergleich zum ersten Loch oder Schlitz kleiner. Das Prozesslicht kann beispielsweise mit einer optoelektronischen Einheit gemessen werden. Insbesondere kann das Prozesslicht mit einem Sensor, einer Kamera, einem Lochspiegel oder dergleichen gemessen

werden. In einem weiteren Verfahrensschritt kann der Vorgang des Erzeugens einer Durchgangsöffnung mit der ersten eingesetzten Fokuslage wiederholt werden (Referenz) und bei dem anschließenden Einstich bzw. Schnitt eine Fokuslage mit entgegengesetzter Fokusdifferenz zum Referenzeinstich bzw. -schlitz wie beim ersten Versuch gewählt werden. Aus den beiden Versuchsergebnissen kann die Richtung für die Fokussuche bestimmt werden. Dies bedeutet, wenn der Referenzeinstich bzw. -schlitz mit der Fokuslage x durchgeführt wird, könnte der zweite Einstich bzw. Schlitz im ersten Versuch mit der Fokuslage $x + y$ und im zweiten Versuch mit $x - y$ erfolgen. Solange x nicht genau der gewünschten, geeigneten Fokuslage entspricht, wird nur bei einem der zwei Versuche beim jeweils zweiten Einstich bzw. Schlitz Prozesslicht entstehen. Aufgrund dieser Information ist die Richtung, in welcher der fokussierte Strahl auf der Blechoberfläche größer bzw. kleiner wird, bekannt, und man kann sich iterativ der geeigneten Fokuslage nähern. Mit Hilfe einer oben bereits erwähnten, insbesondere optoelektronischen Messeinheit für das Prozesslicht, kann dieser Vorgang automatisiert werden.

Eine weitere Möglichkeit der Fokuslagenbestimmung besteht darin, dass die Fokuslage kontinuierlich oder quasi-kontinuierlich durchgestimmt wird. Beispielsweise ist es denkbar, dass die Strahlachse einen festen Abstand von einer Werkstückkante aufweist. Wird anschließend die Fokuslage durchgestimmt, d.h. zwischen zwei Extremwerten kontinuierlich oder quasi-kontinuierlich verändert, und ist die Strahlachse nahe genug an der Werk-

stückkante angeordnet, wird für einige Fokuslagen Prozesslicht entstehen, während für andere Fokuslagen kein Prozesslicht entstehen wird. Entsteht Prozesslicht, bedeutet dies, dass der Laserstrahl auf der Höhe des Werkstücks einen relativ großen Durchmesser aufweist. Diese Fokuslage ist daher nicht für einen Laserbearbeitungsprozess geeignet. Gesucht wird nach denjenigen Fokuslagen, bei denen kein Prozesslicht entsteht. Als Größe, die die Umstände beschreibt, unter denen ein Randbereich des Laserstrahls in Kontakt mit dem Werkstück kommt, dient daher die Fokuslage.

Die vorstehend genannte Verfahrensvariante ist relativ ungenau, wenn der Laserstrahl nicht entlang des Werkstücks bewegt wird. Deshalb ist es vorteilhaft, um die Genauigkeit zu erhöhen, wenn der Laserstrahl und das Werkstück während des Durchstimmens der Fokuslage relativ zueinander bewegt werden. Dabei wird festgehalten, an welchen Relativpositionen von Laserstrahl und Werkstück der Laserstrahl und das Werkstück in Kontakt kommen, insbesondere Prozesslicht entsteht. Insbesondere kann der Laserstrahl entlang einer Seite des Werkstücks bewegt werden. Mit einer kontinuierlichen Durchstimmung der Fokuslage kann die Fokuslage, die für einen Laserbearbeitungsprozess geeignet ist, besonders schnell gefunden werden. Wenn der Laserstrahl entlang des Werkstücks bewegt wird, kann die Fokuslage bei aufgewärmter Laseranlage ermittelt werden.

Eine weitere Möglichkeit, die geeignete Fokuslage zu finden, besteht darin, in einem Werkstück einen Schnitt zu erzeugen, wobei während der Schnitterzeugung die Fokuslage durchgestimmt wird, und anschließend den Vorgang an derselben Stelle zu wiederholen, wobei während des zweiten Schnitts die Fokuslage mit einem Offset durchgestimmt wird.

Besonders bevorzugt ist es, wenn erfasst wird, unter welchen Umständen, insbesondere bei welchen Fokuslagen, der Randbereich des Laserstrahls mit der Oberseite oder der Unterseite des Werkstücks in Kontakt kommt. Wenn diese beiden Fokuslagen bestimmt sind, kann eine aus beiden Fokuslagen gemittelte Fokuslage ermittelt werden, die in der Mitte des Werkstücks, insbesondere des Blechs liegt. Dadurch kann der Laserstrahl auf die Mitte des Blechs fokussiert werden.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, anhand der Figuren der Zeichnung, die erfindungswesentliche Einzelheiten zeigt, sowie aus den Ansprüchen. Die einzelnen Merkmale können jeweils einzeln für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen bei Varianten der Erfindung verwirklicht sein.

In der schematischen Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt, welche in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert werden.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Teils einer Laseranlage;

Fig. 2a einen Querschnitt durch ein Werkstück und einen Laserstrahl bei idealer Fokuslage des Laserstrahls;

Fig. 2b eine Darstellung zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 3 eine schematische Darstellung zur Erläuterung des Antastens eines Werkstücks;

Fig. 4 eine schematische Darstellung zur Erläuterung des Durchstimmens des Laserstrahls;

Fig. 5 eine alternative Ausführungsform zur Erläuterung des Antastens eines Werkstücks;

Fig. 6a bis 6c Darstellungen zur Erläuterung des Auffindens einer für das Laserschneiden geeigneten Fokuslage.

Gemäß der Fig. 1 wird in einer Laseranlage 1, insbesondere einer Laserschneidanlage, ein Laserstrahl 2 durch einen als fokussierenden Scraperspiegel ausgebildeten Spiegel 3 auf einen Umlenkspiegel 4 gelenkt, der in einem Bearbeitungskopf 5 ange-

ordnet ist. Der Laserstrahl 2 wird mittels einer als Linse ausgebildeten Fokussierungseinrichtung 6 fokussiert und auf ein Werkstück 7 gelenkt. Wenn der Laserstrahl 2 auf das Werkstück 7 trifft, entsteht Strahlung; was durch die Linie 8 angedeutet ist. Diese wird über die Spiegel 4, 3 zurück reflektiert und durch den Spiegel 3 auf eine Messeinrichtung 8 gelenkt. Die Messeinrichtung 8 umfasst eine Fotodiode mit entsprechender Elektronik. Die Information der Messeinrichtung 8 wird an eine Auswerte- und Steuereinrichtung 9 weitergeleitet. In der Auswerte- und Steuereinrichtung 9 werden die Umstände bestimmt, unter denen der Laserstrahl 2, insbesondere ein Randbereich des Laserstrahls 2, in Kontakt mit dem Werkstück 7 gelangt ist. Insbesondere wird die zugeordnete Fokuslage, d.h. die Lage der Fokussiereinrichtung 6 und/oder die Höheneinstellung, d.h. der Abstand des Bearbeitungskopfs 5 zum Werkstück 7, erfasst.

In der Fig. 2a ist das Werkstück 7 im Querschnitt gezeigt, welches eine durch den Laserstrahl 2 erzeugte Durchgangsöffnung 10 aufweist. In der Fig. 2 ist die für einen Laserbearbeitungsprozess gewünschte Fokuslage dargestellt. Dies bedeutet, dass sich die schmalste Stelle des tailliert dargestellten Laserstrahls 2 genau auf der Höhe des Werkstücks 7, insbesondere in dessen Mitte, befindet. Dies bedeutet, dass ein Laserstrahl das kleinste Loch bzw. den schmalsten Schnittspalt erzeugt, wenn dessen Fokus genau in der Mitte eines Werkstücks 7, insbesondere eines dünnen Bleches liegt.

In der Fig. 2b ist gezeigt, dass bei einem ersten Versuch bzw. einem Referenzeinstich mit dem Laserstrahl 2 die Öffnung 10 erzeugt wurde. Wird anschließend die Fokuslage verstellt und wird an derselben Stelle versucht, eine Durchgangsöffnung zu erzeugen, so wird durch den Laserstrahl 2' eine Reaktion mit dem Werkstück 7 hervorgerufen, da der Randbereich 11 des Laserstrahls 2' auf das Werkstück 7 trifft und die Durchgangsöffnung 10 vergrößert. Dies gibt Aufschluss darüber, in welche Richtung die Fokuslage verstellt werden muss, um die optimale Fokuslage zu finden.

In der Fig. 3 ist eine Alternative gezeigt, mit der die Fokuslage bestimmt werden kann. In der Draufsicht ist ein Werkstück 7 gezeigt, das mit einem Laserstrahl 2 aus verschiedenen Richtungen, die durch die Pfeile 12, 13, 14 angedeutet sind, angeastet wird. Dies bedeutet, dass der Laserstrahl 2 an die Seiten 15, 16, 17, 18 des Werkstücks 7 herangefahren wird, bis ein Randbereich des Laserstrahls 2 in Kontakt mit dem Werkstück 7 kommt. Durch diese Vorgehensweise kann der Laserstrahldurchmesser bei einer eingestellten Fokuslage ermittelt werden. Daraus kann die Information gewonnen werden, ob der Durchmesser des Laserstrahls 2 klein genug ist, um möglichst kleine Schnittbreiten zu erzeugen. Die Fokuslage kann dabei so lange verändert werden, bis der geringste Strahldurchmesser gefunden wurde. Die Seiten bzw. Kanten 15 bis 18 des Werkstücks 7 werden beispielsweise durch Stanzen erzeugt, um eine genau definierte Kante zu erreichen.

In der Fig. 4 wird deutlich, wie der Laserstrahl 2 in Pfeilrichtung 20 entlang des Werkstücks 7 bewegt wird. Während der Bewegung in Pfeilrichtung 20 wird die Fokuslage des Laserstrahls 2 durchgestimmt, d.h. verändert. Dadurch kann eine Fokuslage gefunden werden, bei der der Randbereich des Laserstrahls 2 gerade nicht mehr in Kontakt mit der Seite 17 des Werkstücks 7 ist. Bei dieser Vorgehensweise ist es vorteilhaft, wenn bekannt ist, welchen Strahldurchmesser der fokussierte Laserstrahl hat. Dann kann der Laserstrahl 2 während der Bewegung in Pfeilrichtung 20 so angeordnet werden, dass seine Strahlachse 21 in etwa in einem Abstand von einem halben Strahldurchmesser des fokussierten Laserstrahls 2 von der Seite 17 angeordnet ist. Die Fokuslage, bei der kein Prozesslicht bzw. keine Strahlung erzeugt wird, ist die gesuchte Fokuslage.

In der Fig. 5 ist eine alternative Möglichkeit dargestellt, wie die Fokuslage durch Antasten eines Werkstücks 25 gefunden werden kann. In einem Fenster 26 des Werkstücks 25 wird der Laserstrahl 2 in den Pfeilrichtungen 27, 28, 29, 30 an die Seiten 31, 32, 33, 34 des Fenster 26 herangefahren. Durch diese Maßnahme kann die Ausbreitung des Laserstrahls 2 bei einer gegebenen Fokuslage in vier Quadranten ermittelt werden. Durch diese Vorgehensweise kann die Kernstrahldicke des Laserstrahls 2 ermittelt werden. Die Dicke des Werkstücks 25 bestimmt sich nach den Anforderungen an die Prozessgenauigkeit. Wünschenswert ist es, möglichst dünne Werkstücke zu verwenden, da dadurch die Fokuslage genauer bestimmt werden kann. Vorzugsweise sollte die

Blechdicke \leq 1mm sein. Die Blechdicke darf jedoch nicht zu dünn gewählt werden, da es dann zu einem Flattern des Werkstücks kommen kann, was die Messgenauigkeit beeinträchtigt.

Die Darstellung der Fig. 6a verdeutlicht, dass es aufgrund der Dicke des Werkstücks 7 und der Form des Laserstrahls 2 schwierig ist, genau die Stelle mit der höchsten Leistungsdichte des Laserstrahls 2 zu finden. Gemäß der Darstellung der Fig. 6a ist der Laserstrahl 2 bzw. der Randbereich des Laserstrahls 2 mit der Oberseite 40 des Werkstücks 7 in Kontakt. Gemäß der Darstellung der Fig. 6b ist der Randbereich des Laserstrahls 2 mit der Unterseite 41 des Werkstücks 7 in Kontakt. Die Fokuslagen, bei denen der Laserstrahl 2 gerade mit der Oberseite oder Unterseite 40, 41 in Kontakt ist, lassen sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren relativ genau bestimmen. Gesucht ist jedoch eine Fokuslage, die zwischen diesen beiden Fokuslagen liegt. Dies ist in der Fig. 6c veranschaulicht. Die Fokuslage gemäß der Fig. 6a ist durch die gestrichelte Linie 43 dargestellt und die Fokuslage gemäß der Darstellung der Fig. 6b ist durch die gestrichelte Linie 44 dargestellt. Genau in der Mitte zwischen diesen Fokuslagen liegt die gesuchte Fokuslage, was durch die gestrichelte Linie 45 veranschaulicht ist. Diese Fokuslage kann durch Mittelung bestimmt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der für einen Werkstückbearbeitungsprozess geeigneten Fokuslage eines Laserstrahls (2, 2') einer Laseranlage (1), insbesondere einer Laserschneidanlage, bei dem zumindest zwei unterschiedliche Fokuslagen eingestellt werden, dadurch gekennzeichnet, dass für unterschiedliche Fokuslagen des Laserstrahls (2, 2') bestimmt wird, ob und/oder unter welchen Umständen zumindest der Randbereich (11) des Laserstrahls (2, 2') in Kontakt mit einem Werkstück (7, 25) kommt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine die Umstände, unter denen zumindest der Randbereich (11) des Laserstrahls (2, 2') in Kontakt mit dem Werkstück (7, 25) kommt, beschreibende Größe erfasst wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bestimmt wird, ob der Randbereich (11) des Laserstrahls (2, 2') in Kontakt mit dem Werkstück (7, 25) kommt, indem von dem Werkstück (7, 25) oder einem Plasma abgestrahlte Strahlung oder Prozesslicht detektiert wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ausgehend von den ermittelten Umständen die geeignete Fokuslage oder eine weitere Fokuslage,

für die wiederum erfasst wird, ob und unter welchen Umständen der Randbereich (11) des Laserstrahls (2, 2') in Kontakt mit dem Werkstück (7, 25) kommt, bestimmt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Werkstück mit dem Laserstrahl (2, 2') angetastet wird, indem Werkstück und Laserstrahl aneinander angenähert werden, bis der Randbereich des Laserstrahls einen Prozess am Werkstück auslöst.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Laserstrahl (2, 2') abgeschaltet wird; sobald erkannt wird, dass der Laserstrahl (2, 2') in Kontakt mit dem Werkstück (7, 25) kommt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zunächst bei einer ersten Fokuslage eine Durchgangsöffnung (10) in dem Werkstück (7, 25) erzeugt wird und anschließend mit zumindest einer weiteren Fokuslage das Erzeugen der Durchgangsöffnung (10) wiederholt wird.

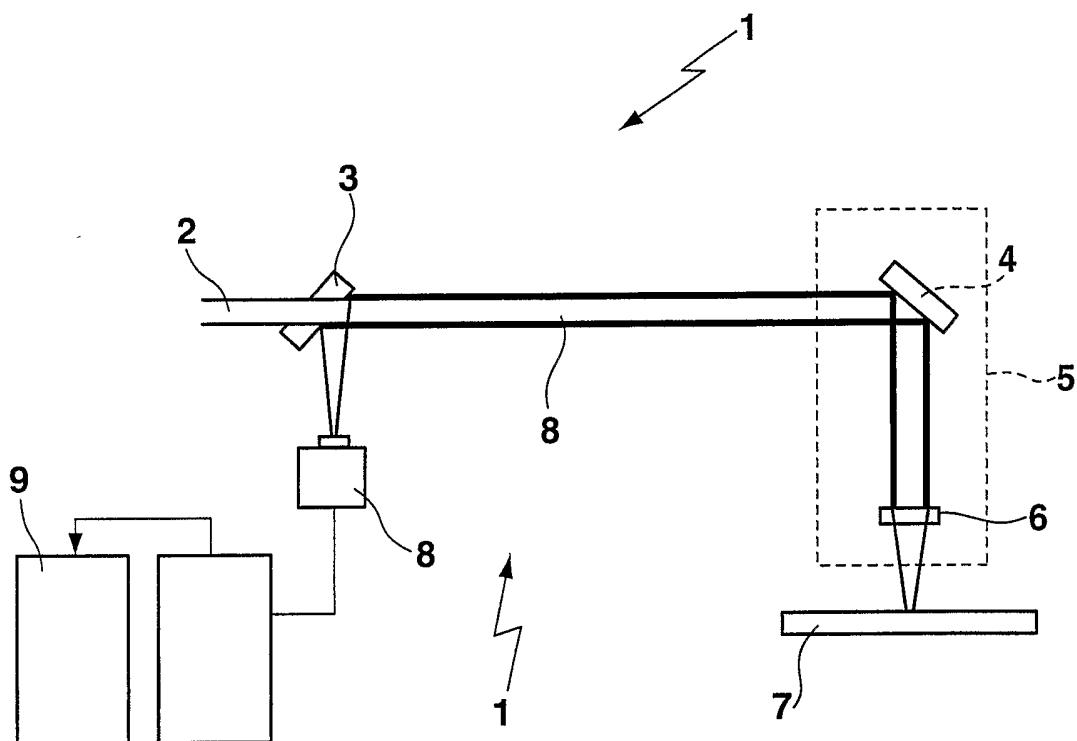
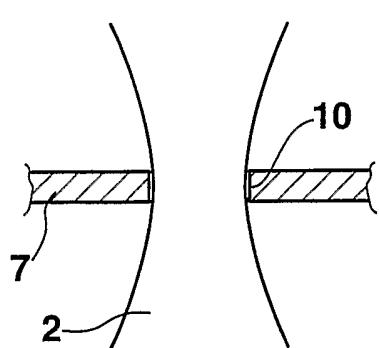
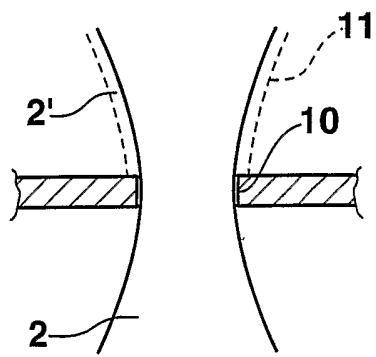
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Bestimmen der geeigneten Fokuslage iterativ erfolgt.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Fokuslage kontinuierlich oder quasi-kontinuierlich durchgestimmt wird.

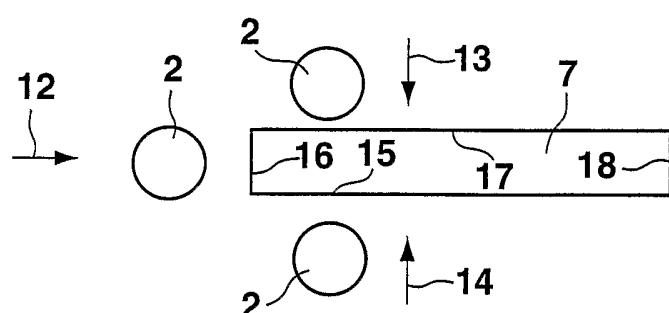
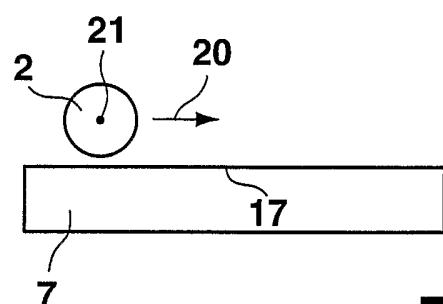
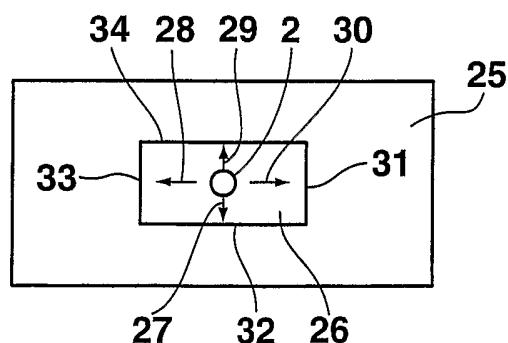
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Laserstrahl (2, 2') und das Werkstück (7, 25) während des Durchstimmens der Fokuslage relativ zueinander bewegt werden.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass erfasst wird, unter welchen Umständen, insbesondere bei welchen Fokuslagen, der Randbereich (11) des Laserstrahls (2, 2') mit der Oberseite (40) oder der Unterseite (41) des Werkstücks (7, 25) in Kontakt kommt.

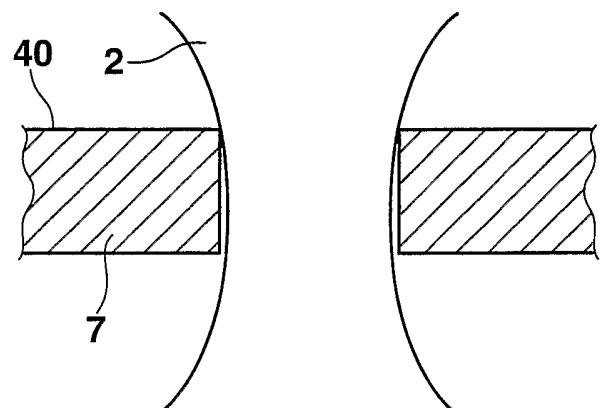
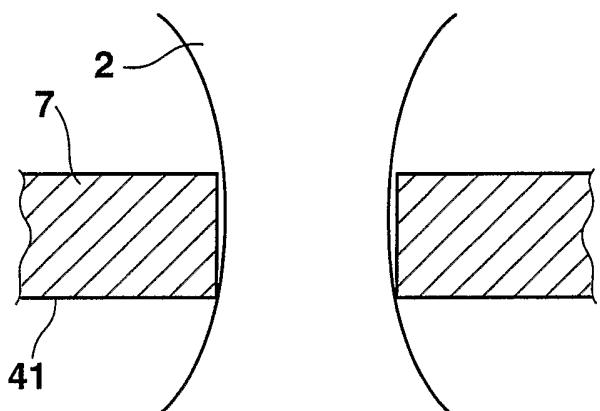
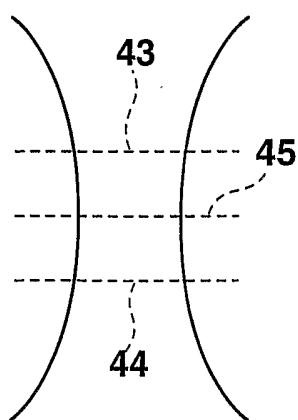
1 / 3

**Fig. 1****Fig. 2a****Fig. 2b**

2 / 3

**Fig. 3****Fig. 4****Fig. 5**

3 / 3

**Fig. 6a****Fig. 6b****Fig. 6c**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2005/006805

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B23K26/04

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)

B23K

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, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 791 057 B1 (KRATZSCH CHRISTIAN ET AL) 14 September 2004 (2004-09-14) column 6, line 41 - column 10, line 14; figures 1-6 ----- DE 101 60 623 A1 (PRECITEC KG) 12 June 2003 (2003-06-12) column 6, line 2 - column 6, line 21; figure 2 ----- US 5 486 677 A (MAISCHNER ET AL) 23 January 1996 (1996-01-23) column 3, line 51 - column 5, line 20; figure 1 ----- -/-	1 1 1

 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 3 March 2006	Date of mailing of the international search report 10/03/2006
Name and mailing address of the ISA/ 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	Authorized officer Concannon, B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2005/006805

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 373 135 A (BEYER ET AL) 13 December 1994 (1994-12-13) column 6, line 60 - column 7, line 12; claims 1,7; figures 3,4 -----	1
A	WO 98/50196 A (INSTITUTET FOER VERKSTADSTEKNISK FORSKNING; NILSSON, THOMAS; VON BROEM) 12 November 1998 (1998-11-12) claim 1; figures 1,2 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2005/006805

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 6791057	B1	14-09-2004	WO DE EP	0029166 A1 19852302 A1 1128927 A1		25-05-2000 25-05-2000 05-09-2001
DE 10160623	A1	12-06-2003		NONE		
US 5486677	A	23-01-1996	DE WO EP	4106007 A1 9214578 A1 0573474 A1		03-09-1992 03-09-1992 15-12-1993
US 5373135	A	13-12-1994	DE WO EP JP JP	3926859 A1 9007398 A1 0451164 A1 2694478 B2 4502429 T		05-07-1990 12-07-1990 16-10-1991 24-12-1997 07-05-1992
WO 9850196	A	12-11-1998	AU EP JP SE SE US	7462498 A 1007268 A1 2001523167 T 508228 C2 9701710 A 6151109 A		27-11-1998 14-06-2000 20-11-2001 14-09-1998 14-09-1998 21-11-2000

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/006805

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

B23K26/04

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

B23K

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, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 791 057 B1 (KRATZSCH CHRISTIAN ET AL) 14. September 2004 (2004-09-14) Spalte 6, Zeile 41 – Spalte 10, Zeile 14; Abbildungen 1-6 -----	1
A	DE 101 60 623 A1 (PRECITEC KG) 12. Juni 2003 (2003-06-12) Spalte 6, Zeile 2 – Spalte 6, Zeile 21; Abbildung 2 -----	1
A	US 5 486 677 A (MAISCHNER ET AL) 23. Januar 1996 (1996-01-23) Spalte 3, Zeile 51 – Spalte 5, Zeile 20; Abbildung 1 ----- -/-	1



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 erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher 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

3. März 2006

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

10/03/2006

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Concannon, B

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2005/006805

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 373 135 A (BEYER ET AL) 13. Dezember 1994 (1994-12-13) Spalte 6, Zeile 60 – Spalte 7, Zeile 12; Ansprüche 1,7; Abbildungen 3,4 -----	1
A	WO 98/50196 A (INSTITUTET FOER VERKSTADSTEKNISK FORSKNING; NILSSON, THOMAS; VON BROEM) 12. November 1998 (1998-11-12) Anspruch 1; Abbildungen 1,2 -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentli en, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/006805

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 6791057	B1	14-09-2004	WO DE EP	0029166 A1 19852302 A1 1128927 A1		25-05-2000 25-05-2000 05-09-2001
DE 10160623	A1	12-06-2003		KEINE		
US 5486677	A	23-01-1996	DE WO EP	4106007 A1 9214578 A1 0573474 A1		03-09-1992 03-09-1992 15-12-1993
US 5373135	A	13-12-1994	DE WO EP JP JP	3926859 A1 9007398 A1 0451164 A1 2694478 B2 4502429 T		05-07-1990 12-07-1990 16-10-1991 24-12-1997 07-05-1992
WO 9850196	A	12-11-1998	AU EP JP SE SE US	7462498 A 1007268 A1 2001523167 T 508228 C2 9701710 A 6151109 A		27-11-1998 14-06-2000 20-11-2001 14-09-1998 14-09-1998 21-11-2000