

(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
28. Mai 2009 (28.05.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/065727 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G02B 6/36 (2006.01) **G01L 1/24** (2006.01)
G01D 5/26 (2006.01)

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **WILLSCH, Michael**
[DE/DE]; Am Lindenberg 2, 07745 Jena (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/064921

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. November 2008 (04.11.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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,

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

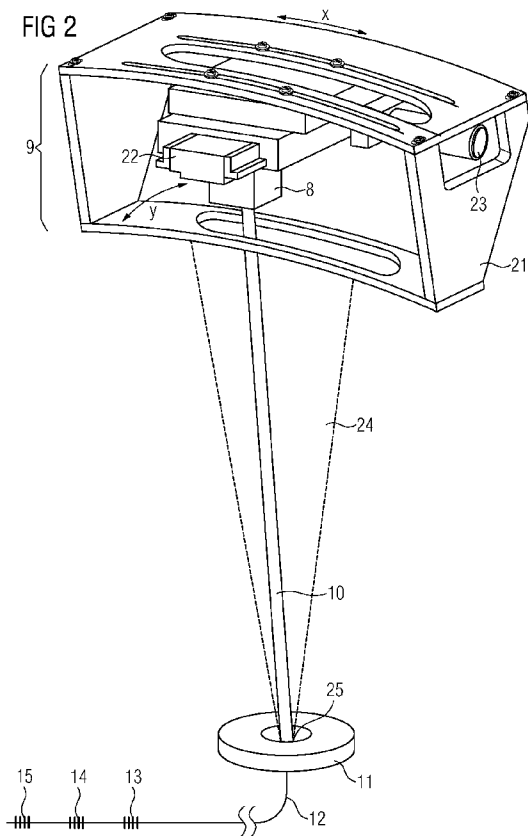
(30) Angaben zur Priorität:
07022464.7 20. November 2007 (20.11.2007) EP

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ADJUSTMENT DEVICE FOR COUPLED OPTICS FOR MEASURING USING FIBER OPTIC SENSORS ON ROTATING PARTS

(54) Bezeichnung: JUSTAGEVORRICHTUNG FÜR EINE KOPPELOPTIK ZUM MESSEN MIT FASEROPTISCHEN SENSOREN AN DREHENDEN TEILEN



(57) Abstract: The invention relates to coupled optics for measuring using fiber optic sensors on rotating part, wherein two coupled goniometer devices are used in order to achieve alignment of a measuring light beam to an optical fiber in a rotating part in a simplified manner. The goniometer devices are coupled such that the light beam impinges unchanged on the receiving collimator when displaced by means of one or both goniometer devices.

(57) Zusammenfassung: Für eine Koppeloptik zum Messen mit faseroptischen Sensoren an drehenden Teilen wird vorgeschlagen, zwei gekoppelte Goniometer-Einrichtungen zu verwenden, um in vereinfachter Weise eine Ausrichtung eines Mess-Lichtstrahls auf eine optische Faser in einem drehenden Teil zu erreichen. Die Goniometer-Einrichtungen sind so gekoppelt, dass der Lichtstrahl bei Verschiebung anhand eines oder beider Goniometer-Einrichtungen unverändert auf den Empfangskollimator trifft.

WO 2009/065727 A1



ST, 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, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, 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*

Beschreibung

Justagevorrichtung für eine Koppeloptik zum Messen mit faser-
optischen Sensoren an drehenden Teilen

5

Die Erfindung betrifft eine Justagevorrichtung für eine Koppeloptik zum Messen mit faseroptischen Sensoren an drehenden Teilen, wobei ein freier Lichtstrahl einen Abstand zwischen zwei Lichtwellenleitern überbrücken muss.

10

Große elektrische und thermodynamische Maschinen im Kraftwerksbereich werden zunehmend näher an den Belastungsgrenzen von Konstruktion und Materialien betrieben. Um eine lokale Überbelastung zu detektieren, werden insbesondere auf den drehenden Teilen wie einem Rotor einer solchen Maschine Sensoren vorgesehen. Die Sensoren müssen sich drahtlos von außen auslesen lassen. Besonderes Interesse besteht dabei an der Bestimmung von Temperaturverteilungen und Dehnungen.

20

Für die drahtlose Übertragung der Messdaten der Sensoren aus dem bewegten Maschinenteil heraus sowie für die Sensoren selbst gibt es verschiedene Möglichkeiten. Eine solche Möglichkeit besteht in der Verwendung elektrisch betriebener Sensoren mit einer Funk- oder Infrarotschnittstelle (IR) zur Datenübertragung. Nachteilig an dieser elektrischen Möglichkeit ist unter anderem, dass die Sensoren typischerweise Hilfsenergie benötigen, die aufwändig auf das drehende Teil gebracht werden muss.

30

Zur Vermeidung dieses Nachteils werden gerne passive optische Sensoren eingesetzt, beispielsweise Lichtleiter mit integrierten Faser-Bragg-Gittern (FBG) als Sensoren für Temperatur und Dehnung. Diese Sensoren werden beispielsweise abgefragt, d.h. ein Sensorsignal wird erzeugt, indem Licht in den Lichtleiter eingekoppelt wird und das Reflexionsverhalten eines der FBG beobachtet wird. Eine Änderung des Reflexionsverhaltens lässt auf eine Dehnung oder Stauchung des FBG auf-

35

grund mechanischer Beanspruchung oder Temperaturänderung schließen.

Um das einzukoppelnde Licht von der stehenden Auswerteeinheit
5 auf das bewegte Maschinenteil zu bringen, ist eine Freistrahlskopplung mittels Linsenkollimatoren nötig. Die Justage der Linsenkollimatoren ist jedoch sehr kompliziert, da als Lichtleiter auf dem bewegten Maschinenteil typischerweise
10 eine Monomode-Faser mit einem Kerndurchmesser von nur 5 bis 9 μm verwendet wird. Der Abstand der Kollimatoren voneinander, d.h. die vom freien Lichtstrahl zu überwindende Strecke, beträgt üblicherweise zwischen 1 mm und 2 m. Dabei können die Kollimatoren genau in der Achse der Maschine angebracht sein, so dass eine ständige Lichtübertragung möglich ist. Sie können
15 auch außerhalb der Achse angebracht sein, wobei in diesem Fall eine Lichtübertragung nur möglich ist, wenn im Rahmen der Drehbewegung die Kollimatoren aneinander vorbeistreichen.

Für die Einkopplung eines parallelen Lichtstrahls in eine
20 Glasfaser über einen Linsenkollimator bestehen vier Freiheitsgrade der Justage. Zum einen muss der Lichtfleck in die Mitte der Linse des Empfangskollimators fallen. Hierdurch ergeben sich zwei Freiheitsgrade, die in einer Parallelverschiebung des Lichtstrahls bestehen. Die weiteren zwei Freiheitsgrade
25 ergeben sich dadurch, dass der einzukoppelnde Lichtstrahl parallel zur optischen Achse des Empfangskollimators ausgerichtet sein sollte, damit das Licht optimal in die empfangende optische Faser eingekoppelt wird. Hierdurch ergibt sich ein 2-dimensionales Winkelfeld, für das passende
30 Werte gefunden werden müssen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, es eine Einrichtung anzugeben, mit der eine vereinfachte Justage eines Lichtstrahls von einer Ausstrahlseite zu einer Empfangsseite
35 ermöglicht wird.

Diese Aufgabe wird durch eine Einrichtung mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Die abhängigen Ansprüche betreffen vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

5 Die erfindungsgemäße Einrichtung zur gerichteten Abgabe und/oder Empfang eines Lichtstrahls weist dabei ein Winkelstellelement und einen mit dem Winkelstellelement verbundenen ausstrahlenden Lichtwellenleiter auf. Der Lichtwellenleiter endet dabei im Bereich des Winkelstellelements und gibt somit
10 durch ihn geleitetes Licht ab.

Das Winkelstellelement ist so ausgestaltet, dass es eine Festlegung oder anders gesagt eine Variation der Ausstrahlrichtung des Lichtstrahls erlaubt, wobei bei wenigstens einem
15 Teil der möglichen Ausstrahlrichtungen der Lichtstrahl durch einen festgelegten und von der Ausstrahlrichtung unabhängigen Punkt im Raum verläuft, wobei der Punkt außerhalb der Einrichtung liegt.

20 Bevorzugt wird dabei als Punkt, durch den der Lichtstrahl stets verläuft, ein Ende eines weiteren Lichtwellenleiters oder eine Linsenoberfläche eines Linsenkollimators am Ende des weiteren Lichtwellenleiters gewählt. Dann bewirkt das Winkelstellelement, dass der Lichtstrahl immer genau am richtigen Ort in den Linsenkollimator bzw. den Lichtwellenleiter
25 fällt und sich lediglich die Einstrahlrichtung ändert.

Die Erfindung bietet somit die Möglichkeit, bei einer vorgegebenen Geometrie, die beispielsweise aus einem Abstand zwischen einem Ausstrahlende des Lichtwellenleiters und dem Einstrahlende des weiteren Lichtwellenleiters und ihrer relativen Lage besteht, auf einfache Weise einen optimalen Einstrahlwinkel einzustellen. Dieser gewährleistet im Rahmen der gegebenen Möglichkeiten die höchstmögliche Weiterleitung von
30 Lichtleistung aus dem Lichtwellenleiter in den weiteren Lichtwellenleiter, also eine optimale optische Kopplung der beiden Lichtwellenleiter.

Eine Möglichkeit für das Winkelstellelement besteht in der Verwendung eines Kugelgelenks. Dieses ist so ausgebildet, dass über eine Gelenkstruktur die Bewegung des Endes des Lichtwellenleiters so gesteuert wird, dass der Lichtstrahl
5 stets durch den festen Punkt läuft. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Verwendung eines Kugelschalenelements, auf dem ein Kugelstück so bewegt wird, dass eine Seite stets auf den Punkt im Raum zeigt.

10 Eine bevorzugte Möglichkeit für das Winkelstellelement besteht darin, eine Goniometerstufe zu verwenden. Mithilfe der Goniometerstufe wird das Ende des Lichtwellenleiters auf einer gekrümmten Linie bewegt und dabei geschwenkt, sodass die Bewegung letztlich der linearen Bewegung auf einer Kugelober-
15 fläche entspricht. Der Lichtstrahl bleibt dabei stets auf den virtuellen Mittelpunkt dieser Kugel gerichtet. Der virtuelle Mittelpunkt wird dabei so gesetzt, dass er gerade auf dem Ende des weiteren Lichtwellenleiters oder der Linsenoberfläche des Linsenkollimators am Ende des weiteren Lichtwellenleiters
20 liegt.

Besonders bevorzugt werden zwei gekoppelte Goniometerstufen verwendet. Diese wirken dabei im rechten Winkel zueinander und erlauben es somit, dass das Ende des Lichtwellenleiters
25 in einer gekrümmten Fläche bewegt und dabei geschwenkt wird, sodass die Bewegung letztlich der Bewegung auf einem Ausschnitt einer Kugeloberfläche entspricht. Der Lichtstrahl bleibt dabei stets auf den virtuellen Mittelpunkt dieser Kugel gerichtet. Der virtuelle Mittelpunkt wird dabei wieder so
30 gesetzt, dass er gerade auf dem Ende des weiteren Lichtwellenleiters oder der Linsenoberfläche des Linsenkollimators am Ende des weiteren Lichtwellenleiters liegt. Hierdurch wird besonders vorteilhaft ermöglicht, im Rahmen des Winkelbereichs, den die Goniometerstufen überstreichen können, jede
35 Ausrichtung des weiteren Lichtwellenleiters korrigieren zu können. Anders ausgedrückt kann der Lichtstrahl in jedem Fall parallel ausgerichtet werden zum Ende des weiteren Lichtwellenleiters bzw. der Achse des Empfangskollimators, sofern

diese nicht zu stark verdreht gegenüber dem ausstrahlenden Lichtwellenleiter ist.

5 Bevorzugt ist am Ende des ausstrahlenden Lichtwellenleiters ein Linsenkollimator bekannter Bauart vorgesehen.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist zusätzlich ein Linearstellelement vorgesehen. Dieses bewirkt eine Parallelverschiebung der Ausstrahlrichtung und des
10 Punkts im Raum in einer oder zwei Richtungen senkrecht zur Ausstrahlrichtung. Damit kann der Punkt im Raum an die Lage des weiteren Lichtwellenleiters oder des Empfangskollimators angepasst werden, ohne dabei aber die Strahlrichtung, also den Einstrahlwinkel zu verändern.

15

Bevorzugter Einsatzort der beschriebenen Einrichtung ist eine Maschine, bei der ein erstes Element und ein relativ zum ersten Element drehend oder auch linear bewegtes zweites Element vorhanden sind. Auf einem der Elemente ist dann eine vorbe-
20 schriebene Einrichtung vorgesehen. Zweckmäßig ist auf dem anderen Element ein weiterer Lichtwellenleiter zur Weiterleitung von aus der Einrichtung einfallendem Licht vorgesehen. Dabei ist es zweckmäßig, wenn auch das Ende des weiteren Lichtwellenleiters auf dem zweiten Element einen Linsenkollimator, nämlich den Empfangskollimator, aufweist.
25

Die Einrichtung zur gerichteten Abgabe und/oder Empfang eines Lichtstrahls kann auch auf beiden Elementen vorgesehen sein. So kann beispielsweise auf dem einen Element ein Winkelstelle-
30 element für eine erste Richtung und auf dem anderen Element ein Winkelstellelement für eine senkrecht zur ersten Richtung stehende zweite Richtung vorgesehen sein.

Zweckmäßig ist es, wenn das Element, das relativ zur Umgebung
35 der Maschine in Ruhe ist, eine Einrichtung zur gerichteten Abgabe und/oder Empfang eines Lichtstrahls aufweist, bei der zwei Goniometerstufen vorgesehen sind und das Element, das

sich relativ zur Umgebung der Maschine dreht, lediglich einen Empfangskollimator.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird ein
5 Wert ermittelt wird, der den Anteil an übertragener Leistung
vom Lichtwellenleiter in den zweiten Lichtwellenleiter reprä-
sentiert, und, sofern der Wert einen festlegbaren Schwellwert
durchschreitet, eine Korrektur der Ausstrahlrichtung mittels
10 des Winkelstellelements vorgenommen wird. Anders ausgedrückt,
wird durch eine Regelung überprüft, ob die Ausrichtung des
Lichtstrahls noch optimal ist oder die übertragene Leistung
gegenüber dem optimalen Wert abgenommen hat und ggfs. die
Ausrichtung nachkorrigiert. Hierdurch kann auch bei einer Ma-
15 schine, die starken mechanischen Belastungen unterliegt und
bei der daher die Ausrichtung mit der Zeit nachlassen kann,
eine optimale optische Kopplung gewährleistet werden.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn der weitere Lichtwellen-
leiter mit wenigstens einem Sensor für eine physikalische
20 Größe verbunden ist oder einen solchen Sensor selbst auf-
weist. Für Letzteres kann der weitere Lichtwellenleiter bei-
spielsweise ein oder mehrere Faser-Bragg-Gitter (FBG) aufwei-
sen, über die eine Messung von Temperatur oder mechanischer
Belastung durchführbar ist. Zur Auslesung eines FBG-Sensors
25 kann beispielsweise ein Lichtstrahl bekannten Spektrums auf
dem ruhenden Teil der Maschine in den Lichtwellenleiter ein-
gespeist werden. Über die beschriebene Einrichtung wird der
Lichtstrahl in den weiteren Lichtwellenleiter auf einem sich
drehenden Maschinenteil übertragen. Letzteres passiert natür-
30 lich nur zu den Zeiten, an denen der weitere Lichtwellenlei-
ter im Zuge der Drehbewegung an der Einrichtung vorbeizieht.
Der Lichtstrahl wird am FBG-Sensor teilweise reflektiert und
tritt somit über die Einrichtung wieder zurück in den Licht-
wellenleiter auf dem ruhenden Maschinenelement. Dort kann die
35 Reflektion ausgewertet werden.

Über die Einrichtung wird sichergestellt, dass eine ausrei-
chende Lichtleistung zwischen den Lichtwellenleitern ausge-

tauscht wird, und zwar einmal nach dem ersten Aufbau der Maschine. Die Justage an sich kann dabei per Motoren oder manuell erfolgen. Andererseits ist bei entsprechender Ausgestaltung auch eine Nachjustage im Betrieb der Maschine möglich,
5 dann zweckmäßig über entsprechende Aktoren.

Bei der elektrischen Maschine kann es sich beispielsweise um einen Generator handeln. Dann ist das erste Element ein Stator und das zweite Element ein Rotor.
10

Daneben kann es sich bei der Maschine auch um eine Turbinenanlage, beispielsweise eine Gasturbine oder eine Dampfturbine handeln. Bei der Maschine kann es sich auch um andere Typen von Turbinen, die nicht notwendigerweise der Stromerzeugung
15 dienen, handeln.

Bevorzugte, jedoch keinesfalls einschränkende Ausführungsbeispiele für die Erfindung werden nunmehr anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei sind die Merkmale schematisiert dargestellt und sich entsprechende Merkmale sind mit gleichen Bezugszeichen markiert. Die Figuren zeigen dabei im Einzelnen
20

Figur 1 eine Turbinenanlage mit optischen Sensoren
Figur 2 eine Justagevorrichtung
25

Figur 1 stellt stark schematisiert einen für die optische Sensorik relevanten Teil einer Gasturbinenanlage 1 dar. Die Gasturbinenanlage 1 weist ein stationäres Gehäuse 2 und eine im Gehäuse rotierend angebrachte Laufschaufel 3 auf. Die
30 Laufschaufel 3 ist mit einer Reihe von Faser-Bragg-Gitter-Sensoren 13...15 versehen. Diese dienen dazu, die Temperatur an verschiedenen Orten der Laufschaufel 3 zu bestimmen. Durch die verteilte Temperaturmessung können Überbeanspruchungen der Laufschaufel 3 schnell und sicher detektiert werden, wodurch die Lebensdauer der Laufschaufel 3 und somit der Gasturbinenanlage 1 erhöht werden.
35

Die hier beispielhaft gezeigten drei Faser-Bragg-Gitter-Sensoren 13...15 werden - ebenfalls beispielhaft - über eine Monomode-Glasfaser 12 angesprochen, befinden sich also auf der gleichen Faser. Wie allgemein bekannt, können die Bragg-Gitter der Faser-Bragg-Gitter-Sensoren 13...15 so gestaltet werden, dass sie auf unterschiedliche Wellenlängen ansprechen und somit sich gegenseitig nicht behindern, also anders ausgedrückt, eine gleichzeitige Auslesung problemlos möglich ist.

10

Um einen Sensorwert von einem der Faser-Bragg-Gitter-Sensoren 13...15 abzufragen, wird bekanntermaßen zweckmäßig ein Lichtstrahl mit einem breiten Spektrum in die Monomode-Glasfaser 12 eingekoppelt. Der Lichtstrahl wird dann an jedem der Faser-Bragg-Gitter-Sensoren 13...15 teilweise reflektiert, wobei der reflektierte Anteil durch den Reflektionsbereich 16...18 jedes der Faser-Bragg-Gitter-Sensoren 13...15 festgelegt wird. Da die Laufschaufel 3 extremen mechanischen und thermischen Belastungen unterliegt, wird der gesamte Rest der Sensorik, also alles außer der Monomode-Glasfaser 12 mit den Faser-Bragg-Gitter-Sensoren 13...15, außerhalb der Laufschaufel 3 untergebracht, also im stehenden Gehäuse 2.

15

20

25

Im Gehäuse 2 ist daher eine Lichtquelle 4, beispielsweise eine Leuchtdiode, oder SLED (Superlumineszenzdiode) vorgesehen. Diese erzeugt ein zweckmäßig relativ breites Lichtspektrum, das in eine Glasfaser 7 eingekoppelt wird. Im Bereich des Spaltes zwischen dem ruhenden Gehäuse 2 und der bewegten Laufschaufel 3 wird über einen gehäuseseitigen Linsenkollimator 8, der die Glasfaser 7 abschließt, ein freier Lichtstrahl 10 erzeugt. Dieser läuft zum laufschaufelseitigen Linsenkollimator 11, der den Lichtstrahl 10 in die Monomode-Glasfaser 12 einkoppelt.

30

35

Nach einer Reflektion auf der Laufschaufel 3 läuft der Rest vom erzeugten Lichtstrahl den gleichen Weg zurück, also über den laufschaufelseitigen Linsenkollimator 11 als Lichtstrahl 10 zum gehäuseseitigen Linsenkollimator 8. Bei einem Splitter

6 wird der rücklaufende Lichtstrahl zu einem Spektrometer 19 abgezweigt, in dem eine Auswertung des Spektrums durchgeführt wird, woraus wiederum die Messwerte für beispielsweise die Temperatur oder eine mechanische Belastung generiert werden.

5

Um verlässliche und genaue Messwerte zu erzeugen, ist es vorteilhaft, wenn eine optimale optische Kopplung zwischen der Monomode-Glasfaser 12 und der Glasfaser 7 besteht. Das bedeutet, dass ein möglichst großer Anteil der von der Lichtquelle 4 erzeugten Lichtleistung über den Spalt zwischen Gehäuse 2 und Laufschaufel 3 in die Monomode-Glasfaser 12 übertragen werden sollte und umgekehrt auch ein möglichst großer Anteil der in den Faser-Bragg-Gitter-Sensoren 13...15 reflektierten Lichtleistung wieder in die Glasfaser 7 und somit ins
15 Spektrometer 19 fallen sollte.

Hierzu wird im Folgenden davon ausgegangen, dass eine entsprechende Justage auf der Seite des Gehäuses 2 vorgenommen wird. Dies ist aber nur beispielhaft zu verstehen. Die Justage mit der dazugehörigen Einrichtung kann ebenso gut auf Seiten der Laufschaufel 3 angebracht werden oder sogar verteilt werden auf Gehäuse 2 und Laufschaufel 3.
20

Die Justage beinhaltet zweckmäßig eine richtige Einstellung von vier Freiheitsgraden, die untereinander natürlich nicht unabhängig sind. Zum Einen muss der Lichtstrahl 10 in den laufschaufelseitigen Linsenkollimator 11 fallen, d.h. der Auftreffpunkt auf dem laufschaufelseitigen Linsenkollimator 11 muss in einer gedachten Ebene senkrecht zur Achse des laufschaufelseitigen Linsenkollimator 11 richtig eingestellt werden, was zwei Freiheitsgraden entspricht.
25
30

Im gegenwärtigen Beispiel wird dies als erstes durch eine entsprechende Vorjustage gewährleistet. Hierzu können beispielsweise Stellschrauben vorgesehen sein, mit denen manuell der Ausstrahlpunkt, also die Lage des gehäuseseitigen Linsenkollimators 8 eingestellt werden kann. Die Genauigkeit muss hier im gegebenen Beispiel aber nur etwa 0,5 mm betragen.
35

Ist der Auftreffpunkt 25 richtig eingestellt, müssen die zwei weiteren Freiheitsgrade passend eingerichtet werden. Diese bestehen im richtigen Einstrahlwinkel. Dieser ist dann optimal, wenn der Lichtstrahl 10 gerade parallel zum laufschaufelseitigen Linsenkollimator 11 bzw. zum Ende der Monomode-Glasfaser 12 ist. Für diese Einrichtung kommt die in Figur 1 nur angedeutete und in Figur 2 genauer gezeigte Justagevorrichtung 9 zum Einsatz.

10

Figur 2 zeigt den laufschaufelseitigen Linsenkollimator 11, auf dessen Mitte der freie Lichtstrahl 10 trifft. Ebenfalls ist in Figur 2 die Monomode-Glasfaser 12 mit den Faser-Bragg-Gitter-Sensoren 13...15 angedeutet. Der Lichtstrahl 10 geht vom gehäuseseitigen Linsenkollimator 8 auf der Seite des Gehäuses 2 aus.

15

Der gehäuseseitige Linsenkollimator 8 ist auf einer Goniometer-Einrichtung 21 angebracht. Die Goniometer-Einrichtung 21 weist zwei Goniometer-Stufen auf und erlaubt eine Verstellung des freien Lichtstrahls 10 im Justage-Bereich 24. Zur Verstellung des Winkels, also zur Einstellung der Goniometer-Einrichtung 21 ist an deren Seite eine Stellschraube 23 vorgesehen. Da dabei die Goniometer-Einrichtung 21 eine Bewegung des gehäuseseitigen Linsenkollimator 8 auf einer Kugeloberfläche erzwingt, fällt der Lichtstrahl 10 stets zentral in den laufschaufelseitigen Linsenkollimator 11. Über die Goniometer-Einrichtung 21 und eine weitere, in Figur 2 aus Übersichtsgründen nicht dargestellte weitere Goniometer-Stufe lässt sich daher der Lichtstrahl 10 so einstellen, dass er parallel zum Ende der Monomode-Glasfaser 12 bzw. zur Achse des laufschaufelseitigen Linsenkollimator 11 ist und somit eine optimale optische Kopplung gewährleistet ist. Da der Lichtstrahl 10 stets parallel zum Ende der Monomode-Glasfaser 12 oder der Glasfaser 7 ausgesandt wird, gilt die optimale Kopplung dann auch für die Rückrichtung, in der die reflektierten Anteile des von der Lichtquelle 4 ausgesandten Lichts

20

25

30

35

den Abstand zwischen Gehäuse 2 und Laufschaufel 3 überbrücken müssen.

Die Goniometer-Einrichtung 21 oder die beiden Goniometer-
5 Stufen 21 sorgen also bei bereits vorgegebener Positionierung des Auftreffpunkts 25 für eine Einstellung des Einfallwinkels, wodurch die in die jeweils andere Faser 7, 12 eingekoppelte optische Leistung maximiert wird.

10 Die in diesem Beispiel beschriebene manuelle Einstellung und Justage vom Auftreffpunkt 25 und Einstrahlwinkel über die Goniometer-Einrichtung 21 macht den Aufbau einfach und wenig anfällig. Dafür kann die optimale Einstellung nur manuell, d.h. im Zuge des Aufbaus der Gasturbinenanlage 1 oder bei
15 einer Wartung vorgenommen werden. Eine weitergehende Alternative, d.h. ein zweites Ausführungsbeispiel besteht daher darin, Motoren zu verwenden, die eine automatisierte Einstellung ermöglichen. Der Aufbau der Justagevorrichtung 9 ist dann komplexer, erlaubt aber eine Einstellung ohne manuellen Ein-
20 griff in die Gasturbinenanlage 1.

Im zweiten Ausführungsbeispiel kommt weitgehend der gleiche Aufbau zum Einsatz wie beim ersten Ausführungsbeispiel. Es wird ein lineares Stellelement im Bereich des gehäuseseitigen
25 Linsenkollimators 8 verwendet, das über Motoren eine Verstellung des Auftreffpunkts 25 ohne gleichzeitige Veränderung des Einstrahlwinkels erlaubt. Gleichzeitig werden bei beiden Goniometer-Stufen 21 ebenfalls Stellmotoren eingesetzt, die wiederum eine Verstellung des Einstrahlwinkels ohne gleich-
30 zeitige Veränderung des Auftreffpunkts 25 erlauben. Bei entsprechender Anbindung und Steuerung der Stellmotoren kann somit von außerhalb der Gasturbinenanlage 1 eine optimale optische Kopplung eingestellt werden. Im Prinzip geht dies auch im laufenden Betrieb der Anlage.

35

Dabei ist es zweckmäßig, wenn beim Aufbau der Anlage die bestmögliche optische Kopplung bestimmt wird, die der Aufbau der Gasturbinenanlage 1 erlaubt. Dies kann manuell geschehen.

Alternativ können maschinengesteuert der Winkelbereich der Goniometer-Stufe(n) 21 und der Bereich an Auftreffpunkten 25 abgetastet werden und so automatisiert festgestellt werden, bei welchen Einstellungen eine optimale Kopplung vorliegt.

5 Diese Einstellungen und/oder die dann vorliegende Dämpfung bei zweimaligem Durchtritt durch die freie Lichtstrecke können beispielsweise gespeichert werden.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Aufbau gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel verwendet wird, um eine closed-loop-Regelung zu verwenden. Bei dieser wird automatisch geprüft, ob sich die Dämpfung im Laufe des Betriebs verschlechtert. Ist das der Fall, kann maschinengesteuert versucht werden, durch eine Variation der Einstellungen für das lineare Stellglied und/oder die Goniometer-Stufen 21 wieder den optimalen Dämpfungswert, also die bestmögliche Kopplung zu erreichen.

10

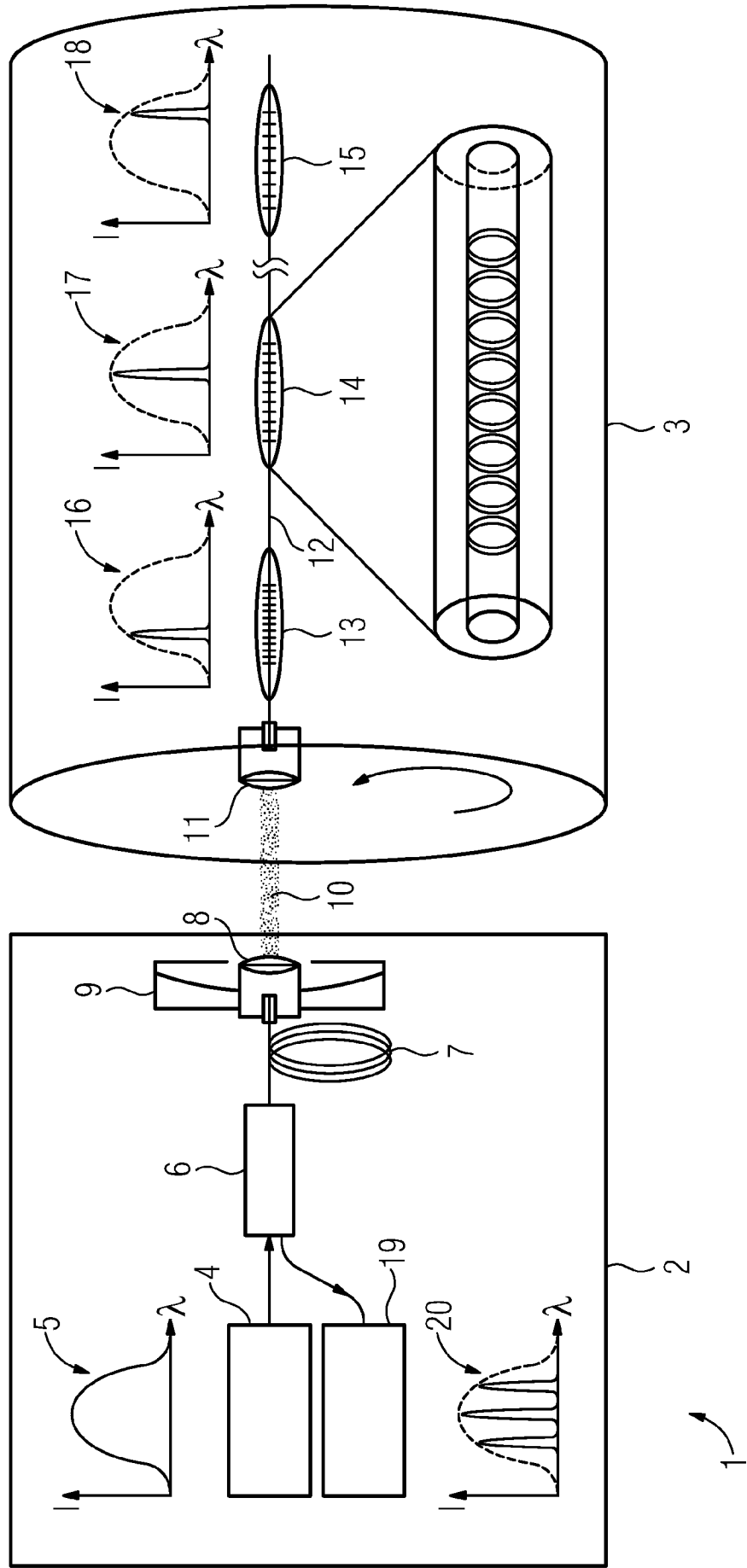
15

Patentansprüche

1. Einrichtung zur gerichteten Abgabe und/oder Empfang eines Lichtstrahls (10) mit:
- 5 - einem Winkelstellelement (21) und
- einem mit dem Winkelstellelement (21) verbundenen Lichtwellenleiter (7), der im Bereich des Winkelstellelements (21) endet und durch ihn geleitetes Licht abgibt,
wobei das Winkelstellelement (21) so ausgestaltet ist, dass
10 es eine Festlegung der Ausstrahlrichtung des Lichtstrahls (10) erlaubt, wobei bei wenigstens einem Teil der möglichen Ausstrahlrichtungen der Lichtstrahl (10) durch einen festgelegten und von der Ausstrahlrichtung unabhängigen Punkt (25) im Raum verläuft, wobei der Punkt (25) außerhalb der Einrichtung
15 liegt.
2. Einrichtung gemäß Anspruch 1, bei der das Winkelstellelement (21) aus einer Goniometerstufe besteht.
- 20 3. Einrichtung gemäß Anspruch 1, bei der das Winkelstellelement (21) aus zwei Goniometerstufen besteht, wobei durch die Goniometerstufen das Ende des Lichtwellenleiters (7) auf einem Ausschnitt einer Kugeloberfläche bewegbar ist.
- 25 4. Einrichtung gemäß Anspruch 1, bei der das Winkelstellelement (21) als Kugelgelenk realisiert ist, wobei durch das Kugelgelenk das Ende des Lichtwellenleiters (7) auf einem Ausschnitt einer Kugeloberfläche bewegbar ist.
- 30 5. Einrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei der im Bereich des Endes des Lichtwellenleiters (7) ein Kollimator (8, 11) vorgesehen ist.
6. Einrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, bei
35 der zusätzlich ein Linearstellelement vorgesehen ist, dass eine Parallelverschiebung der Ausstrahlrichtung und des Punkts (25) im Raum in einer oder zwei Richtungen senkrecht zur Ausstrahlrichtung ermöglicht.

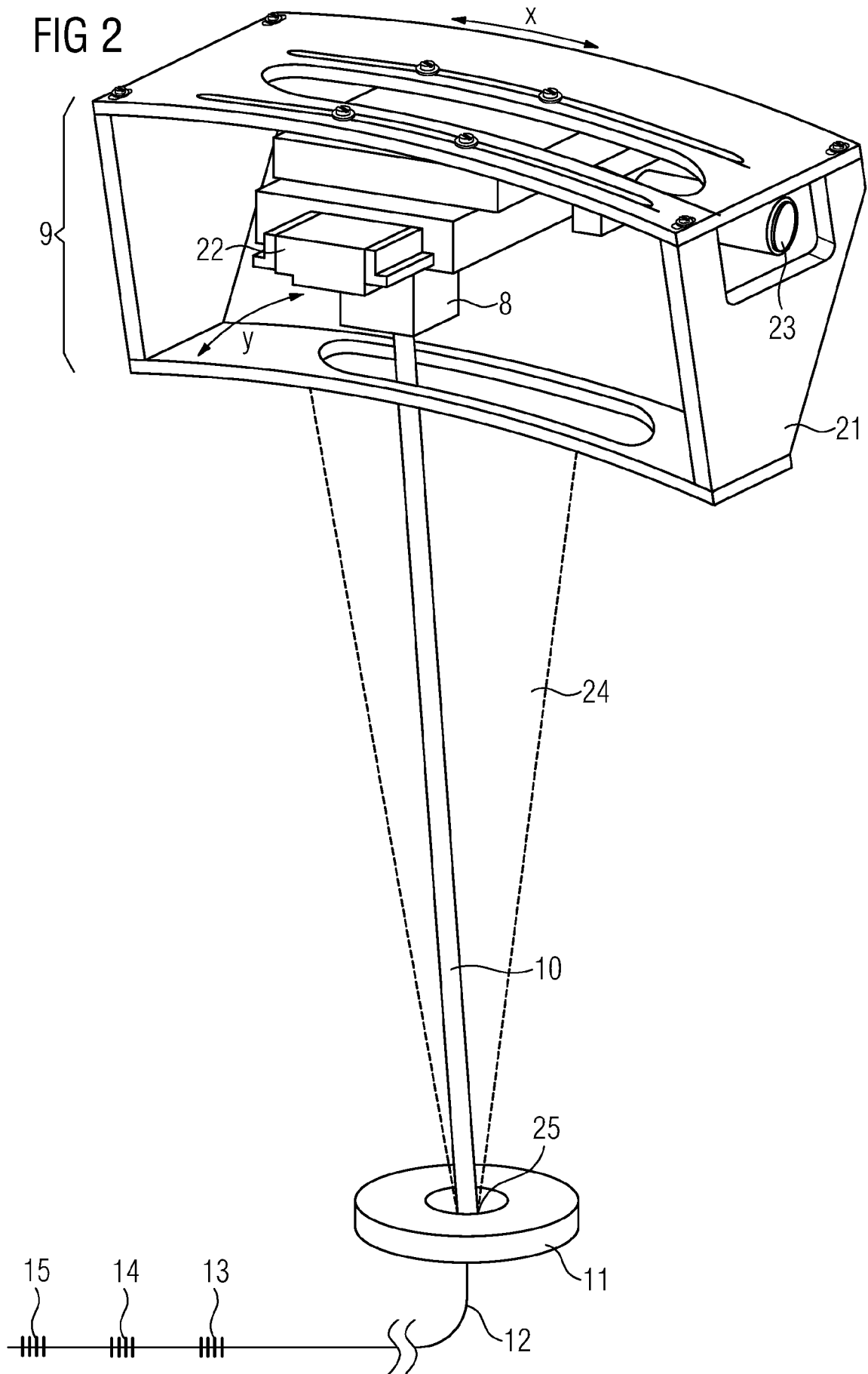
7. Maschine (1) mit einem ersten Element (2) und einem relativ zum ersten Element drehend bewegten zweiten Element (3), wobei auf einem der Elemente eine Einrichtung gemäß einem der vorangehenden Ansprüche vorgesehen ist und wobei auf dem anderen Element ein weiterer Lichtwellenleiter (12) zur Weiterleitung von aus dem einen Element einfallendem Licht (10) vorgesehen ist.
- 5
- 10 8. Maschine (1) gemäß Anspruch 7, bei der auf dem zweiten Element (3) das Ende des weiteren Lichtwellenleiters (12) einen Kollimator (11) aufweist.
9. Maschine (1) gemäß Anspruch 7, bei der auch auf dem anderen Element eine Einrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6 vorgesehen ist.
- 15
10. Maschine (1) gemäß einem der Ansprüche 7 bis 9, bei der ein Wert ermittelt wird, der den Anteil an übertragener Leistung vom Lichtwellenleiter (7) in den zweiten Lichtwellenleiter (12) repräsentiert, und, sofern der Wert einen festlegbaren Schwellwert durchschreitet, eine Korrektur der Ausstrahlrichtung mittels des Winkelstellelements (21) vorgenommen wird.
- 20
- 25 11. Maschine (1) gemäß einem der Ansprüche 7 bis 10, bei der der zweite Lichtwellenleiter (12) mit wenigstens einem Sensor (13...15) für eine physikalische Größe verbunden ist oder einen solchen Sensor (13...15) aufweist.
- 30
12. Elektrische Maschine gemäß einem der Ansprüche 7 bis 11, bei der das erste Element ein Stator und das zweite Element ein Rotor ist.
- 35 13. Turbinenanlage (1) einem der Ansprüche 7 bis 11, bei der das erste Element ein Teil des Gehäuses (2) ist und das zweite Element ein Teil einer Turbinenschaufel (3) ist.

FIG 1



2/2

FIG 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/064921

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G02B6/36 ADD. G01D5/26 G01L1/24		
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) G02B G01D G01L H02K		
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		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/129491 A1 (BOTOS STEPHEN J [US] ET AL) 19 September 2002 (2002-09-19) paragraphs [0001], [0002] paragraph [0013] paragraph [0032]; figure 10	1-12
A	DE 102 41 428 A1 (SIEMENS AG [DE]) 25 March 2004 (2004-03-25) figure 6	5,7-13
X	WO 96/07118 A (LITTON SYSTEMS INC [US]) 7 March 1996 (1996-03-07) figures 14,15	1,2
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 30 Januar 2009		Date of mailing of the international search report 12/02/2009
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Bourhis, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/064921

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2003/063870 A1 (REIS EUGENE E [US]) 3 April 2003 (2003-04-03) paragraph [0013] - paragraph [0016]; figure 2 paragraph [0021] - paragraph [0024]	1, 4-6
A	M. SEAVER ET AL.: "strain measurements from FBG's embedded in rotating composite propeller blades" PROCEEDINGS OF OSA/OFS 2006, 23 October 2006 (2006-10-23), - 27 October 2006 (2006-10-27) pages THD2-1-THD2-4, XP002512784 pages THD2-1 pages THD2-3	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2008/064921

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002129491 A1	19-09-2002	US 2002129492 A1	19-09-2002
DE 10241428 A1	25-03-2004	NONE	
WO 9607118 A	07-03-1996	AU 3415995 A	22-03-1996
		CA 2199423 A1	07-03-1996
		DE 69523768 D1	13-12-2001
		DE 69523768 T2	01-08-2002
		EP 0778957 A2	18-06-1997
		JP 3853841 B2	06-12-2006
		JP 10505919 T	09-06-1998
US 2003063870 A1	03-04-2003	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/064921

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G02B6/36

ADD. G01D5/26 G01L1/24

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G02B G01D G01L H02K

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2002/129491 A1 (BOTOS STEPHEN J [US] ET AL) 19. September 2002 (2002-09-19) Absätze [0001], [0002] Absatz [0013] Absatz [0032]; Abbildung 10	1-12
A	DE 102 41 428 A1 (SIEMENS AG [DE]) 25. März 2004 (2004-03-25) Abbildung 6	5,7-13
X	WO 96/07118 A (LITTON SYSTEMS INC [US]) 7. März 1996 (1996-03-07) Abbildungen 14,15	1,2
X	US 2003/063870 A1 (REIS EUGENE E [US]) 3. April 2003 (2003-04-03) Absatz [0013] - Absatz [0016]; Abbildung 2 Absatz [0021] - Absatz [0024]	1,4-6
	-/--	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
30. Januar 2009	12/02/2009
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Bourhis, J

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>M. SEAYER ET AL.: "strain measurements from FBG's embedded in rotating composite propeller blades" PROCEEDINGS OF OSA/OFS 2006, 23. Oktober 2006 (2006-10-23), - 27. Oktober 2006 (2006-10-27) Seiten THD2-1-THD2-4, XP002512784 Seiten THD2-1 Seiten THD2-3</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/064921

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2002129491 A1	19-09-2002	US 2002129492 A1	19-09-2002
DE 10241428 A1	25-03-2004	KEINE	
WO 9607118 A	07-03-1996	AU 3415995 A	22-03-1996
		CA 2199423 A1	07-03-1996
		DE 69523768 D1	13-12-2001
		DE 69523768 T2	01-08-2002
		EP 0778957 A2	18-06-1997
		JP 3853841 B2	06-12-2006
		JP 10505919 T	09-06-1998
US 2003063870 A1	03-04-2003	KEINE	