

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
19. Juni 2008 (19.06.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2008/071337 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

**G01B 11/06** (2006.01) **G01B 15/02** (2006.01)  
**G01B 11/245** (2006.01) **G01B 21/08** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/010612

(22) Internationales Anmeldedatum:  
6. Dezember 2007 (06.12.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2006 059 415.0  
15. Dezember 2006 (15.12.2006) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.** [DE/DE]; Hansastrasse 27c, 80686 München (DE).

(72) Erfinder; und

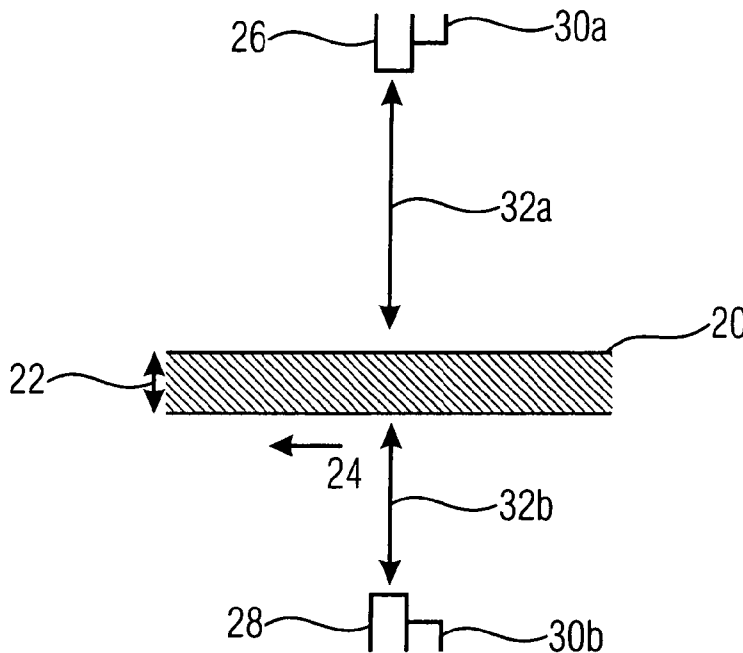
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHMITT, Peter** [DE/DE]; Vogelherd 60, 91058 Erlangen (DE). **KOSTKA, Günther** [DE/DE]; David-Morgenstern-Weg 7a, 91056 Erlangen (DE).

(74) Anwälte: **SCHOPPE, Fritz** usw.; Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, P.O. Box 246, 82043 Pullach bei München (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR THICKNESS MEASUREMENT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR DICKENMESSUNG



(57) Abstract: The material thickness of extended objects can be efficiently determined using two distance measuring devices which project a strip of measuring light onto the object to be measured and operate as light section measuring devices. The first distance measuring device determines the distance from the first main surface of the object, and the second distance measuring device determines the distance from the second main surface of the object, opposite to the first main surface. Potential measuring errors caused by variations of the distance between the two distance measuring devices, resulting from vibrations or thermal deformations, are avoided by the additional use of an X-ray device for determining the material thickness of the object on the basis of the weakening of the X-radiation, caused by the object. The material thickness of the object between the first main surface and the second main surface can be determined with a high level of precision and speed, on the basis of the measured distances from the main surfaces of the object and the material

thickness determined by the X-ray device.

(57) Zusammenfassung: Die Materialstärke ausgedehnter Objekte kann dadurch effizient bestimmt werden, dass zwei Abstandsmesseinrichtungen verwendet werden, die einen Messlichtstreifen auf das zu vermessende Objekt projizieren und als Lichtschnittmeseinrichtung arbeiten. Dabei bestimmt die erste Abstandsmesseinrichtung den Abstand zur ersten Hauptoberfläche des Objekts und die zweite Abstandsmesseinrichtung den Abstand zur zweiten Hauptoberfläche des Objekts, die der ersten Hauptoberfläche gegenüberliegt. Potentielle Messfehler aufgrund von Veränderungen des Abstandes zwischen den beiden Abstandsmesseinrichtungen durch Vibrationen oder thermischen Deformationen werden dadurch vermieden, dass zusätzlich mit einer Röntgeneinrichtung die Materialstärke des Objekts aufgrund der durch das Objekt verursachten Abschwächung der Röntgenstrahlung bestimmt wird. Anhand der gemessenen Abstände zu den

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/071337 A1



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

(84) **Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW,

GH, GM, KE, 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, MT, 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*

## Verfahren und Vorrichtung zur Dickenmessung

### Beschreibung

5

Die vorliegende Erfindung befasst sich mit der Dickenmessung von ausgedehnten geometrischen Objekten und insbesondere damit, wie die Dicke von in Bahnen hergestellten Materialien, wie Blechen, Folien oder Papier effizient  
10 bestimmt werden kann.

Bei der Dickenmessung von geometrisch ausgedehnten Objekten ergeben sich eine Reihe von Problemen, insbesondere wenn, wie beispielsweise bei industriell vorgefertigten Blechen,  
15 die Dicke der zu untersuchenden Objekte in einem weiten Bereich variieren kann, wie beispielsweise von 0,01 mm bis zu mehreren Zentimetern. Ist dabei die geometrische Ausdehnung relativ zur Dicke der Objekte groß oder in einer Richtung sogar annäherungsweise unendlich, wie beispielsweise bei auf Rollen aufgewickelten Materialien wie Folien,  
20 Papier oder Blechen, besteht das Problem, dass die Dicke einer großen Fläche des Objekts mit einer einzigen Messung bestimmt werden muss, um die gesamte Messdauer auf einem akzeptablen Niveau zu halten. Zusätzlich ergibt sich das  
25 Problem, dass gerade bei den Materialien, die in Form von Bahnen produziert werden, der Anspruch an die Toleranz der Dicke der Bahn typischerweise besonders groß ist. Beispielsweise werden im Automobilbau die Blechstärken teilweise mit äußerst geringen Toleranzen spezifiziert, da die  
30 Einhaltung der Blechstärke für das Crash-Verhalten der fertig montierten Fahrzeuge wesentlich ist. Bei der Kontrolle von Blechdicken ist darüber hinaus zu beachten, dass Bleche in Walzwerken typischerweise in hoher Geschwindigkeit produziert werden, so dass pro Zeiteinheit eine große  
35 Blechfläche überprüft werden muss. Unter anderem kommen auch industrielle Walzmaschinen zum Einsatz, die Bleche mit einer Breite von bis zu 3 Metern erzeugen können. Darüber hinaus besteht ein Blech aus einem für herkömmliche opti-

sche Strahlung undurchlässigen Material, was die Messung der Blechstärke zusätzlich erschwert. Taktile Verfahren, die orts aufgelöst durch direkte Berührung der Blechoberflächen deren Dicke bestimmen können, kommen für einen solchen Einsatz kaum in Frage, da diese eine Vielzahl von Messpunkten mechanisch erfassen müssten, was den Aufwand und somit die Kosten für die Qualitätskontrolle erheblich erhöhen würde. Bei industriellen Herstellungsverfahren werden Bleche oftmals so schnell erzeugt, dass diese am Ausgang einer Walzvorrichtung mit so hoher Geschwindigkeit austreten, dass diese Bleche in einer Richtung senkrecht zur Oberfläche Schwingungen durchführen. In solchen Fällen ist die Anwendung taktiler Verfahren prinzipiell nicht möglich. Ähnliche Überlegungen treffen neben Blechen für eine Vielzahl anderer ebener Materialien zu, wie beispielsweise Folien, Papier, Gläser oder ähnlichem, für die die Einhaltung einer spezifischen Materialstärke mit hoher Genauigkeit gefordert wird.

Aufgrund der oben skizzierten Probleme ist die Überwachung der Wandstärke während der Produktion äußerst aufwändig, bei Blechen erfolgt sie in der Regel radiometrisch, d. h. unter Verwendung von radioaktiven Quellen oder Röntgenröhren um Röntgenstrahlung zu erzeugen und auf radioaktive Strahlen bzw. auf Röntgenstrahlen sensitiven Detektoren. Dabei wird das zu prüfende Material mit Röntgenstrahlung oder Gamma-Strahlung durchleuchtet und die Wandstärke des durchleuchteten Materials wird durch die Strahlschwächung, die durch die Absorption der Strahlung im zu überprüfenden Material hervorgerufen wird, bestimmt. Dazu muss die Strahlintensität bzw. die ursprüngliche Strahlungsintensität bekannt sein und die nach dem Durchleuchten des Materials verbleibende Strahlungsintensität muss mittels geeigneter Detektoren nachgewiesen werden. Strahlungsempfindliche Detektoren sind im Allgemeinen äußerst aufwändige Apparate. Beispielsweise werden momentan üblicherweise Zählrohre eingesetzt, also Gas gefüllte, mit Hochspannung beaufschlagte Detektorrohre, da diese relativ langzeitstabil

sind und eine geringe Drift (beispielsweise temperaturinduziert) aufweisen. Bei der Überwachung der Produktion von breiten Blechen, müssen teilweise bis zu 100 solcher Detektoren und gegebenenfalls mehrere Röntgenquellen eingesetzt werden, um über die gesamte Breite der bis zu 3 m breiten Bleche die erforderliche Ortsauflösung bzw. Empfindlichkeit der Dickenmessung zu erreichen. Dabei liegen realistisch erzielbare Messgenauigkeiten im Bereich von 0,1 % der Wandstärke, somit bei beispielsweise 10 mm dicken Blechen etwa bei 10  $\mu\text{m}$ . Ein evidenten Nachteil besteht dabei in den hohen Kosten, die eine solche Messapparatur mit sich bringt. Beispielsweise muss für jedes der Zählrohre einen Hochspannungskanal einer Hochspannungsversorgung und ein Auslese- bzw. Auswertkanal einer Signalverarbeitungselektronik bereitgehalten werden.

Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass die erzielbare Messgenauigkeit durch die Statistik der Röntgenstrahlung (Poisson-Statistik) bestimmt wird. Der Signal-Rausch-Abstand wird daher durch die Quadratwurzel der detektierten Röntgenquanten bestimmt. Bei gegebener zur Verfügung stehender Messzeit ist daher die Ortsauflösung bzw. die Dickenempfindlichkeit begrenzt. Obwohl prinzipiell die Messgenauigkeit durch längere Messdauer bzw. Integrationszeit erhöht werden kann, ist dies im industriellen Maßstab nicht beliebig möglich, da in endlicher Zeit das aus einer Produktionsstraße kommende Material überprüft werden muss. Die prinzipiell auch mögliche Erhöhung der Aktivität der verwendeten Röntgenquellen erhöht auch das Risiko bei einem Strahlungsunfall und kann somit nur bedingt dazu beitragen, die Geschwindigkeit der Messung bzw. die erzielbare Messgenauigkeit zu steigern.

Für den Einsatz in Verbindung mit ausgedehnten Materialien, wie beispielsweise Blech-Rollen ist darüber hinaus das Röntgenverfahren deswegen nur bedingt geeignet, da die typischen Detektoren (Zählrohre) die kommerziell erhältlich sind, eine Ausdehnung von lediglich einigen Zentimetern

aufweisen, so dass, wie bereits oben erwähnt, eine Vielzahl solcher Detektoren verwendet werden muss. Zusätzlich wird die erzielbare Ortsauflösung durch die endliche Ausdehnung der Zählrohre stark begrenzt, da ein einzelnes Zählrohr  
5 jeweils nur die Existenz eines Gamma-Quants in der von ihm überdeckten Fläche nachweisen kann, wobei eine weitere Differenzierung des Ortes des Gamma-Quants innerhalb des Zählrohrs nicht möglich ist.

10 Die dem Stand der Technik entsprechenden Röntgenverfahren haben also den Nachteil, nur eine begrenzte Ortsauflösung erzielen zu können, sowie Detektoren zu verwenden, deren Anschaffung und Betrieb äußerst aufwändig und kostenintensiv ist.

15

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, eine Vorrichtung und ein Verfahren zu schaffen, mit dem die Bestimmung der Materialstärke eines Objekts mit höherer Ortsauflösung und effizienter als bisher möglich ist.

20

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gemäß Patentanspruch 1 und durch ein Verfahren gemäß Patentanspruch 13 gelöst.

25 Der vorliegenden Erfindung liegt dabei die Erkenntnis zugrunde, dass die Materialstärke ausgedehnter Objekte dadurch effizient bestimmt werden kann, dass zwei Abstandsmesseinrichtungen verwendet werden, wobei eine erste Abstandsmesseinrichtung den Abstand zu einer ersten Hauptoberfläche des Objekts und eine zweite Abstandsmesseinrichtung den Abstand zu einer zweiten Hauptoberfläche des Objektes, die der ersten Hauptoberfläche gegenüberliegt, bestimmt. Werden potentielle Messfehler aufgrund der ausgedehnten Geometrie dadurch vermieden, dass eine Referenzeinrichtung einen Referenzabstand zwischen der ersten Abstandsmesseinrichtung und der zweiten Abstandsmesseinrichtung bestimmt, kann mit hoher Genauigkeit und Geschwindigkeit  
30  
35

keit die Dicke des Objekts zwischen der ersten Hauptoberfläche und der zweiten Hauptoberfläche bestimmt werden.

- 5 Dabei kommen bevorzugt Detektoren bzw. Abstandsmesseinrichtungen zum Einsatz, die mittels einer einzigen Messung den Abstand zu einem ausgedehnten Bereich auf der Oberfläche des Objekts bestimmen können. Dies ist beispielsweise bei Anwendung des Lichtschnittverfahrens möglich.
- 10 In anderen Worten besteht der Grundgedanke der Erfindung also darin, die Dicke eines Bahnmaterials dadurch zu bestimmen, dass der Abstand von Ober- und Unterseite des Bahnmaterials zu einem über bzw. unter dem Bahnmaterial angebrachten Detektor bestimmt wird, der beispielsweise
- 15 eine linienförmige Messung des Abstands ermöglicht. Geeignet ist hierfür beispielsweise das Lichtschnittverfahren. Das Problem der Oberflächenvermessung ausgedehnter Objekte besteht generell darin, dass aufgrund der Ausdehnung (beispielsweise der großen Breiten von Bahnmaterialien) ein
- 20 mechanischer Aufbau zur Aufhängung der Detektoren über und unter dem Objekt (Bahnmaterial) erforderlich ist. Aufgrund der großen geometrischen Ausdehnung kann nicht sichergestellt werden, dass Vibrationen oder thermische Deformationen das Messergebnis nicht verfälschen, insbesondere, da
- 25 hochpräzise Messungen im Bereich einiger Mikrometer durchgeführt werden sollen. Solche Vibrationen oder Deformationen könnten daher zu einem Messfehler außerhalb der üblicherweise geforderten Toleranzen führen. Erfindungsgemäß wird diesem Problem dadurch begegnet, dass eine Referenz-
- 30 einrichtung zum Bestimmen eines Referenzabstands zwischen der ersten Abstandsmesseinrichtung und der zweiten Abstandsmesseinrichtung verwendet wird. Dadurch wird eine etwaige Veränderung des Abstands der beiden Detektoreinrichtungen ober- bzw. unterhalb des Bahnmaterials sowie
- 35 zusätzlich optional eine mögliche Verkipfung eines oder mehrerer Messköpfe senkrecht zur Messrichtung vermieden. Wird beispielsweise Bahnmaterial vermessen, könnte eine solche Verkipfung entlang der Vorschubrichtung des produ-

zierten Bahnmaterials einen zusätzlichen Messfehler verursachen, der erfindungsgemäß korrigiert werden kann.

Bei einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung  
5 wird daher eine erste Lichtschnittmesseinrichtung eingesetzt, um einen ersten Abstand zwischen der ersten Lichtschnittmesseinrichtung und einer ersten Hauptoberfläche eines zu vermessenden Bahnmaterials zu bestimmen. Eine  
10 zweite Lichtschnittmesseinrichtung wird verwendet, um einen zweiten Abstand von der zweiten Lichtschnittmesseinrichtung zu einer zweiten, der ersten Hauptoberfläche des Bahnmaterials gegenüberliegenden Hauptoberfläche des Bahnmaterials zu bestimmen. Mittels einer Referenzeinrichtung wird zusätzlich als Referenzabstand der Abstand der ersten Licht-  
15 schnittmesseinrichtung von der zweiten Lichtschnittmesseinrichtung in Messrichtung bestimmt. Die Messrichtung ist dabei diejenige Richtung, die zur Dicke des Objekts parallel verläuft, also senkrecht auf den Hauptoberflächen steht.

20 Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird die Messeinrichtung dazu verwendet, die Dicken von Blechen, die von einer Presse produziert werden, unmittelbar nach der Produktion zu überprüfen. Dazu werden die  
25 Bleche in einer Vorschubrichtung zwischen der ersten Lichtschnittmesseinrichtung und der zweiten Lichtschnittmesseinrichtung bewegt.

Der große Vorteil des Verwendens von berührungslosen Licht-  
30 schnittmesseinrichtungen liegt dabei darin, dass mittels einer einzigen Messung der Abstand des Bahnmaterials bzw. der Blechbahn zum Messkopf über eine Breite von mehr als 1 m linienförmig erfasst werden kann. Das heißt, mittels nur einer einzigen Messung kann ein Höhenprofil senkrecht zur  
35 Vorschubrichtung gewonnen werden, das mehr als 1 m Materialbreite beschreibt. Dabei ist zusätzlich die Ortsauflösung im Vergleich zu Strahlungsdetektoren dadurch stark erhöht, dass die die Auflösung in Vorschubrichtung begrenzende

geometrische Ausdehnung des projizierten Lichtstreifens in Vorschubrichtung prinzipiell beliebig klein gemacht werden kann. Durch Variation der Vorschubgeschwindigkeit des aus der Presse kommenden Blechmaterials lässt sich somit die  
5 Ortsauflösung der Topographie-Information, also der Höheninformation auf der Oberfläche des zu untersuchenden Materials bzw. des Dickenprofils, beliebig variieren.

Bei einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung  
10 wird als Referenzeinrichtung zum Bestimmen des Referenzabstands zwischen der ersten und der zweiten Lichtschnittmesseinrichtung bzw. zwischen der ersten und der zweiten Abstandsmesseinrichtung ein Strahlungsdetektor verwendet. Der Strahlungsdetektor bestimmt dabei für eine Position auf  
15 der Oberfläche des zu untersuchenden Objekts die Materialstärke desselben durch Messung der durch Absorption verlorenen Strahlungsintensität. Erfindungsgemäß wird im selben Oberflächenbereich von der ersten und der zweiten Lichtschnittmesseinrichtung eine Abstandsmessung des Oberflächenbereichs zur Lichtschnittmesseinrichtung durchgeführt.  
20 Aufgrund der radiometrisch bestimmten Dicke des zu untersuchenden Objekts in einem kleinen geometrischen Bereich und der Messung der Abstände der Lichtschnittmesseinrichtungen zu eben diesem Bereich kann als Referenzabstand der genaue  
25 Abstand der ersten und zweiten Lichtschnittmesseinrichtung mit hoher Genauigkeit bestimmt werden. Eventuelle thermisch- oder mechanisch- induzierte Abstandsvariationen können somit mit hoher Präzision kompensiert werden.

30 Der große Vorteil des oben beschriebenen Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung besteht dabei darin, dass entgegen dem Stand der Technik, aufwändige und kostenintensive radiometrische Abstandsmessverfahren nur für einen begrenzten Bereich auf der Oberfläche des zu untersuchenden  
35 Objekts, bzw. einmal je Abstandsmesseinrichtung, verwendet werden müssen. Dadurch können die Kosten deutlich reduziert werden. Aus den oben genannten Gründen wird darüber hinaus

die erzielbare Ortsauflösung des zu vermessenden Dickenprofils mittels des Lichtschnittverfahrens erheblich erhöht.

Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden  
5 Erfindung kann die erzielbare Messgenauigkeit in Dickenrichtung dadurch zusätzlich erhöht werden, dass eine zweite radiometrische Messung mittels einer Röntgeneinrichtung durchgeführt wird, wobei die Röntgeneinrichtung mit der  
10 ersten Lichtschnittmesseinrichtung und der zweiten Lichtschnittmesseinrichtung verbunden ist. Erfolgt die Messung mit der zweiten Röntgeneinrichtung entlang einer anderen Röntgenrichtung als mittels der ersten Röntgeneinrichtung, also beispielsweise unter einem anderen Winkel relativ zur  
15 Oberfläche des zu untersuchenden Objekts, kann auf eine eventuelle Verkippung bzw. ein eventuelles geometrisches Misalignment der Lichtschnittmesseinrichtungen geschlossen werden. Dadurch lässt sich auf vorteilhafte Art und Weise die Messgenauigkeit zusätzlich steigern, indem zusätzlich  
20 zum Abstand der beiden Lichtschnittmesseinrichtungen auch eine Korrektur auf fehlerhafte relative Ausrichtung in einer weiteren Dimension der beiden Lichtschnittmesseinrichtungen zueinander durchgeführt werden kann.

Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden  
25 Erfindung wird auf einer oder auf beiden Seiten des zu vermessenden Bahnmaterials bzw. Objekts ein Referenzobjekt vorbestimmter, bekannter Dicke angebracht, so dass dieses zusätzlich von beiden Lichtschnittmesseinrichtungen zusammen mit der Oberfläche des zu vermessenden Objekts vermes-  
30 sen wird. Die Lichtschnittmesseinrichtungen müssen also so angeordnet sein, dass ein Teil der von den Lichtschnittmesseinrichtungen auf der Oberfläche des Objekts erzeugten Messlichtstreifen auf den den Lichtschnittmesseinrichtungen zugewandten Oberflächen der Referenzobjekte abgebildet  
35 werden.

Die Bestimmung des Referenzabstands kann dann dadurch erfolgen, dass der Abstand der ersten und der zweiten

Lichtschnittmesseinrichtung zu den ihnen zugewandten Oberflächen des Referenzobjekts gleichzeitig mit dem Abstand zum zu vermessenden Objekt bestimmt wird. Da die Dicke des Referenzobjekts exakt bekannt ist, kann als Referenzabstand  
5 der Abstand zwischen der ersten Lichtschnittmesseinrichtung und der zweiten Lichtschnittmesseinrichtung einfach berechnet werden. Erfindungsgemäß wird daher bevorzugt ein Material für die Referenzobjekte verwendet, das einer geringen thermischen Ausdehnung unterliegt.

10

Sofern es geometrisch möglich ist, entsprechende Referenzobjekte gleichzeitig mit dem zu untersuchenden Objekt von den Lichtschnittmesseinrichtungen aufnehmen zu lassen, kann durch einfaches Einbringen kostengünstiger Referenzobjekte  
15 die Einhaltung der Messgenauigkeit sichergestellt werden. Die Verwendung von kostspieligen Röntgendetektoren kann somit vollständig entfallen.

Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden  
20 Erfindung wird die erzielbare Messgenauigkeit dadurch zusätzlich erhöht, dass auf beiden Seiten eines zu untersuchenden Bahnmaterials Referenzobjekte angebracht werden.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, dass das erfindungsgemäße Verfahren bzw. die erfindungsgemäße Vorrichtung das Potential besitzt, eine höhere Ortsauflösung zu erreichen und insgesamt die Messgeschwindigkeit zu erhöhen, wobei gleichzeitig die Kosten der verwendeten Detektoren gegenüber dem Stand der Technik deutlich gesenkt werden  
25 können. Dies wird dadurch erreicht, dass radiometrische Detektoren teilweise oder ganz durch andere Messsysteme ergänzt werden, die Abstände auf einer Linie oder in einem ausgedehnten geometrischen Bereich ermitteln können, wie beispielsweise Lichtschnittverfahren.

30

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend, Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen, näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung mit radiometrischer Bestimmung des Referenzabstands;
- 5 Fig. 2 ein Vergleichsbeispiel mit Referenzobjekten zur Bestimmung des Referenzabstands;
- Fig. 3A ein weiteres Vergleichsbeispiel  
10 und 3B mit mehreren Lichtschnittmesseinrichtungen;
- Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zur Bestimmung der Materialstärke eines Objekts; und
- 15 Fig. 5 ein Vergleichsbeispiel eines Lichtschnittmessverfahrens.

Da in den folgenden Absätzen das erfindungsgemäße Konzept unter Verwendung von Lichtschnittmesseinrichtungen beschrieben wird, soll anhand von Fig. 5 kurz das Lichtschnittmessverfahren an einem einfachen Beispiel beschrieben werden.

Fig. 5 zeigt dabei die Oberfläche eines zu vermessenden Objekts 2, einen Messlichtprojektor 4, welcher in eine Lichtebene 6 Licht emittiert, so dass auf der Oberfläche des Objekts 2 ein Messlichtstreifen 8 erzeugt wird. Im in Fig. 5 vereinfacht gezeigten Fall einer perfekt ebenen Oberfläche 2 ist der Messlichtstreifen 8 die in Fig. 5  
30 gezeigte Gerade.

Der Messlichtstreifen 8 wird mittels eines geeigneten Sensors 10 aufgezeichnet. Im in Fig. 5 gezeigten Beispiel ist der Sensor 10 ein zwei-dimensionaler Matrixsensor, wie  
35 beispielsweise eine CCD- oder ein CMOS-Sensor. Die genaue Art des Sensors ist für die Funktionsweise des erfindungsgemäßen Konzeptes nicht erheblich, es können generell auch andere Arten von Sensoren verwendet werden.

Wird auf der Oberfläche 2 des Objekts eine Messlichtlinie 8 als Gerade erzeugt, wird das Bild der Geraden, wie in Fig. 5 gezeigt, auf dem Sensor 10 abgebildet. Die Höheninformation ergibt sich nunmehr aus der Geometrie des Gesamtaufbaus, insbesondere aus der Relativposition des Sensors 10 und des Messlichtprojektors 4. Wird beispielsweise die Oberfläche 2 des Objekts in einer Richtung 12 bewegt, wird der Messlichtstreifen an anderer Position auf der Oberfläche 2 des Objekts erzeugt, da die Lichtebene 6 im Raum unverändert bleibt. Da auch der Sensor 10 ortsfest ist, wird auch das Bild der Messlichtlinie (symbolisiert durch schwarze Quadrate) auf dem Sensor in einer Richtung 14 variieren. Bei Kenntnis der Geometrie der Lichtebene 6 und des Sensors 10 kann also, wie oben beschrieben, auf die Position der Oberfläche 2 des Objekts in Richtung 12 geschlossen werden.

Äquivalente Überlegungen gelten, wenn die Oberfläche des Objekts nicht eben ist. Mittels des in Fig. 5 gezeigten Lichtschnittverfahrens kann somit Topographie-Information bzw. Höheninformation über die gesamte Breite der Oberfläche 2 mittels einer einzigen Aufnahme des Sensors 10 bestimmt werden.

Es werden für Lichtschnittmessverfahren spezialisierte Sensoren 10 verwendet, die in hoher Geschwindigkeit selbst eine Signalverarbeitung durchführen können, so dass diese beispielsweise lediglich die Information über den hellsten belichteten Pixel des Sensors 10 als Messergebnis zur Verfügung stellen. Solche hoch-spezialisierten Sensoren eignen sich daher insbesondere für eine schnelle Messung, da aufwändige Signalnachverarbeitung, wie sie beispielsweise bei einer herkömmlichen CCD erforderlich wird, vermieden werden kann.

Zusammenfassend weisen Lichtschnittmessverfahren also den erheblichen Vorteil auf, dass mit hoher Geschwindigkeit die

Höheninformation entlang einer räumlich ausgedehnten Messlinie 8 erhalten werden kann.

5 Wird die Oberfläche 2 in einer Richtung senkrecht zur Messlichtlinie 8 und in einer Richtung 16 unter der Lichtebene bewegt und werden sukzessive Aufnahmen mittels des Sensors 10 durchgeführt, kann innerhalb kurzer Zeit die gesamte Topographie der Oberfläche 2 des zu untersuchenden Objekts bestimmt werden, was das Lichtschnittmessverfahren  
10 für den Einsatz bei der Vermessung räumlich ausgedehnter Oberflächen prädestiniert.

Bei den im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung werden daher zur Illustration  
15 des erfindungsgemäßen Konzepts jeweils Lichtschnittmessverfahren verwendet. Das erfindungsgemäße Konzept ist in seiner Anwendung jedoch in keinster Weise auf das verwendete Lichtschnittmessverfahren beschränkt. Vielmehr können jedwede anderen Messverfahren, die die Topographie einer  
20 Oberfläche durch Abstandsmessung vermessen können, erfindungsgemäß verwendet werden.

Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung, bei dem der Referenzabstand mittels einer radio-  
25 metrischen Messung bestimmt wird. Fig. 1 zeigt schematisch in einer Schnittansicht ein zu vermessendes Objekt 20, dessen Materialstärke 22 (d) bestimmt werden soll, wobei das Objekt 20 in einer Richtung 24 zwischen einer ersten Abstandsmesseinrichtung 26 und einer zweiten Abstandsmesseinrichtung 28 bewegt werden kann. Fig. 1 zeigt zusätzlich eine Referenzeinrichtung, die eine Röntgenquelle 30a und einen Röntgendetektor 30b umfasst, wobei die Röntgenquelle 30a bezüglich der ersten Abstandsmesseinrichtung 26 und der Röntgendetektor 30b bezüglich der zweiten Abstandsmesseinrichtung 28 in bekannter geometrischer Lage angeordnet  
30 sind. Dies kann beispielsweise auch bedeuten, dass diese mechanisch verbunden sind. Für die Funktionsweise des erfindungsgemäßen Konzepts ist es unerheblich, mit welchem  
35

der beiden Abstandsmesseinrichtungen die Röntgenquelle 30a verbunden ist, eine spiegelbildliche Konfiguration ist daher ebenfalls erfindungsgemäß möglich.

5 Die erste und die zweite Abstandsmesseinrichtung 26 bzw. 28 ist in Fig. 1 lediglich schematisch dargestellt, ebenso wie die Röntgenquelle 30a und der Röntgendetektor 30b. Das genaue Funktionsprinzip der Abstandsmesseinrichtungen 26  
10 bzw. 28 ist für die Anwendung des erfindungsgemäßen Konzepts nicht wesentlich. Vorteilhaft ist, wenn die Abstandsmesseinrichtung 26 und 28 mit einer Messung jeweils einen Abstand zu einem ausgedehnten geometrischen Bereich auf der ihnen jeweils zugeordneten Oberfläche des zu vermessenden Objekts 20 bestimmen können. Dies ist beispielsweise auf  
15 kostengünstige Art und Weise bei den anhand von Fig. 5 beschriebenen Lichtschnittmesseinrichtungen der Fall. Erfindungsgemäß wird also ein erster Abstand 32a zwischen einer der ersten Abstandsmesseinrichtung 26 zugeordneten ersten Hauptoberfläche des Objekts 20 und der ersten Abstandsmesseinrichtung 26 bestimmt. Ein zweiter Abstand 32b  
20 zwischen der zweiten Abstandsmesseinrichtung 28 und einer der zweiten Abstandsmesseinrichtung 28 zugewandten zweiten Hauptoberfläche des Objekts 20 wird mittels der zweiten Abstandsmesseinrichtung 28 bestimmt.

25

Als Referenzabstand kann mittels der Röntgenquelle 30a und dem Röntgendetektor 30b der Abstand zwischen der ersten und der zweiten Abstandsmesseinrichtung 26 und 28 bestimmt werden. Alternativ kann als Referenzabstand auch die Dicke  
30 des Objekts in einem ausgewählten geometrischen Bereich des Objekts bestimmt werden. Dazu wird mittels des Röntgendetektors 30b die durch die Materialstärke des zu vermessenden Objekts 20 geschwächte Röntgenintensität bestimmt, die von der Röntgenquelle 30a emittiert wird. Durch Kenntnis  
35 des Absorptionsverhaltens des Materials des Objekts 20 kann somit auf die Dicke 22 des Objekts 20 geschlossen werden. Erfindungsgemäß sind Röntgenquelle 30a und Röntgendetektor 30b mit jeweils einer Abstandsmesseinrichtung verbunden,

und die Dicke 22 des Objekts 20 wird von der Röntgenmess-  
einrichtung an einer Stelle der Oberfläche des Objekts 20  
bestimmt, die ebenfalls von der Abstandsmessung der Ab-  
standsmesseinrichtung 26 und 28 erfasst wird. Erfindungsge-  
5 mäß kann also als Referenzabstand der Abstand zwischen der  
ersten und der zweiten Abstandsmesseinrichtung aus der  
Summe der Abstände 32a, 32b und der Dicke 22 berechnet  
werden.

10 Dies hat den großen Vorteil, dass die aufwändige Röntgen-  
technik nur an einem geometrisch stark begrenzten Teil der  
Oberfläche des Objekts 20 verwendet werden muss, um mit  
deren Hilfe den Abstand der beiden Abstandsmesseinrichtun-  
gen zueinander zu bestimmen, bzw. zeitlich zu verfolgen.  
15 Die erfindungsgemäße hohe Messgenauigkeit der Materialstär-  
ke des Objekts kann somit auch bei thermisch oder mecha-  
nisch verursachten Variationen des Abstands der beiden  
Abstandsmesseinrichtungen 26 und 28 aufrecht erhalten  
werden.

20

Fig. 2 zeigt ein Vergleichsbeispiel, bei dem der Referenz-  
abstand mittels optischer Messung bestimmt wird.

In Fig. 2 und in den vier folgenden Figuren sind funktions-  
25 ähnliche bzw. funktionsidentische Komponenten mit den  
selben Bezugszeichen versehen, so dass die Beschreibung der  
einzelnen Komponenten wechselseitig auf unterschiedliche  
Figuren anwendbar ist. Darüber hinaus können mit identi-  
schen Bezugszeichen versehene Objekte innerhalb der einzel-  
30 nen im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiele alter-  
nativ verwendet werden.

Fig. 2 zeigt als erste Abstandsmesseinrichtung 26 eine  
Lichtschnittmesseinrichtung, wie sie anhand von Fig. 5  
35 bereits beschrieben wurde. Als zweite Abstandsmesseinrich-  
tung 28 wird ebenfalls eine Lichtschnittmesseinrichtung  
verwendet. Fig. 2 zeigt darüber hinaus in einer perspekti-  
vischen Ansicht das zu vermessende Objekt 20, sowie ein

erstes Referenzobjekt 40a und ein zweites Referenzobjekt 40b. Die Referenzobjekte 40a und 40b weisen jeweils eine erste Referenzhauptoberfläche auf, die der ersten Abstandsmesseinrichtung 26 bzw. der ersten Lichtschnittmesseinrichtung 26 zugewandt ist. Eine zweite Hauptoberfläche der Referenzobjekte 40a und 40b ist der zweiten Abstandsmesseinrichtung 28 bzw. der zweiten Lichtschnittmesseinrichtung 28 zugewandt. Die Referenzobjekte 40a und 40b zeichnen sich darüber hinaus dadurch aus, dass diese zwischen den Referenzhauptoberflächen eine präzise vorbestimmte Dicke aufweisen. Bevorzugt sind die Referenzobjekte 40a und 40b darüber hinaus aus Materialien hergestellt, die einer geringen thermischen Ausdehnung unterliegen.

Wie es in Fig. 2 zu sehen ist, ist die geometrische Anordnung der Lichtschnittmesseinrichtungen 26 und 28 bzw. der Referenzobjekte 40a und 40b so gewählt, dass Teile 42a und 42b des von der ersten Lichtschnittmesseinrichtung 26 erzeugten Messlichtstreifens auf den Referenzobjekten 40a und 40b erzeugt werden. Gleiches gilt für Lichtschnittmesseinrichtung 28, wobei aufgrund der teil-perspektivischen Ansicht in Fig. 2 die auf den zweiten Hauptoberflächen der Referenzobjekte 40a und 40b erzeugten Lichtmessstreifen in Fig. 2 nicht zu sehen sind.

Im in Fig. 2 gezeigten Vergleichsbeispiel umfasst die Referenzeinrichtung zum Bestimmen eines Referenzabstands zwischen der ersten Lichtschnittmesseinrichtung 26 und der zweiten Lichtschnittmesseinrichtung 28 also zwei Referenzobjekte 40a und 40b.

Da die Dicke der Referenzobjekte 40a und 40b genau bekannt ist und die Abstände zu den Referenzobjekten 40a und 40b im laufenden Betrieb der Messeinrichtung von Fig. 2 jeweils mit ermittelt werden, kann als Referenzabstand beispielsweise der Abstand zwischen der ersten Lichtschnittmesseinrichtung 26 und der zweiten Lichtschnittmesseinrichtung 28 durch Verknüpfung der Abstände der Lichtschnittmesseinrich-

tung 26 zur ersten Hauptoberfläche der Referenzobjekte 40a und 40b, der Dicke der Referenzobjekte 40a und 40b sowie der Abstände der zweiten Lichtschnittmesseinrichtung 28 zur zweiten Hauptoberfläche der Referenzobjekte 40a und 40b  
5 bestimmt werden. Alternativ kann auch die Differenz der tatsächlichen Dicke der Referenzobjekte von der mittels den Lichtschnittmesseinrichtungen bestimmten Dicke als Referenzgröße verwendet werden. Mittels der Differenz könnten dann die Dickenwerte, die mittels der Lichtschnittmesseinrichtungen  
10 bestimmt werden, über die gesamte Breite der Messlichtstreifen korrigiert werden.

Obwohl die Verwendung von zwei Referenzobjekten 40a und 40b im in Fig. 2 gezeigten Beispiel die erzielbare Messgenauigkeit  
15 gegenüber dem Verwenden eines einzigen Referenzobjekts zusätzlich erhöht, kann in einem weiteren Beispiel der lediglich ein Referenzobjekt verwendet werden, um einen Referenzabstand zu bestimmen.

Mit anderen Worten zeigt Fig. 2 eine weitere Möglichkeit, eine Referenzmessung zu erhalten, die sich ergibt, wenn die Bahnbreite bzw. die Breite des zu vermessenden Objekts  
20 geringer ist als der Erfassungsbereich verwendeter Lichtschnittvorrichtungen. In diesem Fall können rechts und links vom Bahnmaterial 20 Referenzobjekte 40a und 40b, beispielsweise in Form von Blechstreifen bekannter Dicke, unter einem bekannten Winkel (vorzugsweise wie in Fig. 2  
25 gezeigt horizontal) angeordnet werden. Durch Vergleich der aus der Messung mit den Lichtschnittmessköpfen ermittelten Dicke dieser Blechstreifen mit der bekannten Dicke können Korrekturwerte ermittelt werden, die zur Korrektur der Messdaten für das Bahnmaterial herangezogen werden. Auch eine eventuelle Verkippung der Lichtschnittmesseinrichtungen  
30 26 bzw. 28 senkrecht zu einer Vorschubrichtung 44 kann mittels der Vermessung der Referenzobjekte ermittelt und  
35 korrigiert werden.

Bei einem Beispiel wird als Messlichtstreifen ein Lichtstreifen monochromatischen Lichts, beispielsweise Licht, das durch einen Laser erzeugt wird, verwendet. Um auf den Oberflächen der statischen Referenzobjekte 40a und 40b die  
5 Bildung von Speckle-Mustern zu verhindern, können die Referenzobjekte (Bleche) so schnell in vertikaler (oder horizontaler) Richtung bewegt bzw. in Vibration versetzt werden, dass Speckle während einer Lichtschnittmessung, die typisch mehrere Hundert Mikrosekunden dauert, herausgemittelt werden. Da für die Auswertung bzw. Berücksichtigung  
10 der Dicke und die Errechnung des Referenzabstands lediglich die Differenz des Abstands von Ober- und Unterseite des Bahnmaterials zur jeweiligen Lichtschnittmesseinrichtung bzw. zum jeweiligen Messkopf herangezogen wird, ist die vertikale Position der Vergleichsbleche unerheblich. Ist  
15 dass Blech, wie bevorzugt, an jeder Stelle gleich dick, gilt dies auch für die horizontale Position, was erfindungsgemäß auf einfache Art und Weise, die Unterdrückung von Speckle-Mustern ermöglicht. Dies hat den großen Vorteil, dass Laserlicht verwendet werden kann, welches aufgrund seiner geringen Divergenz die Bildung „dünnerer“  
20 Messlichtstreifen ermöglicht. Dies erhöht zusätzlich die erzielbare Ortsauflösung des Verfahrens.

25 Alternativ zur Verwendung von Laserlicht kann eine Weißlichtquelle zur Projektion einer Lichtlinie herangezogen werden, wobei die Referenzobjekte dann statisch angeordnet sein können.

30 Werden Lichtschnittmesseinrichtungen verwendet, kann die Vorschubgeschwindigkeit des Objekts 20 in der Vorschubrichtung 44 äußerst hoch gewählt werden, da Lichtschnittmesseinrichtungen hohe Messfrequenzen erlauben. Dadurch wird der Durchsatz stark erhöht. Eine hohe Vorschubgeschwindigkeit in Vorschubrichtung 44 verhindert zudem die Bildung  
35 von Speckle-Mustern auf der Oberfläche des Objektes, da diese sich dann während der Messdauer einer Messphase der Lichtschnittmesseinrichtungen herausmitteln. Die hohe

mögliche Messfrequenz von Lichtschnittmessverfahren erlaubt es also Lichtmessstreifen mittels Laser zu projizieren, und sich eine daraus resultierende Erhöhung der Ortsauflösung zu Nutze zu machen.

5

Darüber hinaus kann durch Mittelung des Messsignals über mehrere Spuren des Sensors und durch zeitliche Filterung der Messdaten eine weitere Verbesserung der Genauigkeit der Dickenbestimmung erreicht werden, wenn Lichtschnittmessvorrichtungen verwendet werden. Dies ist möglich, da Lichtschnittsensoren selbst bei 1,5 m Breite des Lichtschnittmessstreifens eine Auflösung von 1 mm senkrecht zur Vorschubrichtung erlauben und die Messfrequenz von Lichtschnittsensoren wesentlich höher als die typischerweise erforderliche Zeitauflösung ist.

Die Fig. 3A und 3B zeigen ein weiteres Vergleichsbeispiel, bei dem das Objekt 20 räumlich so ausgedehnt ist, dass je Seite des Objekts zwei Lichtschnittmesseinrichtungen erforderlich sind, um Abstandsinformationen über die gesamte Breite des Objekts zu bestimmen. Daher sind zusätzlich zu der Lichtschnittmesseinrichtung 26, die einer ersten Hauptoberfläche 46 des Objekts 20 zugewandt ist und zu der zweiten Lichtschnittmesseinrichtung 28, die einer zweiten Hauptoberfläche 48 des Objekts 20 zugeordnet ist, eine dritte Lichtschnittmesseinrichtung 50 (2a) und eine vierte Lichtschnittmesseinrichtung 52 (2b) vorgesehen. Die dritte Lichtschnittmesseinrichtung 50 ist dabei der ersten Hauptoberfläche 46 und die vierte Lichtschnittmesseinrichtung 52 ist der zweiten Hauptoberfläche 48 zugewandt. Die Lichtebenen der ersten Lichtschnittmesseinrichtung 26 und der dritten Lichtschnittmesseinrichtung 50 sind durch die Geometrie der Anordnung derart festgelegt, dass diese sich in einem zentralen Überlappbereich 54 überschneiden. Darüber hinaus erzeugt die erste Lichtschnittmesseinrichtung 26 auf der Oberfläche des ersten Referenzobjekts 40a einen Messlichtstreifen und die dritte Lichtschnittmesseinrichtung 50 erzeugt auf der Oberfläche des zweiten Referenzob-

jekts 40b einen Messlichtstreifen. Gleiches gilt spiegel-  
verkehrt für die zweite Lichtschnittmesseinrichtung 28 und  
die vierte Lichtschnittmesseinrichtung 52. Die Lichtebenen  
der zweiten Lichtschnittmesseinrichtung 28 und der vierten  
5 Lichtschnittmesseinrichtung 52 überlappen also ebenfalls  
innerhalb des zentralen Bereichs 54, die zweite Licht-  
schnittmesseinrichtung 28 erzeugt einen Messlichtstreifen  
auf dem ersten Referenzobjekt 40a und die vierte Licht-  
schnittmesseinrichtung 52 erzeugt einen Messlichtstreifen  
10 auf dem zweiten Referenzobjekt 40b.

Zur Unterscheidung der unterschiedlichen Messlichtstreifen  
im Überlappbereich, der von zwei Lichtschnittmesseinrich-  
tungen gleichzeitig beobachtet wird, können beispielsweise  
15 unterschiedliche Lichtwellenlängen mit korrespondierenden  
Wellenlängenfiltern verwendet werden. Prinzipiell sind auch  
andere Methoden denkbar, beispielsweise eine Feinstruktu-  
rierung der unterschiedlichen Messlichtstreifen, etwa indem  
der Messlichtstreifen in bestimmten Abständen unterbrochen  
20 ist, sodass eine Identifizierung über dieses Muster er-  
reicht werden kann.

Wie im Folgenden nochmals beschrieben, ist es durch die  
Verwendung des Konzepts also möglich, die Dicke von Objek-  
25 ten zu bestimmen, welche eine geometrische Ausdehnung  
besitzen, die über die maximal mit einer einzigen Licht-  
schnittmesseinrichtung zugänglichen Breite hinausgeht.  
Anhand der Fig. 3B ist beispielhaft exemplarisch darge-  
stellt, wie aus den Daten der vier in Fig. 3A gezeigten  
30 Lichtschnittmesseinrichtungen die Dicke des Objekts 20 über  
die gesamte Breite desselben bestimmt werden kann. Dabei  
sind in Fig. 3B zunächst für den vereinfachten Fall einer  
perfekt planaren Oberfläche die mittels der Sensoren der  
Lichtschnittmesseinrichtungen 26, 28, 50 und 52 erhaltenen  
35 Aufnahmen der Lichtmessstreifen schematisch dargestellt.  
Dabei sind erste Lichtschnittaufnahmesegmente 60a und 60b  
der ersten Lichtschnittmesseinrichtung 26, Lichtschnittauf-  
nahmesegmente 62a und 62b der dritten Lichtschnittmessein-

richtung 50, Lichtschnittaufnahmensegmente 64a und 64b der zweiten Lichtschnittmesseinrichtung 28 und Lichtschnittaufnahmensegmente 66a und 66b der vierten Lichtschnittmesseinrichtung 52 zugeordnet. Die Lichtschnittaufnahmensegmente 60a, 62a, 64a und 66a sind also diejenigen Teile der Messlichtstreifen, die auf der Oberfläche des Objekts 20 erzeugt werden. Die Lichtschnittaufnahmensegmente 60b, 62b, 64b und 66b symbolisieren diejenigen Teile der Messlichtstreifen, die auf den Referenzobjekten 40a und 40b erzeugt werden.

Im in Fig. 3B gezeigten Fall sind die Abweichungen, die sich durch eventuelle Schrägstellung bzw. Nicht-Parallelität der einzelnen Lichtschnittmesseinrichtungen ergeben können, übertrieben dargestellt, um das Verfahren bzw. das Konzept deutlicher zu machen.

Um aus den in Fig. 3B stilisiert gezeichneten Messlichtaufnahmen der einzelnen Messlichtstreifen die Dicke über die gesamte Breite des Objekts 20 bestimmen zu können, werden zunächst eventuelle Verkippungen der einzelnen Messlichteinrichtungen 26, 28, 50 oder 52 korrigiert, was analog zum in Fig. 2 diskutierten Fall mittels der Referenzobjekte möglich ist. Danach werden die Ergebnisse der ersten Lichtschnittmesseinrichtung 26 mit den Ergebnissen der dritten Lichtschnittmesseinrichtung 50 abgeglichen, d. h. ein Winkel  $\alpha$  zwischen dem Messlichtaufnahmensegment 60a und dem Messlichtaufnahmensegment 62a wird so lange variiert, bis beide Messlichtaufnahmen 60a und 62a im Überlappbereich 54 im Wesentlichen identische Werte liefern. Das heißt, eine eventuelle Nicht-Parallelität der der ersten Lichtschnittmesseinrichtung zugeordneten Lichtebene und der der dritten Lichtschnittmesseinrichtung zugeordneten Lichtebene wird korrigiert. Dies kann beispielsweise durch einen Least-Square-Fit geschehen, der die quadratischen Fehler der Einzelmessungen zum durch Anpassung erzielten Wert der Lichtschnittaufnahmen im Überlappbereich 54 minimiert. Selbiges Verfahren wird für die zweite Lichtschnittmessein-

richtung 28 und die vierte Lichtschnittmesseinrichtung 52 durchgeführt, so dass sich nach Angleichung der unterschiedlichen Messköpfe ein in Fig. 3B gezeigtes Bild ergibt. Durch Bestimmung des Referenzabstands zwischen den  
5 einzelnen Lichtschnittmesseinrichtungen unter Verwendung der zu den Referenzobjekten 40a und 40b gemessenen Abstände kann nun die Dicke des zu vermessenden Objekts 20 auf dessen Gesamtbreite bestimmt werden.

10 Obwohl in Fig. 3A und 3B das Konzept unter Verwendung von lediglich zwei Lichtschnittmesseinrichtungen pro Seite des zu vermessenden Objekts illustriert ist, können Beispiele von Messeinrichtungen auch mehr als zwei Lichtschnittmess-  
einrichtungen je Oberfläche aufweisen. Ist dies erforderlich, um die gesamte Breite des Objekts 20 abzudecken, kann  
15 ähnlich wie in Fig. 3A und 3B skizziert, vorgegangen werden. In diesem Fall wird im ersten Schritt für die beiden äußeren Messanordnungen, die jeweils ein horizontal (oder unter einem bekannten Winkel) liegendes Referenzobjekt  
20 erfassen, der Winkelfehler der Messköpfe senkrecht zur Vorschubrichtung bestimmt. Für die weiter innen liegenden Messanordnungen wird die Verkippung sukzessive von außen nach innen bestimmt, indem die Überlappbereiche zur Angleichung der Messkuren verwendet werden. Die Dicke über die  
25 gesamte Breite des Objekts 20 ergibt sich dann analog zum oben beschriebenen Verfahren durch Verwendung der bekannten Dicken der Referenzobjekte 40a und 40b.

Zusammenfassend kann man also sagen, dass selbst wenn die  
30 Bahnbreite größer ist als diejenige Breite, die mit einer einzelnen Abstandsmesseinrichtung bzw. Anordnung von jeweils einem über und einem unter dem Bahnmaterial bzw. dem Objekt 20 angeordneten Lichtschnittdetektor abgedeckt  
werden kann, mehrere solche Anordnungen nebeneinander  
35 angeordnet werden können, um eine größere Breite abzudecken. In diesem Fall erfassen nur die äußeren Messeinrichtungen bzw. Abstandsmesseinrichtungen jeweils ein Referenzteil bzw. Referenzobjekt. Überlappen sich die Messbereiche

der Anordnungen ausreichend, können jedoch Relativbewegungen und eine eventuelle Verkippung der Messköpfe senkrecht zur Vorschubrichtung korrigiert werden. Da ein Lichtschnittmesskopf nur Abstände erfasst, würde eine Verkippung eines Messkopfs ohne Korrektur zu falschen Dickenwerten führen. Eine schematische Darstellung des Problems gibt, wie bereits oben beschrieben, beispielsweise Fig. 3B. Die linke Messanordnung (Lichtschnittmesseinrichtungen 26 und 28) erfasst das linke Referenzteil (Referenzobjekt 40a), die rechte Messanordnung (Lichtschnittmesseinrichtung 50 und 52) erfasst das rechte Referenzteil bzw. das rechte Referenzobjekt 40b. Eine eventuelle Verkippung der einzelnen Messköpfe senkrecht zur Vorschubrichtung, die im in Fig. 3A gezeigten Fall senkrecht zur Darstellungsebene verläuft, wird mit Hilfe der horizontal angebrachten Referenzobjekte ermittelt und korrigiert. Nach Korrektur der Winkelfehler werden die Ergebnisse der Messköpfe 1a und 2a bzw. 1b und 2b aufeinander abgeglichen, so dass beide Messköpfe im Überlappbereich weitgehend identische Werte liefern (z. B. durch Least-Square-Fit). Hierdurch entstehen durchgehende Messergebnisse für die obere bzw. untere Messanordnung.

Im letzten Schritt werden die Ergebnisse durch Vergleich mit den bekannten Dicken der Referenzobjekte abgeglichen. Nach diesem Schritt liegen für jeden Messpunkt Dickenwerte für das Bahnmateriale vor. Im in Fig. 3A und 3B gezeigten Fall wird zur vereinfachenden Darstellung angenommen, dass das Objekt 20 bzw. ein zu untersuchendes Bahnmateriale eine ebene Oberfläche aufweist. Ohne Beschränkung der Anwendbarkeit des erfindungsgemäßen Konzepts können jedoch erfindungsgemäß auch unebene Objekte vermessen werden, so beispielsweise Bleche, die in Vorschubrichtung gekrümmt sind bzw. Profilbleche, die ein dreieckiges bzw. quadratisches oder rechteckiges Profil aufweisen können.

Obwohl in Fig. 3 ein Beispiel für die Verwendung von mehr als einer Lichtschnittmesseinrichtung je Seite des zu

vermessenden Objekts 20 gezeigt ist, bei dem der Referenzabstand mittels Referenzobjekten bestimmt wird, ist das Konzept mit mehreren Lichtschnittmesseinrichtungen auch bei einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung in Verbindung mit den in Fig. 1 gezeigten radiometrischen Sensoren zur Bestimmung des Referenzabstands möglich. Dabei wäre für eine solche radiometrische Referenzmessung je einander gegenüberliegender Lichtschnittmesseinrichtung, also für die Paare der Lichtschnittmesseinrichtungen 26 und 28 bzw. der Lichtschnittmesseinrichtungen 50 und 52 ein radiometrischer Sensor erforderlich. Die Referenzobjekte 40a und 40b können dann entfallen. Wie bereits anhand von Fig. 1 diskutiert, ist dabei zur Bestimmung einer Abstandsänderung zwischen den beiden über bzw. unter dem Objekt 20 bzw. dem Bahnmaterial angeordneten Lichtschnittmessköpfen, welche zu einem Fehler in der Dickenmessung führen würde, nur ein einziger Strahlungsdetektor benötigt.

Wie ebenfalls bereits anhand von Fig. 1 diskutiert, kann bei Verwendung solcher radiometrischer Verfahren (Strahlungsquelle und Strahlungsdetektor) gleichzeitig eine mögliche Verkippung der Lichtschnittmessköpfe korrigiert werden, wenn für jedes Paar einander gegenüberliegender Lichtschnittmesseinrichtungen zusätzlich eine zweite radiometrische Messeinrichtung verwendet wird.

Ebenso wie im in Fig. 3A gezeigten Fall können auch bei Verwendung radiometrischer Detektoren zur Bestimmung der Referenzabstände mehr als zwei Lichtschnittmesseinrichtungen je Seite verwendet werden, wobei dann jede Lichtschnittmesseinrichtung zumindest eine radiometrische Messeinheit zur Bestimmung des ihm zugeordneten Referenzabstands aufweist.

Anhand von Fig. 4 ist ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Bestimmen der Materialstärke eines Objekts schematisch in Form eines Blockdiagramms dargestellt. Zur Bestimmung der Materialstärke wird dabei

zunächst in einem ersten Abstandsmessschritt 80 ein erster Abstand zwischen einer Abstandsmesseinrichtung und einer ersten Hauptoberfläche des Objekts bestimmt.

- 5 In einem zweiten Abstandsmessschritt 84 wird ein zweiter Abstand zwischen einer zweiten Abstandsmesseinrichtung und einer der ersten Hauptoberfläche gegenüberliegenden zweiten Hauptoberfläche des Objekts bestimmt.
- 10 In einem dritten Schritt 84 wird eine Information über einen Referenzabstand, der eine Bestimmung einer Abweichung eines tatsächlichen Abstands zwischen der ersten Abstandsmesseinrichtung (26) und der zweiten Abstandsmesseinrichtung (28) von einem Sollabstand erlaubt, bereitgestellt.
- 15 In einem Auswerteschritt 86 wird aus dem ersten Abstand, dem zweiten Abstand und dem Referenzabstand die Materialstärke des Objekts ermittelt.
- 20 Als Abstandsmesseinrichtungen können andere Messeinrichtungen, als die in den Ausführungsbeispielen beschriebenen Lichtschnittmessverfahren verwendet werden. Hier kommen beispielsweise Laufzeitverfahren, wie Ultraschall-
- 25 Echoverfahren oder Radar-Echoverfahren in Betracht, die beispielsweise Interferenzen der reflektierten und der ausgesendeten Signale verwenden können, um eine präzise Abstandsinformation zu erhalten. Obwohl in den Fig. 2 und 3A bzw. 3B Referenzobjekte mit quaderförmiger Geometrie
- 30 gezeigt sind, können erfindungsgemäß Referenzobjekte beliebiger anderer Geometrien verwendet werden. Bei einem weiteren Vergleichsbeispiel wird ein Referenzobjekt in Form einer rotierenden Kreisscheibe verwendet. So wird zum einen erreicht, dass sich keine die Messgenauigkeit verschlechternden Speckle-Muster beim Einsatz von Lasern bilden.
- 35 Darüber hinaus werden etwaige während der Produktion verursachten Unebenheiten in der Oberfläche des kreisförmigen Objekts durch die Rotation herausgemittelt, so dass insge-

samt die Messgenauigkeit dadurch zusätzlich erhöht werden kann.

Patentansprüche

1. Messvorrichtung zur Bestimmung der Materialstärke  
5 eines Objekts, mit folgenden Merkmalen:
- einer ersten Abstandsmesseinrichtung (26) zum Bestimmen eines ersten Abstands (32a) zwischen der ersten  
Abstandsmesseinrichtung (26) und einer der ersten Ab-  
10 standsmesseinrichtung zugewandten ersten Hauptoberfläche (46) des Objekts (20) in einer Messrichtung;
- einer zweiten Abstandsmesseinrichtung (28) zum Bestimmen eines zweiten Abstands (32b) zwischen der zweiten  
15 Abstandsmesseinrichtung (28) und einer der ersten Hauptoberfläche (46) gegenüberliegenden zweiten Hauptoberfläche (48) des Objekts (20) in Messrichtung;
- einer bezüglich der ersten (26) und der zweiten Abstandsmesseinrichtung (28) in räumlich fester Orientierung angeordneten Röntgeneinrichtung (30a, 30b), um  
20 aus einer entlang einer Röntgenrichtung durch das Objekt (20) verursachten Abschwächung von Röntgenstrahlung auf eine erste Materialstärke des Objekts (20) in der Röntgenrichtung zu schließen; und
- 25 einer Auswerteeinrichtung zum Bestimmen der Materialstärke (22) des Objekts (20) zwischen der ersten Hauptoberfläche (46) und der zweiten Hauptoberfläche (48) unter Verwendung des ersten Abstands (32a), des  
30 zweiten Abstands (32b) und der ersten Materialstärke.
2. Messvorrichtung gemäß Patentanspruch 1, bei der die  
erste Abstandsmesseinrichtung und die zweite Abstandsmesseinrichtung ausgebildet sind, den ersten Abstand  
35 und den zweiten Abstand berührungslos zu bestimmen.

3. Messvorrichtung gemäß Patentanspruch 1 oder 2, bei der die Messrichtung zur ersten Hauptoberfläche (46) des Objekts (20) senkrecht ist.
- 5 4. Messvorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Patentansprüche, bei der die erste Abstandsmesseinrichtung und die zweite Abstandsmesseinrichtung ausgebildet sind, einen Abstand zu einem in einer Messrichtung ausgedehnten Oberflächenbereich des Objekts zu bestimmen, wobei die Röntgeneinrichtung (30a, 30b) ausgebildet ist, die erste Materialstärke für einen in Messrichtung weniger ausgedehnten Oberflächenbereich zu bestimmen.
- 10
- 15 5. Messvorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Patentansprüche, bei der die Röntgeneinrichtung bezüglich der ersten (26) und der zweiten Abstandsmesseinrichtung derart angeordnet ist, dass die Röntgenrichtung parallel zur Messrichtung verläuft.
- 20
6. Messvorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Patentansprüche, die ferner eine bezüglich der ersten (26) und der zweiten Abstandsmesseinrichtung (28) in einer räumlich festen weiteren Orientierung angeordnete zweite Röntgeneinrichtung umfasst, um aus einer entlang einer zweiten Röntgenrichtung durch das Objekt verursachten Abschwächung von Röntgenstrahlung auf eine zweite Materialstärke des Objekts (20) entlang der zweiten Röntgenrichtung zu schließen; wobei
- 25
- 30 die Auswerteeinrichtung ausgebildet ist, aus der ersten und der zweiten Materialstärke auf eine relative räumliche Anordnung zwischen der ersten (26) und der zweiten Abstandsmesseinrichtung (28) zu schließen.
- 35
7. Messvorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die erste Abstandsmesseinrichtung eine erste Lichtschnittmeseinrichtung mit einer ersten

- Einrichtung zum Erzeugen eines ersten Messlichtstreifens (42a, 42b, 42c) auf der ersten Hauptoberfläche (46) des Objekts (20) umfasst; und die zweite Abstandsmesseinrichtung (28) eine zweite Lichtschnittmeseinrichtung mit einer zweiten Einrichtung zum Erzeugen eines zweiten Messlichtstreifens auf der zweiten Hauptoberfläche des Objekts (20) umfasst.
- 5
8. Messvorrichtung gemäß Patentanspruch 7, bei der die erste Einrichtung zum Erzeugen eines ersten Messlichtstreifens und die zweite Einrichtung zum Erzeugen eines zweiten Messlichtstreifens je einen Laser umfassen.
- 10
9. Messvorrichtung gemäß Patentanspruch 7, bei der die erste Einrichtung zum Erzeugen eines ersten Messlichtstreifens und die zweite Einrichtung zum Erzeugen eines zweiten Messlichtstreifens je eine Weisslichtquelle umfassen.
- 15
- 20
10. Vorrichtung gemäß einem der Patentansprüche 7 bis 9, bei der die erste Einrichtung zum Erzeugen eines ersten Messlichtstreifens und die zweite Einrichtung zum Erzeugen eines zweiten Messlichtstreifens so angeordnet sind, dass sich der erste Messlichtstreifen (42a, 42b, 42c) und der zweite Messlichtstreifen auf einander gegenüberliegenden Hauptoberflächen des Objekts (20) gegenüberliegen.
- 25
- 30
- 35
11. Messvorrichtung gemäß einem der Patentansprüche 7 bis 10, bei der die erste Abstandsmesseinrichtung (26) eine dritte Lichtschnittmeseinrichtung (50) mit einer dritten Einrichtung zum Erzeugen eines dritten Messlichtstreifens auf der ersten Hauptoberfläche des Objekts (20) umfasst; und
- die zweite Abstandsmesseinrichtung (28) eine vierte Lichtschnittmeseinrichtung (52) mit einer vierten

Einrichtung zum Erzeugen eines vierten Messlichtstreifens auf der zweiten Hauptoberfläche des Objekts (20) umfasst, wobei von der ersten Einrichtung zum Erzeugen eines Messlichtstreifens und von der dritten Einrichtung zum Erzeugen eines dritten Messlichtstreifens auf der Oberfläche des Objekts (20) erzeugte Messlichtstreifen in einem Überlappbereich auf der Oberfläche des Objekts räumlich überlappen, und wobei von der zweiten Einrichtung zum Erzeugen des zweiten Messlichtstreifens und von der vierten Einrichtung zum Erzeugen des vierten Messlichtstreifens auf der zweiten Hauptoberfläche des Objekts (20) erzeugte Messlichtstreifen in einem Überlappbereich auf der zweiten Hauptoberfläche des Objekts (20) räumlich überlappen.

15

12. Messvorrichtung gemäß Patentanspruch 11, bei der die Auswerteeinrichtung ausgebildet ist, eine Abstandsinformation der ersten und der dritten Lichtschnittmeseinrichtung im Überlappbereich aufeinander anzupassen um eine angepasste Abstandsinformation zu erhalten, so dass die erste und die dritte Lichtschnittmeseinrichtung im Überlappbereich eine Abweichung zur angepassten Abstandsinformation aufweisen, die innerhalb eines vorbestimmten Toleranzbereichs liegt.

20

13. Verfahren zur Bestimmung der Materialstärke eines Objekts, mit folgenden Schritten:

Bestimmen eines ersten Abstands zwischen einer ersten Abstandsmesseinrichtung und einer der ersten Abstandsmesseinrichtung zugewandten ersten Hauptoberfläche des Objekts in einer Messrichtung;

25

Bestimmen eines zweiten Abstands zwischen einer zweiten Abstandsmesseinrichtung und einer der ersten Hauptoberfläche gegenüberliegenden zweiten Hauptoberfläche des Objekts in Messrichtung;

30

35

Bestimmen einer ersten Materialstärke des Objekts aus einer entlang einer Röntgenrichtung durch das Objekt verursachten Abschwächung von Röntgenstrahlung in der Röntgenrichtung; und

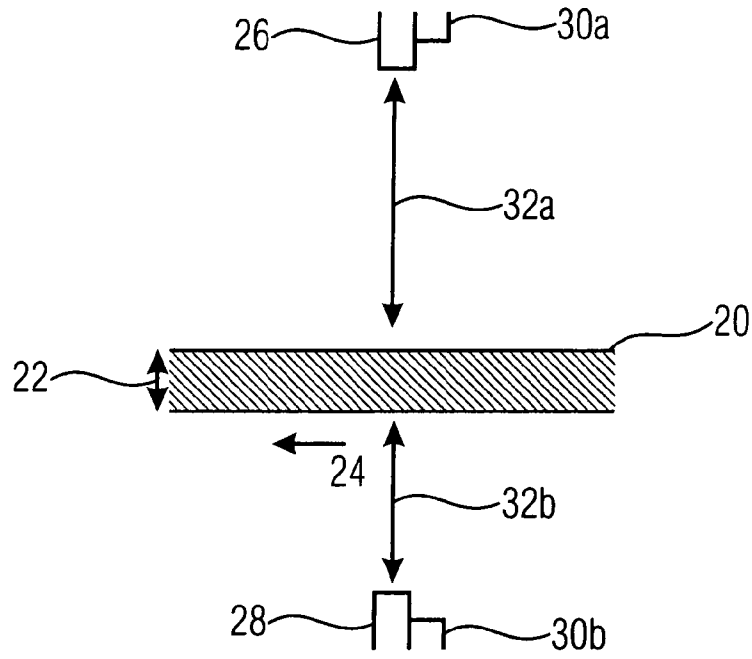
5

Bestimmen der Materialstärke des Objekts in Messrichtung zwischen der ersten Hauptoberfläche und der zweiten Hauptoberfläche unter Verwendung des ersten Abstands, des zweiten Abstands und der ersten Materialstärke.

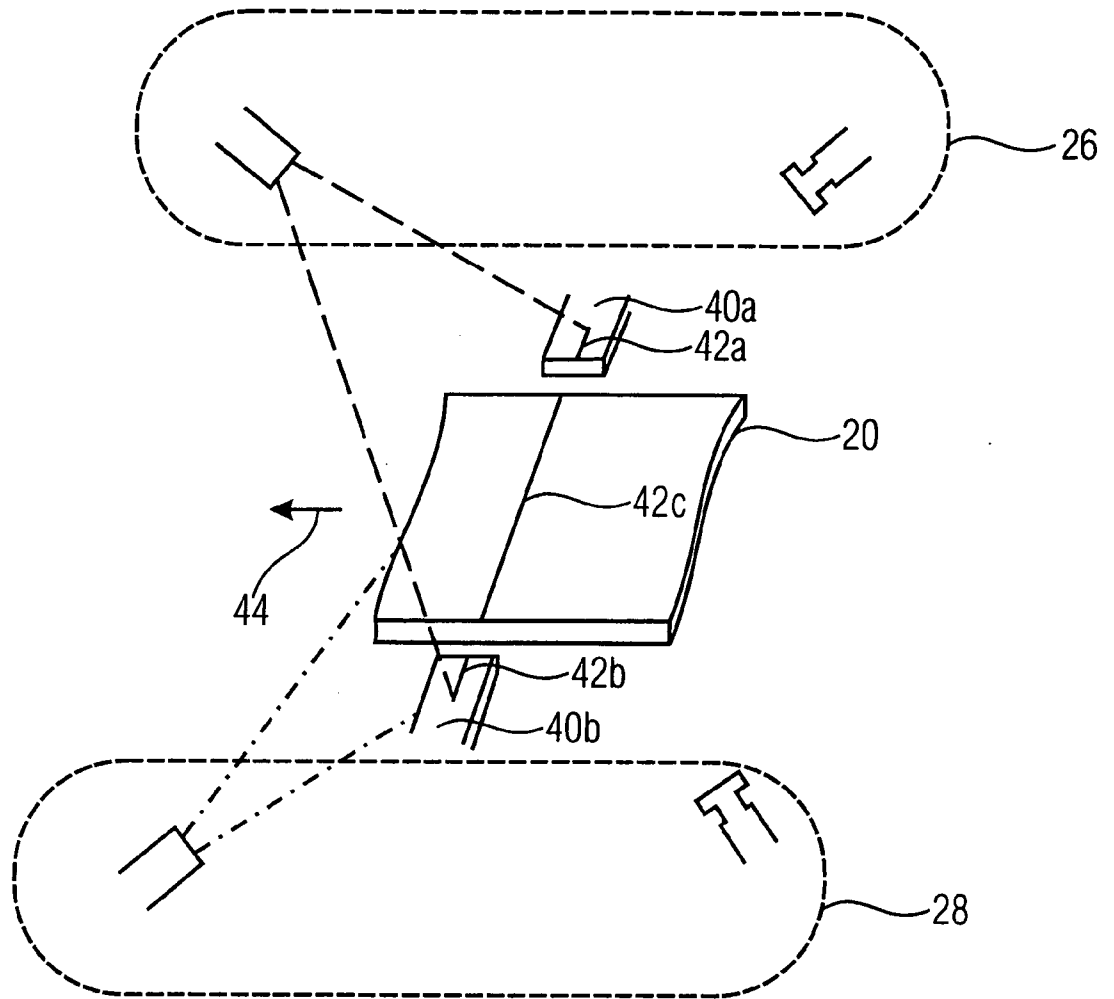
10

14. Verfahren gemäß Patentanspruch 13, in dem der erste Abstand, der zweite Abstand berührungslos ermittelt werden.

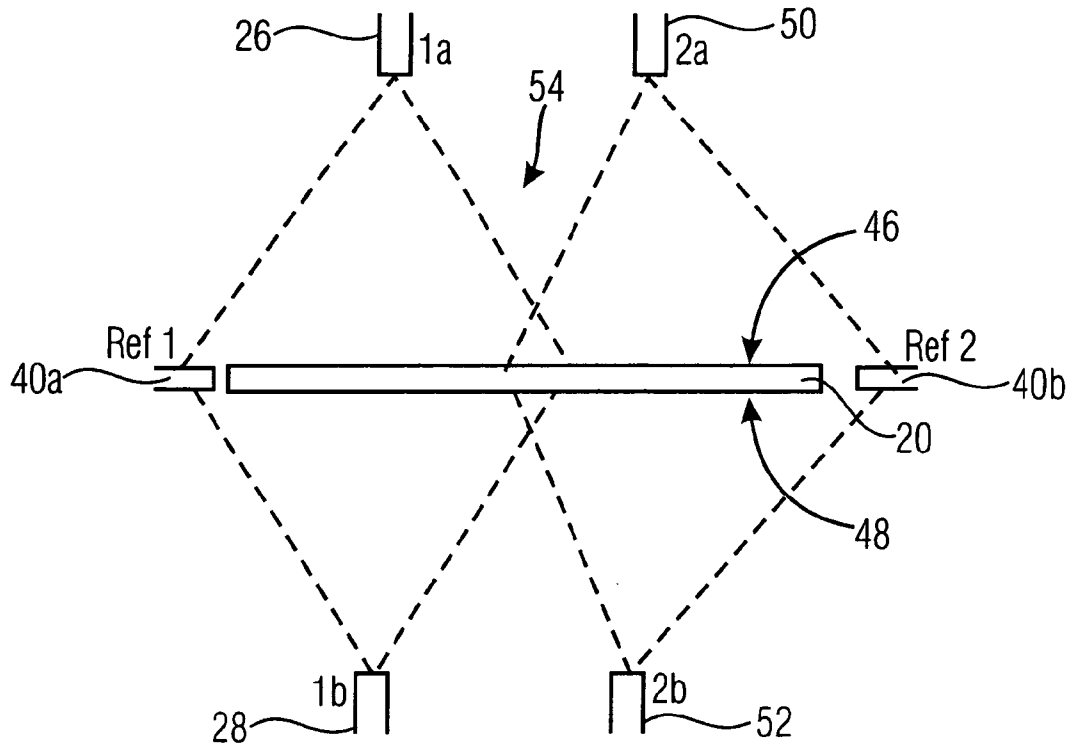
15



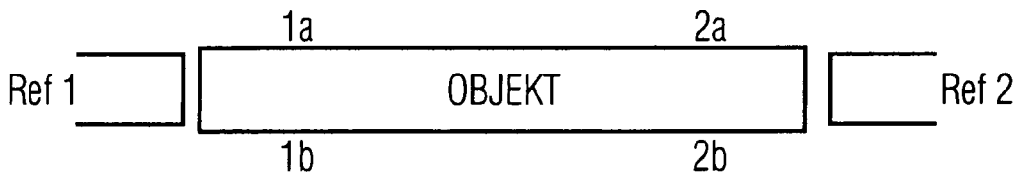
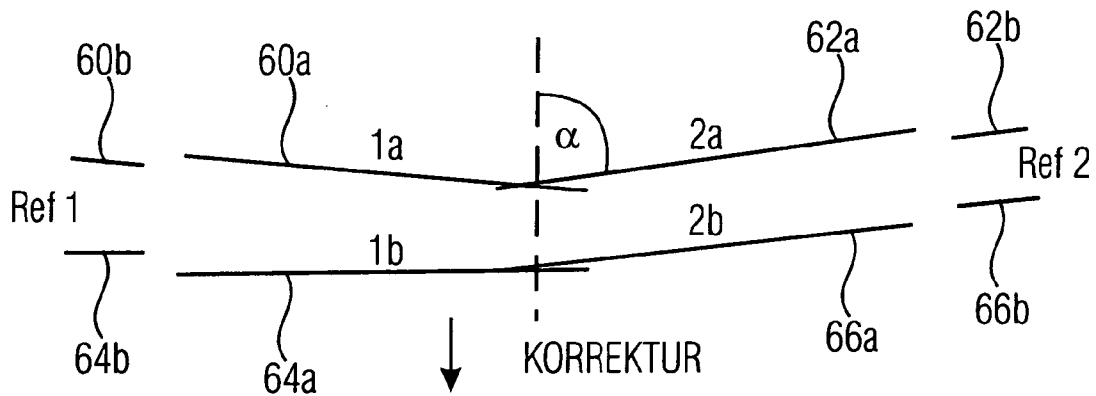
FIGUR 1



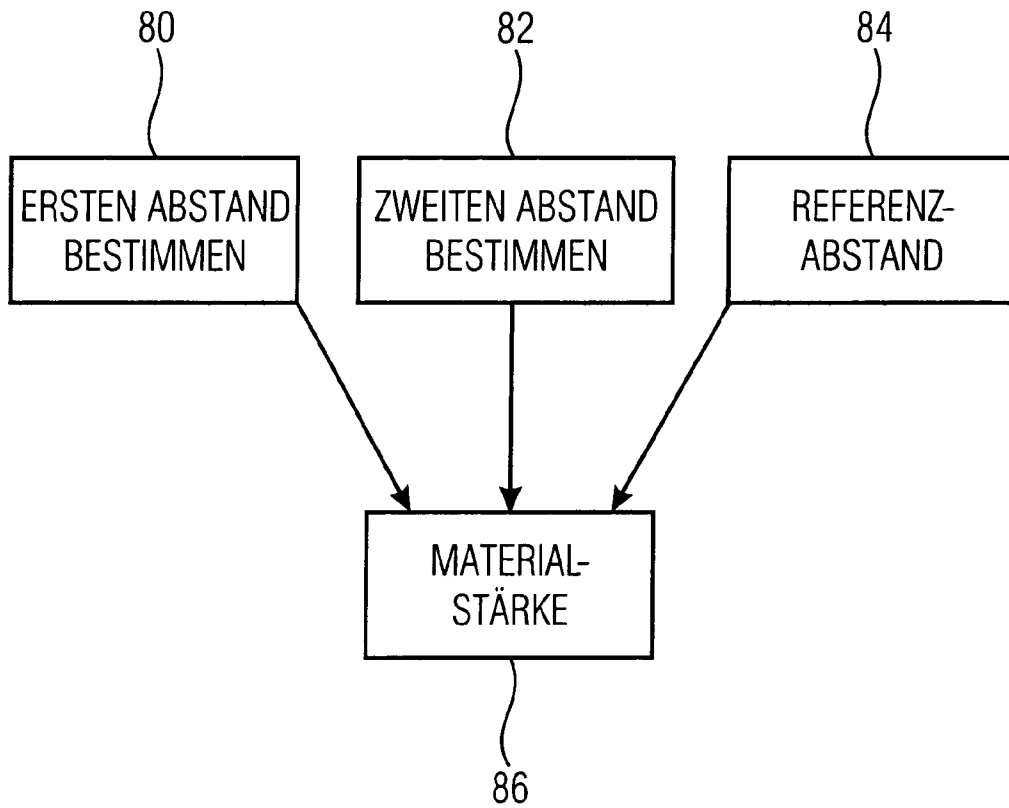
FIGUR 2



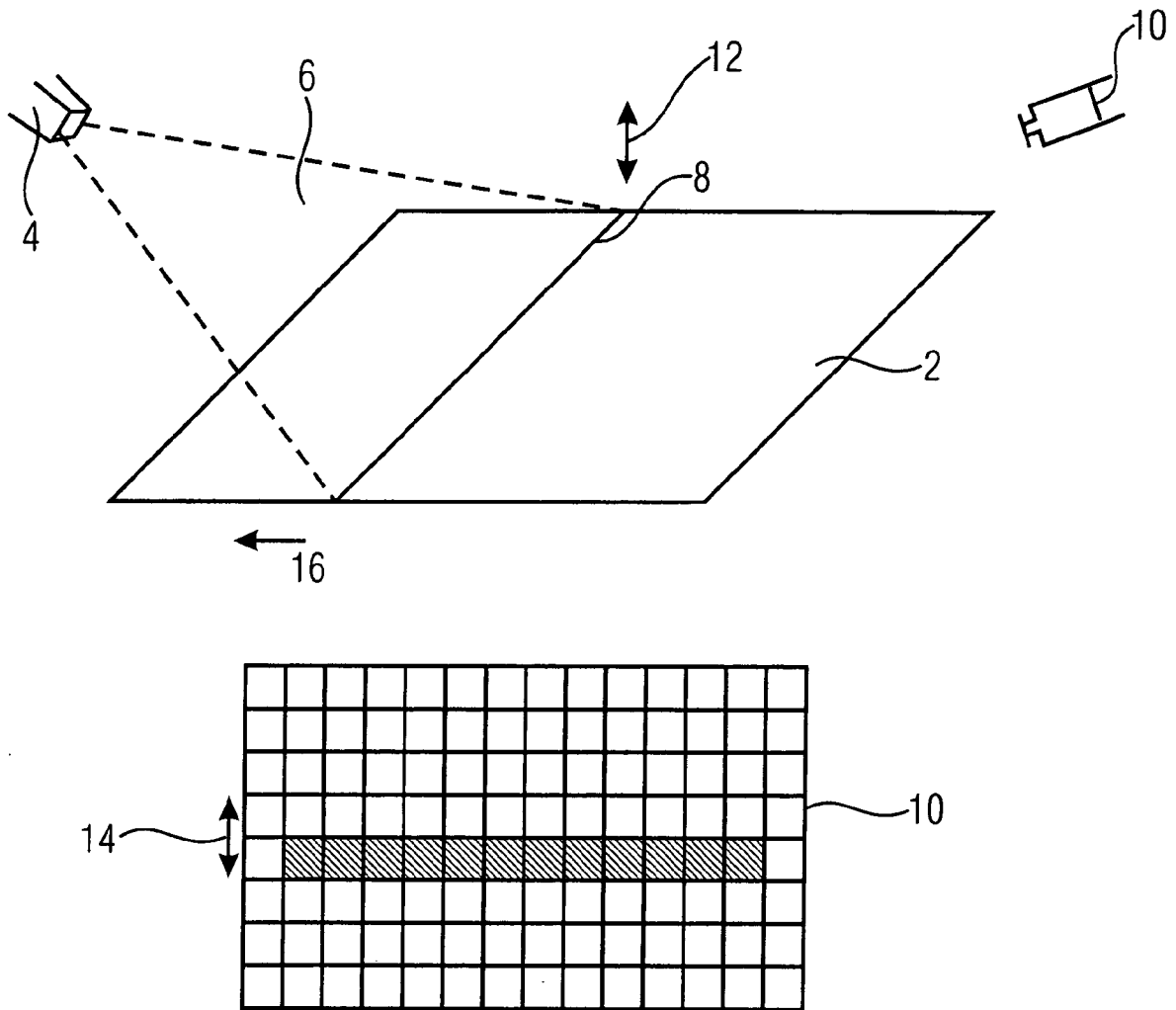
FIGUR 3A



FIGUR 3B



FIGUR 4



FIGUR 5  
(STAND DER TECHNIK)

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2007/010612

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 INV. G01B11/06 G01B11/245 G01B15/02 G01B21/08

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)  
 G01B

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, INSPEC, COMPENDEX

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	GB 2 046 900 A (FRIESEKE & HOEPFNER GMBH) 19 November 1980 (1980-11-19) page 2, line 92 - page 3, line 22 figure 1	1-3,5, 13,14 4,7-12 6
X Y A	JP 2004 037253 A (NIPPON STEEL CORP) 5 February 2004 (2004-02-05) paragraphs [0002] - [0018] figures 1-3	1-3,5, 13,14 4,7-12 6
X Y A	JP 60 164202 A (SUMITOMO METAL IND) 27 August 1985 (1985-08-27) abstract	1-3,5, 13,14 4,7-12 6
	----- -/--	

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	*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
*E* earlier document but published on or after the international filing date	*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
*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)	*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.
*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	*G* document member of the same patent family
*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  6 März 2008	Date of mailing of the international search report  17/03/2008
--	--

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  Kunz, Lukas
---	---------------------------------------

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2007/010612

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 91/08439 A (BOEHLER GMBH [AT]) 13 June 1991 (1991-06-13) page 1, line 4 - page 9, line 11 -----	7-12
Y	FR 1 312 164 A (UNITED STATES STEEL CORP) 14 December 1962 (1962-12-14) the whole document -----	7,10

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2007/010612
---

Patent document cited in search report	Publication date	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 2046900	A	19-11-1980	CH 641904 A5	15-03-1984
			DE 2913879 A1	09-10-1980
			FR 2453391 A1	31-10-1980
			IN 155295 A1	19-01-1985
			IT 1131076 B	18-06-1986
			US 4322971 A	06-04-1982
			<hr/>	
JP 2004037253	A	05-02-2004	JP 3940327 B2	04-07-2007
<hr/>				
JP 60164202	A	27-08-1985	NONE	
<hr/>				
WO 9108439	A	13-06-1991	AT 109556 T	15-08-1994
			AU 647064 B2	17-03-1994
			AU 6900091 A	26-06-1991
			CA 2070822 A1	06-06-1991
			DE 59006727 D1	08-09-1994
			EP 0502930 A1	16-09-1992
			JP 5502720 T	13-05-1993
<hr/>				
FR 1312164	A	14-12-1962	NONE	
<hr/>				

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2007/010612

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. G01B11/06 G01B11/245 G01B15/02 G01B21/08		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01B		
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, INSPEC, COMPENDEX		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	GB 2 046 900 A (FRIESEKE & HOEPFNER GMBH) 19. November 1980 (1980-11-19) Seite 2, Zeile 92 - Seite 3, Zeile 22	1-3,5, 13,14
Y	Abbildung 1	4,7-12
A		6
X	JP 2004 037253 A (NIPPON STEEL CORP) 5. Februar 2004 (2004-02-05) Absätze [0002] - [0018]	1-3,5, 13,14
Y	Abbildungen 1-3	4,7-12
A		6
X	JP 60 164202 A (SUMITOMO METAL IND) 27. August 1985 (1985-08-27) Zusammenfassung	1-3,5, 13,14
Y		4,7-12
A		6
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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  6. März 2008		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts  17/03/2008
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  Kunz, Lukas

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 91/08439 A (BOEHLER GMBH [AT]) 13. Juni 1991 (1991-06-13) Seite 1, Zeile 4 - Seite 9, Zeile 11 -----	7-12
Y	FR 1 312 164 A (UNITED STATES STEEL CORP) 14. Dezember 1962 (1962-12-14) das ganze Dokument -----	7,10

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2007/010612

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
GB 2046900	A	19-11-1980	CH	641904 A5	15-03-1984
			DE	2913879 A1	09-10-1980
			FR	2453391 A1	31-10-1980
			IN	155295 A1	19-01-1985
			IT	1131076 B	18-06-1986
			US	4322971 A	06-04-1982
			-----		
JP 2004037253	A	05-02-2004	JP	3940327 B2	04-07-2007
-----					
JP 60164202	A	27-08-1985	KEINE		
-----					
WO 9108439	A	13-06-1991	AT	109556 T	15-08-1994
			AU	647064 B2	17-03-1994
			AU	6900091 A	26-06-1991
			CA	2070822 A1	06-06-1991
			DE	59006727 D1	08-09-1994
			EP	0502930 A1	16-09-1992
			JP	5502720 T	13-05-1993
-----					
FR 1312164	A	14-12-1962	KEINE		
-----					