(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
22. Dezember 2005 (22.12.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/121700 A1

(51) Internationale Patentklassifikation[7]: G01B 11/30

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2005/000914

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. Mai 2005 (17.05.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2004 027 758.3 8. Juni 2004 (08.06.2004) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **MICRO-EPSILON MESSTECHNIK GMBH & CO. KG** [DE/DE]; Königbacher Strasse 15, 94496 Ortenburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **MESSERSCHMIDT, Bernhard** [DE/DE]; Dammstrasse 8, 07749 Jena (DE). **WISSPEINTNER, Karl** [DE/DE]; Passauer Strasse 55, 94496 Ortenburg (DE).

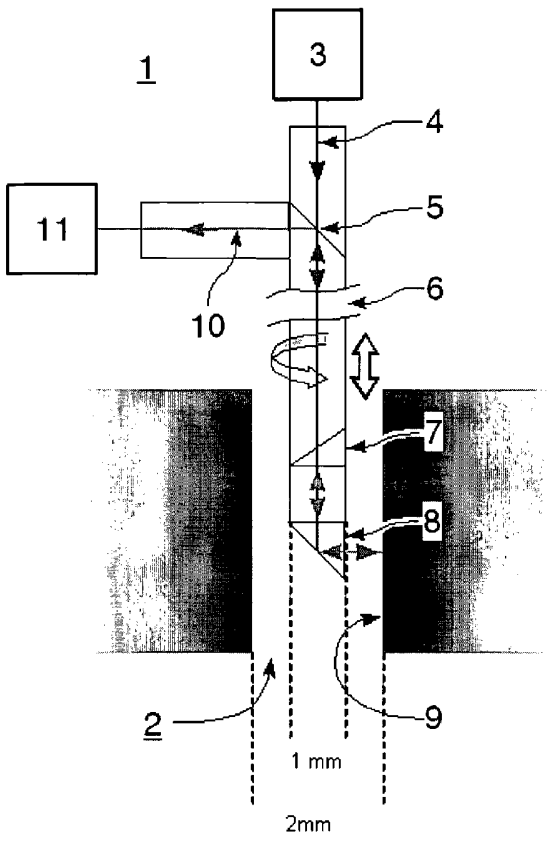
(74) Anwalt: **ULLRICH & NAUMANN**; Luisenstr. 14, 69115 Heidelberg (DE).

(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, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR INSPECTING THE INTERNAL SURFACES OF HOLES

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM PRÜFEN VON OBERFLÄCHEN IM INNEREN VON LÖCHERN



(57) Abstract: The invention relates to a device and a method for inspecting the internal surfaces of holes, recesses or the like. Said device (1) comprises a light source (3) for producing a light beam (4), said light beam (4) being focusable by means of a projection lens (7) and the focused light beam being directed onto the surface (9). A sensor device (11) is provided for detecting the reflected light beam (10). The aim of the invention is to provide a device which allows as rapid and easy a measurement as possible and which can be easily miniaturized. For this purpose, the light source (3) allows for production of a multicolor light beam (4) that is focused onto a plurality of points that are at different distances from the projection lens (7) due to chromatic aberrations of the projection lens (7). The distance to the surface (9) can be determined from the spectrum of the detected light beam (10).

(57) Zusammenfassung: Eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Prüfen von Oberflächen im Inneren von Löchern, Vertiefungen oder dergleichen, wobei die Vorrichtung (1) eine Lichtquelle (3) zum Erzeugen eines Lichtstrahls (4) aufweist, wobei der Lichtstrahl (4) durch eine Abbildungsoptik (7) fokussierbar ist, wobei der fokussierte Lichtstrahl auf die Oberfläche (9) lenkbar ist und wobei zum Detektieren des reflektierten Lichtstrahls (10) eine Sensorvorrichtung (11) vorgesehen ist, ist im Hinblick auf möglichst schnelle und einfach durchführbare Messung und im Hinblick auf eine möglichst gute Miniaturisierbarkeit der Vorrichtung derart ausgestaltet, dass mit der Lichtquelle (3) ein Mehrfarbenlichtstrahl (4) erzeugbar ist, der durch chromatische Aberration der Abbildungsoptik (7) auf mehrere unterschiedlich weit von der Abbildungsoptik (7) beabstandete Punkte fokussiert ist, und dass aus dem Spektrum des detektierten Lichtstrahls (10) der Abstand zu der Oberfläche (9) ermit-

telbar ist.

WO 2005/121700 A1

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.

(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).

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.

VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM PRÜFEN VON OBERFLÄCHEN IM INNEREN VON LÖCHERN

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Prüfen von Oberflächen im Inneren von Löchern, Vertiefungen, oder dergleichen, wobei die Vorrichtung eine Lichtquelle zum Erzeugen eines Lichtstrahls aufweist, wobei der Lichtstrahl durch eine Abbildungsoptik fokussierbar ist, wobei der fokussierte Lichtstrahl auf die Oberfläche lenkbar ist und wobei zum Detektieren des reflektierten Lichtstrahls eine Sensorvorrichtung vorgesehen ist.

Oberflächenprüfungen im Innern von Löchern, Vertiefungen oder dergleichen, insbesondere von Bohrlöchern oder kleinen Spalten, mit Abmessungen im Millimeterbereich stellen eine wichtige Aufgabe in vielen Bereichen der Technik dar. Qualitativ hochwertige und passgenaue Bohrungen werden häufig dann benötigt, wenn diese zur Aufnahme von beweglichen Teilen wie Stiften, Zylindern oder kleinen Kolben beispielsweise in Druckventilen vorgesehen sind. Druckventile werden in der Pneumatik aber auch in weiteren Bereichen wie in der Automobiltechnik bei Brennstoffeinspritzungen verwendet. Dort finden inzwischen Teststifte für elektrische Schaltungen mit Pneumatikzylindern mit 2 mm Durchmesser Anwendung. Diese sehr kleinen Zylinder sind notwendig, um den immer kleineren elektrischen Schaltungen gerecht zu werden. Auch für Schrumpfverbindungen werden passgenaue Bohrungen verlangt, die nicht durch Grate oder Lunker beschädigt sein dürfen. Darüber hinaus kann es auch in Löchern außerhalb des Millimeterbereichs von Bedeutung sein, die Oberflächenbeschaffenheit genau zu kennen. So müssen beispielsweise Bremszylinder bei einem Kraftfahrzeug eine besonders hochwertige Oberfläche aufweisen, da kleine Späne oder Grate in den Zylindern bereits nach kurzer Zeit zur Zerstörung der Teile führen können.

Zur Oberflächenprüfung werden derzeit im Wesentlichen zwei Verfahren in der Praxis eingesetzt. Bei einem System bildet ein Glaskegel eine Optik, mit der nahezu 360° der umgebenden Oberfläche auf einen Lichtwellenleiterbündel abgebildet werden kann. Das Lichtwellenleiterbündel besteht häufig aus einigen tausend einzelnen Fasern, die gemeinsam ein Bild an eine Kamera weiterleiten. Durch eine geeignete Bildverarbeitung lassen sich dadurch Strukturen auf der Oberfläche er-

kennen. Ihre tatsächliche Größe, insbesondere ihre dreidimensionale Ausdehnung lässt sich damit jedoch nicht bestimmen.

Bei einer anderen in der Praxis gebräuchlichen Technik wird ein monochromatischer Lichtstrahl auf die zu untersuchende Oberfläche gelenkt, wobei dieser Lichtstrahl immer auf die Oberfläche fokussiert gehalten wird. Ändert sich der Abstand zwischen der Optik und dem beleuchteten Bildpunkt infolge von Unebenheiten der Oberfläche und ist damit der Lichtstrahl nicht mehr fokussiert, so regelt eine automatische Fokussierungsschaltung die Optik derart nach, dass der Lichtstrahl wieder auf die Oberfläche fokussiert ist. Über diese Nachregelung der Optik kann die Abstandsänderung erfasst werden. Auf diese Weise lässt sich die Oberfläche zwar dreidimensional vermessen, durch das notwendige Nachführen der Fokussierung lassen sich jedoch nur relativ langsame Messgeschwindigkeiten erreichen. Eine Prüfung in einem laufenden Produktionsprozess ist damit nicht realisierbar.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art derart auszugestalten und weiterzubilden, dass eine möglichst schnelle, einfache und reproduzierbare Überprüfung von Oberflächen im Inneren von Löchern, Vertiefungen oder dergleichen mit Abmessung bis in den Millimeterbereich bei einfachster Konstruktion möglich ist. Desweiteren soll ein entsprechendes Verfahren angegeben werden.

Erfindungsgemäß wird die voranstehende Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruches 1 gelöst. Danach ist die in Rede stehende Vorrichtung derart ausgestaltet, dass mit der Lichtquelle ein Mehrfarbenlichtstrahl erzeugbar ist, der durch chromatische Aberration der Abbildungsoptik auf mehrere unterschiedlich weit von der Abbildungsoptik beabstandete Punkte fokussiert ist, und dass aus dem Spektrum des detektierten Lichtstrahls der Abstand zu der Oberfläche ermittelbar ist.

In verfahrensmäßiger Hinsicht ist die voranstehende Aufgabe durch die Merkmale der Patentanspruchs 17 gelöst. Hiernach ist das in Rede stehende Verfahren dadurch gekennzeichnet, dass mit der Lichtquelle ein Mehrfarbenlichtstrahl erzeugt wird, der durch chromatische Aberration der Abbildungsoptik auf mehrere unter-

schiedlich weit von der Abbildungsoptik beabstandete Punkte fokussiert wird, und dass aus dem Spektrum des detektierten Lichtstrahls der Abstand zu der Oberfläche ermittelt wird.

In erfindungsgemäßer Weise ist zunächst erkannt worden, dass auf die Nachfokussierung der Optik verzichtet werden kann. In Abkehr von den aus der Praxis bekannten Verfahren wird gezielt Mehrfarbenlicht eingesetzt und die dadurch entstehende, häufig unerwünschte chromatische Aberration bei Mehrfarbenlicht in Optiken ausgenutzt. Durch die chromatische Aberration werden Lichtstrahlen unterschiedlicher Wellenlänge auf unterschiedliche Brennpunkte fokussiert. Diese Brennpunkte liegen je nach Ausmaß der chromatischen Aberration in einem mehr oder weniger stark ausgedehnten Bereich und mehr oder weniger weit von der Abbildungsoptik beabstandet auf der optischen Achse der Abbildungsoptik. Da von der bestrahlten Oberfläche die spektralen Anteile am besten reflektiert werden, die im Wesentlichen auf den beleuchteten Punkt der Oberfläche fokussiert sind, kann erfindungsgemäß aus einer spektralen Analyse des reflektierten Lichtstrahls auf den Abstand zwischen der Optik und dem beleuchteten Bildpunkt geschlossen werden. Wird ein ganzer Bereich auf der Oberfläche durch Lenken des fokussierten Lichtstrahls abgetastet, so kann auf diese Weise ein Profil über die Beschaffenheit der Oberfläche erstellt werden.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich in vorteilhafter Weise überall dort einsetzen, wo Oberflächen in räumlich sehr beschränkten Umgebungen vermessen werden müssen. So können beispielsweise Bohrlöcher, aber auch Mulden, Spalten oder anderen Vertiefungen vermessen werden.

Erfindungsgemäß wird dazu ein Mehrfarbenlichtstrahl erzeugt der vorzugsweise über einen oder mehrere Lichtwellenleiter einer Abbildungsoptik zugeleitet wird. Dabei handelt es sich vorzugsweise um Weißlicht, da sich dadurch bei der Auswertung der spektralen Anteile besonders einfache Umstände ergeben. Die Abbildungsoptik besteht in vorteilhafter Weise aus einer Linse oder einem Linsensystem.

Hinsichtlich einer möglichst einfachen Miniaturisierung und einer möglichst preisgünstigen Abbildungsoptik weist diese vorzugsweise eine GRIN(gradient index)-

Linse auf. GRIN-Linsen bestehen meist aus zylinderförmigen Blöcken, die durch spezielle Produktionsprozesse mit einer kontinuierlichen radialen Brechzahländerung versehen sind. Dabei werden dieselben Effekte auf einen die Linse durchquerenden Lichtstrahl erzielt wie mit konventionellen Linsen. Allerdings lassen sich GRIN-Linsen bei niedrigeren Produktionskosten wesentlich stärker miniaturisieren, was insbesondere in räumlich beschränkten Umgebungen von großem Vorteil ist.

In besonders vorteilhafter Weise kann der GRIN-Linse eine Stellvorrichtung, ein sogenannter Spacer, zugeordnet sein, mit der die Aberration der Linse angepasst werden kann. Damit lässt sich eine derartige Linse besonders einfach auf geänderte Systemkonfigurationen anpassen.

Bei Messsituationen, bei denen zwischen der Optik und dem Messobjekt größere Abstände überwunden werden müssen, lässt sich der GRIN-LINSE eine weitere Optik nachschalten. Hier könnte beispielsweise eine bei Asphärenteleskopen benannte Abbildungsoptik eingesetzt werden. In vorteilhafter Weise lässt sich zur Lichtlenkung in den Strahlengang beispielsweise zwischen den Linsen der Teleskopoptik ein Lichtwellenleiter einkoppeln, wodurch noch größere Reichweiten möglich sind.

Hinsichtlich einer besonders einfachen Lenkbarkeit des fokussierten Lichtstrahls könnte eine Umlenkvorrichtung vorgesehen sein, die vorzugsweise bewegbar ausgestaltet ist. Dabei können Prismen, Spiegel oder auch planparallele Platten zum Einsatz kommen. Vorteilhafterweise wird die Umlenkvorrichtung zum Erreichen von reproduzierbaren Messabläufen durch elektrische, piezoelektrische, magnetische oder vergleichbare Stellglieder beeinflusst, die vorzugsweise durch eine elektronische Schaltung, beispielsweise ein Mikrocontroller, angesteuert werden. Durch geeignete Steuerung der Umlenkvorrichtung lässt sich die gesamte Oberfläche oder zumindest einen zu prüfenden Teil der Oberfläche im Innern eines Loches beleuchten und vermessen. Dabei kann der Lichtstrahl linear, kreis-, spiral-, meanderförmig oder in anderer geeigneter Weise über die Oberfläche geführt werden.

Hinsichtlich einer besonders einfachen und Platz sparenden Ausgestaltung der Vorrichtung könnte der reflektierte Lichtstrahl denselben Weg wie der durch die Licht-

quelle erzeugten Lichtstrahl nehmen, lediglich in umgekehrter Richtung. An geeigneter Stelle könnte der reflektierte Lichtstrahl durch eine optische Weiche herausgetrennt und einer Sensorvorrichtung zugeführt werden.

Die Sensorvorrichtung besteht vorteilhafterweise aus einem elektronischen Bauteil, das in der Lage ist, Mehrfarbenlicht in Abhängigkeit von dem Spektrum des eingefallenen Lichtstrahls in geeignete elektrische Signale umzusetzen. Vorzugsweise kommt hier ein CCD-Chip oder andere Photodetektor-Arrays zum Einsatz.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung lässt sich auf relativ einfache Weise als Mehrkanalsystem betreiben, wodurch mehrere Messungen gleichzeitig durchführbar sind. Dabei lässt sich das aus der Abbildungsoptik heraustretende Licht in mehrere Messpunkte aufteilen und die jeweilige Reflektion der Messpunkte über vorzugsweise mehrere Lichtwellenleiter der Sensorvorrichtung zuleiten. In besonders vorteilhafter Weise sind dabei die Messpunkte je nach Messsituation angeordnet. Hierbei wäre beispielsweise eine zeilenförmige oder kreisförmige Anordnung denkbar.

Hinsichtlich einer besonders vielseitigen Auswertemöglichkeit der durch die Sensorvorrichtung gewonnenen Signale könnten diese einer elektronischen Vorrichtung zugeführt werden, die beispielsweise aus einem Digitalrechner in Form eines Mikrocontrollers oder eines digitalen Signalprozessors besteht. Damit lässt sich eine Signalverarbeitung durchführen und die gewonnenen Daten in geeigneter Weise für die spätere Verwendung beispielsweise eine Visualisierung aufbereiten. Eventuell könnte hier auch eine Bewertung der Messergebnisse erfolgen und die Oberfläche nach gewissen Kriterien klassifiziert werden.

Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu ist einerseits auf die den Patentansprüchen 1 und 17 nachgeordneten Patentansprüche und andererseits auf die nachfolgende Erläuterung von bevorzugten Ausführungsbeispielen der Erfindung anhand der Zeichnung zu verweisen. In Verbindung mit der Erläuterung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung werden auch im Allgemeinen bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Lehre erläutert. In der Zeichnung zeigen

Fig. 1 in einer schematischen Ansicht einen prinzipiellen Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 2 in einer schematischen Ansicht den Einsatz einer GRIN-Linse in Verbindung mit einem Linsensystem und

Fig. 3 in einer schematischen Ansicht eine Umlenkvorrichtung mit einer planparallelen Platte.

Fig. 1 zeigt in einer schematischen Darstellung einen prinzipiellen Aufbau einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 zum Prüfen der Oberfläche 9 im Inneren eines Loches 2. Die Vorrichtung 1 besteht aus einer Lichtquelle 3 mit Hilfe derer ein Mehrfarbenlichtstrahl 4 erzeugbar ist. Dieser Lichtstrahl 4 passiert unbeeinflusst eine optische Weiche 5 und wird in einen Lichtwellenleiter 6 zum Lenken des Lichtstrahls 4 eingekoppelt. Mit einem Linsensystem 7 wird der Lichtstrahl 4 unter Ausnutzung der chromatischen Aberration auf eine Reihe von Brennpunkten fokussiert und mit einem Umlenkkeil 8 auf die Oberfläche 9 des Loches 2 gelenkt. Das Linsensystem 7 und der Umlenkkeil 8 sind derart auf einander abgestimmt, dass mindestens einer der Brennpunkte auf der Oberfläche 9 liegt. Unter Umständen muss eine entsprechende, hier nicht eingezeichnete Anpassvorrichtung vorgesehen sein, damit diese Forderung erfüllt werden kann. Die aus Linsensystem 7 und Umlenkkeil 8 bestehende Optik ist drehbar gelagert und kann längs des Loches 2 bewegt werden. Diese Bewegungen werden vorzugsweise über eine hier nicht eingezeichnete elektrische Stellvorrichtung durchgeführt, so dass die Oberfläche 9 des Loches 2 möglichst vollständig und reproduzierbar abgetastet werden kann.

An der Oberfläche 9 wird der Lichtstrahl reflektiert und über den Umlenkkeil 8 und das Linsensystem 7 dem Lichtwellenleiter 6 zugeführt. Die optische Weiche trennt den von der Lichtquelle 3 erzeugten Lichtstahl 4 von dem reflektierten Lichtstrahl 10, der der Sensorvorrichtung 11 zugeführt wird. Diese Sensorvorrichtung ist mit einer ebenfalls nicht eingezeichneten Auswerteelektronik gekoppelt, die aus dem Spektrum des reflektierten Lichtstrahls 10 den Abstand zwischen der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 und der Oberfläche 9 berechnet und die Daten für eine spätere Auswertung und/oder Visualisierung zur Verfügung stellt.

In Fig. 2 ist in einer schematischen Ansicht die Verwendung einer GRIN-Linse 12 mit einer konventionellen Optik 13 dargestellt. In der Zeichnung ist eine etwa 1,0 Pitch-GRIN-Linse 12 abgebildet, d.h. die Linse ist derart dimensioniert, dass ein einfallender Lichtstrahl eine Periode einer Sinus-Schwingung im Inneren der GRIN-Linse 12 beschreibt. Zur Beeinflussung der chromatischen Aberration ist der GRIN-Linse 12 eine Stellvorrichtung 14, ein sogenannter Spacer, vorgeschaltet.

Der aus der GRIN-Linse 12 austretende Lichtstrahl wird durch eine Optik 13, die vorzugsweise durch eine bei Asphärenteleskopen bekannte 1:1 Abbildungsoptik mit zwei asphärischen Linsen gebildet ist, zugeführt. Zwischen den beiden Linsen 15 und 16 kann zur Überbrückung von noch größeren Distanzen ein hier nicht eingezeichneter Lichtwellenleiter angeordnet sein. Der aus dieser Optik austretende Lichtstrahl wird der Oberfläche 9 unter Umständen unter Verwendung einer Umlenkvorrichtung 8 zugeführt.

Fig. 3 zeigt eine Ausgestaltung der Umlenkvorrichtung 8 durch eine planparallele Platte 17. Der einfallende Lichtstrahl 4 wird an den beiden Grenzflächen 18 und 19 jeweils gebrochen, wodurch ein parallel verschobener Lichtstrahl 20 entsteht. Die Verschiebung v ergibt sich aus der Dicke d der Platte 17, dem Winkel ϵ zwischen dem einfallenden Lichtstrahl 4 und dem Lot zu der Platte 17 und dem Brechungsindex n. Wird die planparallele Platte 17 um die Achse 21 rotiert, so beschreibt der parallel verschobene Lichtstrahl 20 eine Kreisbahn auf der zu untersuchenden Oberfläche. Wird zusätzlich die Neigung der planparallelen Platte 17 beeinflusst, können Oberflächen ringförmig abgetastet werden.

Schließlich sei angemerkt, dass die voranstehend erörterten Ausführungsbeispiele die beanspruchte Lehre lediglich erläutern, diese jedoch nicht auf die Ausführungsbeispiele einschränken.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Prüfen von Oberflächen im Inneren von Löchern, Vertiefungen oder dergleichen, wobei die Vorrichtung (1) eine Lichtquelle (3) zum Erzeugen eines Lichtstrahls (4) aufweist, wobei der Lichtstrahl (4) durch eine Abbildungsoptik (7) fokussierbar ist, wobei der fokussierte Lichtstrahl auf die Oberfläche (9) lenkbar ist und wobei zum Detektieren des von der Oberfläche (9) reflektierten Lichtstrahls (10) eine Sensorvorrichtung (11) vorgesehen ist,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass mit der Lichtquelle (3) ein Mehrfarbenlichtstrahl (4) erzeugbar ist, der durch chromatische Aberration der Abbildungsoptik (7) auf mehrere unterschiedlich weit von der Abbildungsoptik (7) beabstandete Punkte fokussiert ist, und dass aus dem Spektrum des detektierten Lichtstrahls (10) der Abstand zu der Oberfläche ermittelbar ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der durch die Lichtquelle (3) erzeugte Mehrfarbenlichtstrahl (4) ein polychromatischer Lichtstrahl, vorzugsweise Weißlicht ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtstrahl (4) von der Lichtquelle (3) durch einen oder mehrere Lichtwellenleiter (6) zu der Abbildungsoptik (7) geleitet wird.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Abbildungsoptik (7) eine Linse oder ein Linsensystem aufweist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Abbildungsoptik (7) eine GRIN(gradient index)-Linse (12) aufweist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die GRIN-Linse (12) durch eine Stellvorrichtung (14) in deren Aberration anpassbar ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der GRIN-Linse (12) eine weitere Optik (13) nachgeschaltet ist, mit Hilfe derer bei Messungen ein größerer Abstand zwischen der GRIN-Linse (12) und der zu

vermessenden Oberfläche (9) erreichbar und/oder eine Einkopplung der aus der GRIN-Linse (12) austretenden Lichtstrahlen in einen Lichtwellenleiter möglich ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der fokussierte Lichtstrahl durch eine Umlenkvorrichtung (8) an eine bestimmte Stelle auf die Oberfläche (9) gelenkt wird.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Umlenkvorrichtung (8) bewegbar ausgestaltet ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Umlenkvorrichtung (8) durch elektrischen, piezoelektrische, magnetische oder vergleichbare Stellvorrichtungen bewegbar ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Umlenkvorrichtung (8) ein Prisma, eine planparallele Platte, ein Spiegel oder andere die Ausbreitungsrichtung von Lichtstrahlen beeinflussenden Vorrichtungen aufweist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der durch die Lichtquelle (3) erzeugte Lichtstrahl (4) und der an der Oberfläche (9) reflektierte Lichtstrahl (10) durch eine optische Weiche (4) getrennt werden.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorvorrichtung (11) ein Photodetektor-Array, vorzugsweise ein lineares Array umfasst.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung als Mehrkanalsystem aufgebaut ist, wodurch mehrere Messungen gleichzeitig durchführbar sind.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der aus der Abbildungsoptik (7) heraustretende Lichtstrahl auf mehrere Messpunkte aufteilbar ist und die Reflexion der Messpunkte über mehrere Lichtwellenleiter (6) zu der Sensorvorrichtung (11) leitbar sind.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die durch die Sensorvorrichtung (11) erzeugten Signale einer elektronischen Vorrichtung, vorzugsweise einem Digitalrechner in Form eines Mikrocontrollers oder eines digitalen Signalprozessors, zur Signalverarbeitung zugeführt werden

17. Verfahren zum Prüfen von Oberflächen im Inneren von Löchern, Vertiefungen oder dergleichen, vorzugsweise zum Betreiben einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, wobei die Vorrichtung (1) eine Lichtquelle (3) zum Erzeugen eines Lichtstrahls (4) aufweist, wobei der Lichtstrahl (4) durch eine Abbildungsoptik (7) fokussierbar ist, wobei der fokussierte Lichtstrahl auf die Oberfläche (9) lenkbar ist und wobei zum Detektieren des reflektierten Lichtstrahls (10) eine Sensorvorrichtung (11) vorgesehen ist,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass mit der Lichtquelle (3) ein Mehrfarbenlichtstrahl (4) erzeugt wird, der durch chromatische Aberration der Abbildungsoptik (7) auf mehrere unterschiedlich weit von der Abbildungsoptik beabstandete Punkte fokussiert wird, und dass aus dem Spektrum des detektierten Lichtstrahls (10) der Abstand zu der Oberfläche ermittelt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Lichtstrahl (4) durch die Umlenkvorrichtung (8) linear, kreis-, spiral-, meanderförmig oder in anderer geeigneter Art über die Oberfläche (9) geführt wird und somit die Oberfläche (9) abgerastert wird.

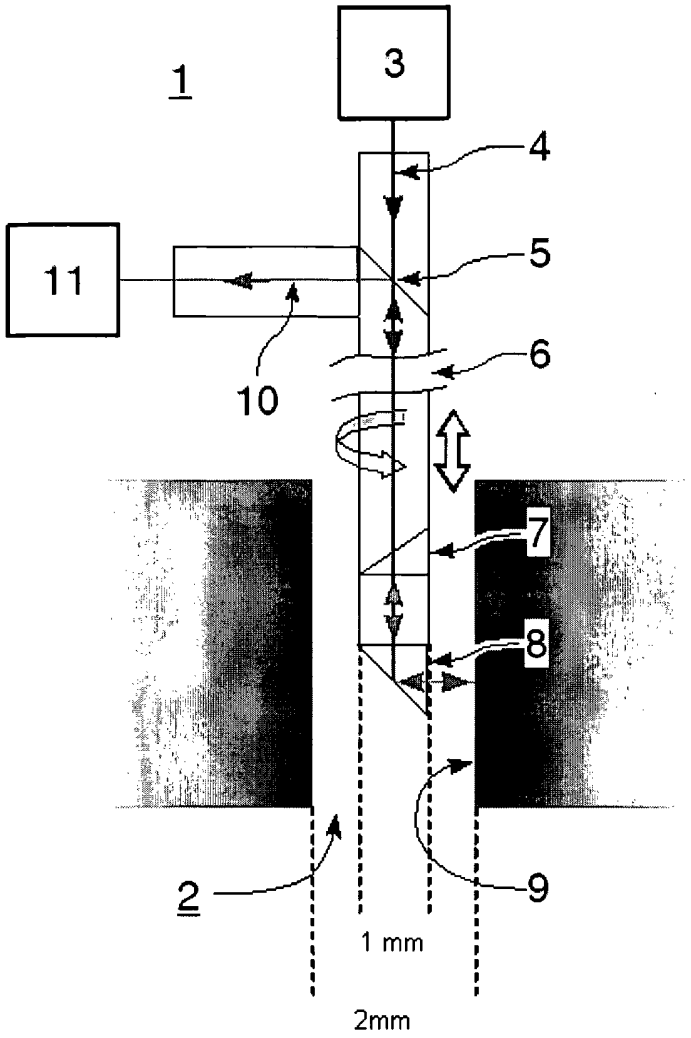


Fig. 1

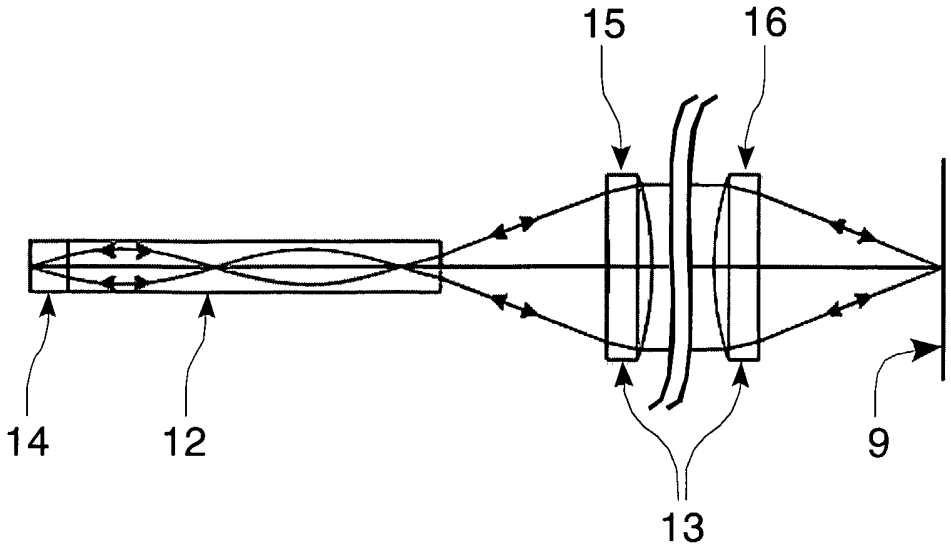


Fig. 2

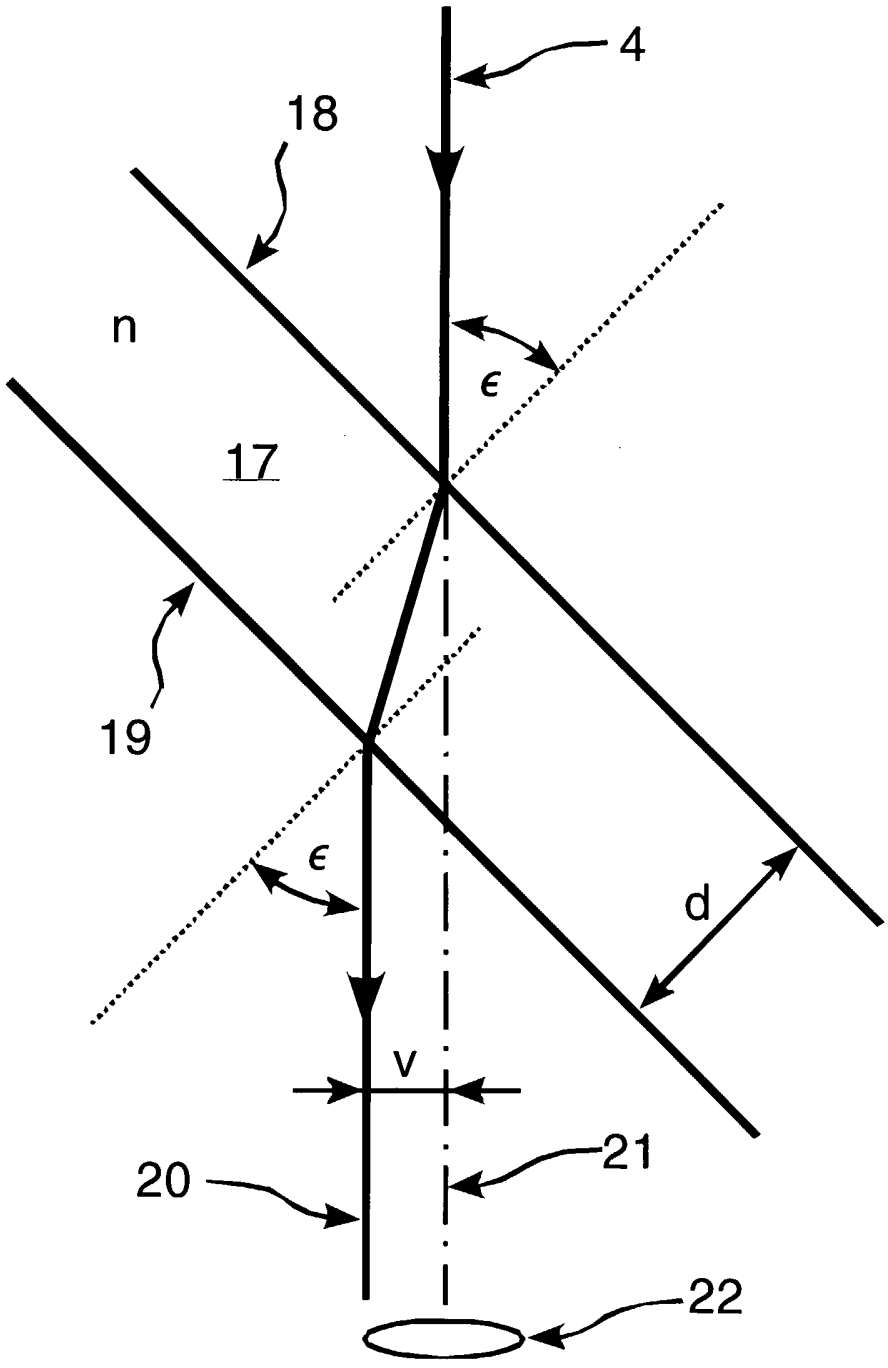


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2005/000914

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01B11/30

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)
IPC 7 G01B G01N

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 785 651 A (KUHN ET AL) 28 July 1998 (1998-07-28) abstract; figure 3 column 6, line 28 - column 7, line 13	1-7, 12-18
Y		8-11,18
Y	US 3 761 186 A (WASON T,US) 25 September 1973 (1973-09-25) abstract; figure 1 column 2 - column 3	8-11,18

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in 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
22 August 2005	30/08/2005

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	Vorropoulos, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE2005/000914

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	HASMAN E ET AL: "COLOR-CODED OPTICAL PROFILOMETRY WITH >106 RESOLVED DEPTH STEPS" APPLIED OPTICS, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA,WASHINGTON, US, vol. 40, no. 10, 1 April 2001 (2001-04-01), pages 1609-1616, XP001065994 ISSN: 0003-6935 abstract; figures 1,2 page 1609 - page 1610	1,17
X	DE 102 42 374 A1 (SIEMENS AG) 1 April 2004 (2004-04-01) abstract; figures 1,2 paragraph '0029! - paragraph '0030!	1,17
A		14,15
X	US 4 585 349 A (GROSS ET AL) 29 April 1986 (1986-04-29) abstract; figures 1,3 column 3 - column 4 column 6 - column 7	1,17
A	US 6 462 815 B1 (DRABAREK PAWEL ET AL) 8 October 2002 (2002-10-08) abstract; figure 1	1,17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/DE2005/000914

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5785651 A	28-07-1998	AU 5860296 A	30-12-1996
		EP 0830565 A1	25-03-1998
		WO 9641123 A1	19-12-1996
US 3761186 A	25-09-1973	NONE	
DE 10242374 A1	01-04-2004	EP 1398597 A1	17-03-2004
		JP 2004101532 A	02-04-2004
		US 2004109170 A1	10-06-2004
US 4585349 A	29-04-1986	CH 663466 A5	15-12-1987
		EP 0142464 A1	22-05-1985
		JP 60073405 A	25-04-1985
US 6462815 B1	08-10-2002	DE 19714202 A1	15-10-1998
		WO 9845689 A1	15-10-1998
		DE 59812896 D1	04-08-2005
		EP 0974048 A1	26-01-2000
		JP 2001519026 T	16-10-2001

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2005/000914

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G01B11/30

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G01B G01N

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 785 651 A (KUHN ET AL) 28. Juli 1998 (1998-07-28) Zusammenfassung; Abbildung 3 Spalte 6, Zeile 28 - Spalte 7, Zeile 13	1-7, 12-18
Y		8-11,18
Y	US 3 761 186 A (WASON T,US) 25. September 1973 (1973-09-25) Zusammenfassung; Abbildung 1 Spalte 2 - Spalte 3	8-11,18

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

[X] 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
22. August 2005	30/08/2005

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	Vorropoulos, G

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2005/000914

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	HASMAN E ET AL: "COLOR-CODED OPTICAL PROFILOMETRY WITH >106 RESOLVED DEPTH STEPS" APPLIED OPTICS, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA,WASHINGTON, US, Bd. 40, Nr. 10, 1. April 2001 (2001-04-01), Seiten 1609-1616, XP001065994 ISSN: 0003-6935 Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 Seite 1609 - Seite 1610	1,17
X	DE 102 42 374 A1 (SIEMENS AG) 1. April 2004 (2004-04-01) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 Absatz '0029! - Absatz '0030!	1,17
A		14,15
X	US 4 585 349 A (GROSS ET AL) 29. April 1986 (1986-04-29) Zusammenfassung; Abbildungen 1,3 Spalte 3 - Spalte 4 Spalte 6 - Spalte 7	1,17
A	US 6 462 815 B1 (DRABAREK PAWEL ET AL) 8. Oktober 2002 (2002-10-08) Zusammenfassung; Abbildung 1	1,17

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internes Aktenzeichen
PCT/DE2005/000914

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5785651	A	28-07-1998	AU	5860296 A	30-12-1996
			EP	0830565 A1	25-03-1998
			WO	9641123 A1	19-12-1996
US 3761186	A	25-09-1973	KEINE		
DE 10242374	A1	01-04-2004	EP	1398597 A1	17-03-2004
			JP	2004101532 A	02-04-2004
			US	2004109170 A1	10-06-2004
US 4585349	A	29-04-1986	CH	663466 A5	15-12-1987
			EP	0142464 A1	22-05-1985
			JP	60073405 A	25-04-1985
US 6462815	B1	08-10-2002	DE	19714202 A1	15-10-1998
			WO	9845689 A1	15-10-1998
			DE	59812896 D1	04-08-2005
			EP	0974048 A1	26-01-2000
			JP	2001519026 T	16-10-2001