(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
3. August 2006 (03.08.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/079466 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01N 21/35 (2006.01) *G01K 11/32* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/000357

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. Januar 2006 (17.01.2006)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2005 003 989.8 28. Januar 2005 (28.01.2005) DE
10 2005 004 293.7 28. Januar 2005 (28.01.2005) DE
10 2005 010 216.6 5. März 2005 (05.03.2005) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **BAYER TECHNOLOGY SERVICES GMBH** [DE/DE]; 51368 Leverkusen (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **BORCHERS, Wolfgang** [DE/DE]; Gerstenkamp 6, 51061 Köln (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **BAYER TECHNOLOGY SERVICES GMBH**; Law And Patents, Patents And Licensing, 51368 Leverkusen (DE).

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

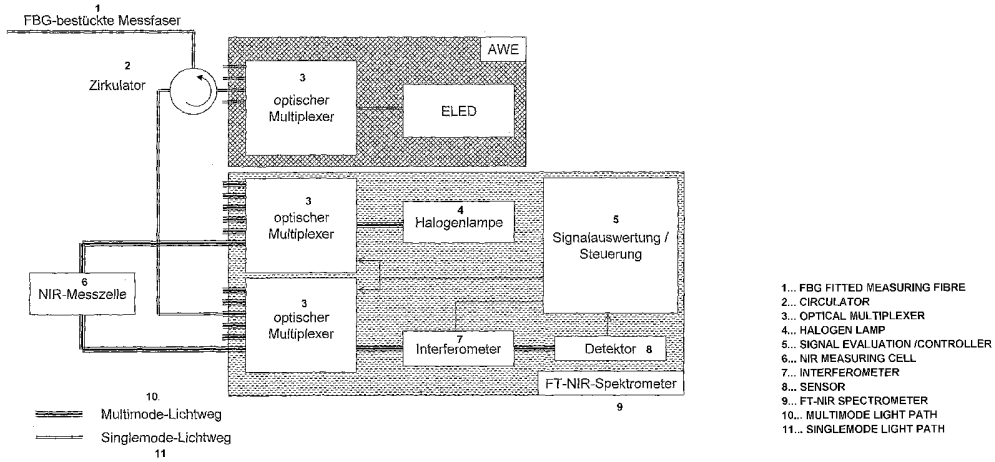
(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,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

Veröffentlicht:
— *mit internationalem Recherchenbericht*

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

(54) **Title:** TECHNICAL DEVICE COMBINATION FOR MEASURING MATERIAL CONCENTRATION AND TEMPERATURE PROFILE BASED ON FIBRE BRAGG GRATINGS IN OPTICAL FIBRES

(54) **Bezeichnung:** APPARATETECHNISCHE KOMBINATION EINER NIR-STOFFKONZENTRATIONSMESSUNG MIT EINER AUF FASER-BRAGG-GITTERN IN GLASFASERN BERUHENDEN TEMPERATURPROFILMESSUNG



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for combining devices for measuring material concentrations NIR associated with a spectroscopic evaluation of glass fibres and fitted with fibre Bragg gratings (FBG) for measuring temperature profiles.

(57) **Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur apparatetechnischen Kombination von NIR- Stoffkonzentrationsmessungen mit der spektroskopischen Auswertung von Glasfasern, bestückt mit Faser-Bragg-Gittern (FBG) zur Messung von Temperaturprofilen.

WO 2006/079466 A1

Apparatetechnische Kombination einer NIR-Stoffkonzentrationsmessung mit einer auf Faser-Bragg-Gittern in Glasfasern beruhenden Temperaturprofilmessung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur apparatetechnischen Kombination von NIR-Stoffkonzentrationsmessungen mit der spektroskopischen Auswertung von Glasfasern, bestückt mit Faser-Bragg-Gittern (FBG) zur Messung von Temperaturprofilen.

Üblicherweise werden zur Online-Messung von Stoffkonzentrationen in komplexen stofflichen Gemischen in chemisch-pharmazeutischen Anlagen Fourier-Transform-Nah-Infrarot (FT-NIR) Spektrometer eingesetzt. (s. PROCESS, 4/2003 „Bessere Daten für effizientere Prozesse). Diese Geräte gibt es heute in prozesstauglichen Ausführungen mit optischem Multiplexer für die Bedienung mehrerer optischer Sonden (z.B. Fa. Bruker, Matrix-F). Die wesentlichen optischen Komponenten sind in diesen Spektrometern integriert (Lichtquelle, Interferometer, Detektor, Referenzlaser für die Wellenlängenkalibrierung des Interferometers). Um ein gutes Signal-zu-Rausch-Verhältnis zu erhalten, werden zur Prozessankopplung Multimode-Glas-Glasfasern (MM-Glasfasern) mit großem lichttragenden Querschnitt (mehrere 100 µm) verwendet. Die Spektrometer selbst sind hochauflösend und decken eine große spektrale Bandbreite ab (ca. 800 nm bis 2,5 µm).

Für die Temperaturprofilmessung mittels FBG-bestückter Glasfasern [s. DE 0403132404 A bzw. zur FBG-Technologie s. R. Kashyap, „Fiber Bragg Gratings", Academic Press, 458 (1999), www.inventivefiber.com.sg/FBG.html, K.O. Hill et Al:, Appl. Phys. Lett. 32, p647 (1978)], die schon prinzipbedingt auf der Verwendung von vergleichsweise lichtschwachen Single-Mode-Glasfasern (SM-Glasfasern) beruht, haben die optischen Komponenten deutlich andere Eigenschaften als bei der stofflichen Konzentrationsmessung über die FT-NIR-Spektroskopie. Da die Anwendung der FBG-Technologie ursprünglich und in weit überwiegendem Ausmaß in der optischen Nachrichtenübertragung liegt, sind die entsprechenden optischen Komponenten auch speziell auf die Belange dieser Technologie abgestimmt. Eingesetzt werden für gewöhnlich schmalbandige, hochauflösende Diodenarray-Spektrometer oder scannende Laserlichtquellen oder Faserspektrometer. Die Lichtquellen sind den Spektrometern angepasst (SLED's (Superluminescent Light Emitting Diode) oder scannende Laserquellen) und verfügen über typische Bandbreiten von einigen zehn Nanometern.

Beide Technologien (FT-NIR zur Stoffkonzentrationsbestimmung und die Spektroskopie an FBG-bestückten Glasfasern) haben einen Überlapp im verwendeten Spektralbereich und in der möglichen Anwendung in chemisch-pharmazeutischen Apparaten, in Apparaten der Petrochemie, insbesondere Raffinerien bzw. in Apparaten der Nahrungsmittel verarbeitenden Industrie. (Reaktoren, Kolonnen (z.B. zur Destillation, Extraktion oder zum Trocknen), Kristaller, Trockner,

Öfen, speziell mikrowellenbeheizte oder Induktionsöfen) Dies lässt den Wunsch nach einer gemeinsamen Gerätebasis entstehen.

Ausgehend vom Stand der Technik stellte sich somit die Aufgabe, die optischen Komponenten bzw. deren Zusammenstellung so zu modifizieren, dass beide Messsonden (Prozesslichtschranken für Konzentrationsmessungen und FBG-bestückte Glasfasern für Temperaturmessungen) mit der gleichen Gerätebasis, vorzugsweise im optischen Multiplex, bedient werden können.

Die apparative Kombination von FT-NIR-Spektroskopie mit der spektroskopischen Auswertung von FBG bestückten Glasfasern ist im Stand der Technik nirgends erwähnt.

Überraschend wurde nun gefunden, dass mit einer speziellen Konfiguration der optischen Komponenten und unter Umständen bei Verwendung spezieller zusätzlicher Lichtquellen, die kombinierte Spektroskopie an Stoffgemischen und an FBG-bestückten Glasfasern möglich ist. Zur Durchführung der vorliegenden Erfindung können dabei die aus dem Stand der Technik hinreichend bekannten und kommerziell erhältlichen Geräte, Glasfasern etc. (s.o. Stand der Technik) eingesetzt werden.

Die erfindungsgemäße spektroskopische Anordnung besteht daher aus mindestens einer Lichtquelle für FBG-Fasern und NIR-Messzelle, mindestens eines optischen Multiplexers zur Aufschaltung der Messstrecke auf das Spektrometer, mindestens einer FBG-Faser und mindestens einer Glasfaser für die NIR-Spektroskopie, einem Interferometer, einem Detektor und einer Signalauswertung/Steuerung, wobei einige dieser Bauteile auch bereits in komplexeren Bauteilen (z.B. FT-NIR-Spektrometer) zusammengefasst sein können.

Damit ist es jetzt möglich mit nur einem Spektrometer zwei verschiedenartige Messaufgaben an Apparaten der chemisch-pharmazeutischen Industrie zu bedienen. Durch die optische Multiplexfähigkeit können mit einem Spektrometer mehrere, insbesondere auch verschiedenartige Messaufgaben quasi simultan bedient werden. Dies ist ein erheblicher Beitrag zur Kostensenkung für die einzelne Messstelle, zumal auch nur ein Zugang zum Prozessleitsystem erforderlich ist. Dabei kann es durchaus sinnvoll sein, die erfindungsgemäße apparative Kombination auch dann zu nutzen, wenn die Messung von Stoffkonzentrationen und die Messung von Temperaturen mit Faser-Bragg-Gittern in verschiedenen Apparaten stattfindet.

Der besondere Vorteil dieser Methode für die FBG-Temperaturmessung – bedingt durch die große spektrale Akzeptanz des Analysators und die spektral breite Lichtquelle - ist auch, dass die spektrale Verteilung der FBG auf einem Glasfaserstrang mit größeren spektralen Abständen erfolgen kann, so dass die mögliche spektrale Änderung hervorgerufen durch Temperaturänderungen nicht

so schnell zu einem spektralen Überlapp mit einem anderen FBG auf der Faser führt. Alternativ oder auch ergänzend kann dieser Vorteil auch genutzt werden um mehr FBG auf eine Faser zu schreiben, ohne dass sich die Einzel-Spektren der FBG bei Temperaturvariationen überlappen.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein FT-NIR-Spektrometer in einer Anordnung wie in Schema 1 dargestellt verwendet. Das Interferometer befindet sich im optischen Weg zwischen Zirkulator und Detektor. Auf diese Art und Weise kann für jede der beiden spektroskopischen Methoden ein separater Beleuchtungsweg mit den für die jeweilige Spektroskopie optimalen Komponenten aufgebaut werden. Gegenüber der üblichen apparativen Ausstattung von Mehrkanal-FT-NIR-Spektrometern mit zwei synchronisiert betriebenen Multi-Mode-Multiplexern ist im erfindungsgemäßen Verfahren ein zusätzlicher Single-Mode-Multiplexer vorgesehen, der ebenfalls mit den beiden anderen Multiplexern synchron betrieben wird. Die Verschaltung der Multiplexer wird dabei so gesteuert, dass der auf den Eingang des Interferometers aufgeschaltete Messkanal auch mit der entsprechenden Lichtquelle versorgt wird. Die Gesamtanzahl möglicher Messstrecken (NIR-Messsonden bzw. FBG-bestückte Glasfasern) wird dabei nur durch die Anzahl der Eingangskanäle des Multiplexers vor dem Eingang des Interferometers begrenzt.

Für die Lichtquellen zur NIR-Spektroskopie (Stoffkonzentrationsbestimmung) lassen sich die dort üblichen Quellen (z.B. Halogenlampen) mit entsprechender Einkopplung in die MM-Glasfaser bzw. auch direkter Ankopplung an den optischen Multiplexer mit MM-Glasfaser-Einkopplung an den Ausgängen des Multiplexers verwenden.

Für die Spektroskopie an den FBG-bestückten Glasfasern lassen sich die speziell dafür gebräuchlichen Breitbandlichtquellen (z.B. ELED's oder SLED's mit Faser-Pigtail) verwenden. Diese Lichtquellen sind jedoch auf einige 10 nm in der nutzbaren Emissions-Bandbreite beschränkt.

Es ist für den Fachmann dabei unerwartet, dass die Lichtintensität die die mittels SM-Glasfaser erreicht werden kann für die Analyse mittels FT-NIR-Spektroskopie ausreicht. FT-NIR-Spektrometer werden üblicherweise mit den deutlich höheren Intensitäten die in MM-Glasfasern erreichbar sind, betrieben, es ist daher vollkommen überraschend, dass auch die geringen, in SM Glasfasern möglichen Intensitäten für den Betrieb der Spektrometer ausreichen und den erfindungsgemäßen Kombinationsbetrieb ermöglichen.

Überraschend wurde zudem gefunden, dass an Stelle der ELED's bzw. SLED's selbst mit konventionellen Glühlampen, insbesondere Halogenlampen, und einem lichtstarken Kondensor, der das Licht auf die Stirnfläche einer SM-Glasfaser bündelt, ausreichend Licht für den Detektor des FT-NIR-.Spektrometers zur Verfügung steht. Dies ist deswegen so erstaunlich, weil der Unterschied in der Einkoppeleffizienz zwischen MM-Glasfaser und SM-Glasfaser bei der SM-

Glasfaser um ca. einen Faktor 20.000 geringer als bei der MM-Glasfaser ausfällt (geometrischer Unterschied in der Querschnittsfläche und Unterschied in der numerischen Apertur). In einer bevorzugten Ausführungsform können daher sowohl die NIR-Spektroskopie als auch die FBG Temperaturmessung mit einer gemeinsamen, je nach Bedarf unterschiedlich eingekoppelten Lichtquelle betrieben werden.

Alternativ zur vorgenannten Vorgehensweise kann auch auf einen oder sogar alle Multiplexer zum Umschalten der Lichtquelle(n) verzichtet werden, wenn jede zu spektroskopierende Einheit (FBG-bestückte-Faser oder NIR-Messzelle) mit einer eigenen, geeigneten Lichtquelle versorgt wird. Dies kann aus finanziellen Erwägungen oder weil vom jeweiligen Typ nur eine Messstrecke (FBG-bestückte Faser oder NIR-Messzelle) betrieben wird, sinnvoll sein (Schema 2). Diese Möglichkeit kann aber auch speziell genutzt werden, um für verschiedene FBG-bestückte Glasfasern spezifisch passende Lichtquellen zu wählen.

In einer Variante werden wahlweise separate Lichtquellen auf jede Messstrecke mit jeweils geeigneten Multiplexern aufgeschaltet. Bevorzugt ist auch eine Ausführungsform in welcher die FBG-Spektroskopie nur von einem Ende der Faser aus betrieben wird.

Bevorzugt kann die zeitliche Abfolge der zu spektroskopierenden Messstrecken von der Gerätesteuerung frei gewählt werden.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist es zudem möglich die FBG-Spektroskopie wahlweise in Reflexion oder Transmission zu messen.

In einer weiteren Variante kann der Zirkulator einer oder mehrerer Messstrecken von FBG-bestückten Glasfasern durch einen 2x2-Koppler ersetzt werden. Diese Kombination ist im allgemeinen allerdings mit größeren Verlusten an Intensität verbunden (Schema 3). Sie kann sich aber trotzdem als vorteilhaft erweisen, wenn eine große spektrale Breite abgedeckt werden muss, für die die zunehmende Dämpfung der Zirkulatoren im spektralen Randbereich die Verluste eines 2x2-Kopplers übersteigen.

In einer weiteren Variante kann die FBG-bestückte Messfaser für eine oder auch mehrere Messstrecken ohne Verwendung eines Zirkulators oder 2x2-Kopplers direkt in den Lichtweg zwischen Beleuchtungsfaser und Eingangsmultiplexer des Interferometers geschaltet und somit in Transmission ausgewertet werden (Schema 4). Dies ist allerdings nicht die bevorzugte Variante zur Temperatur-Auswertung der FBG-Spektren, da diese in dieser Anordnung Unsymmetrien aufweisen.

In einer weiteren Variante werden mehrere Lichtquellen für die Spektroskopie an mit Faser-Bragg-Gittern bestückten Glasfasern über 2x2-Koppler miteinander gekoppelt (Schema 5). Auf diese Weise kann die effektive spektrale Beleuchtungsbandbreite ausgedehnt werden. Dieses Prinzip kann auch für mehr als zwei Lichtquellen kaskadiert werden. Diese spektrale Kombination mehrerer Lichtquellen ist ebenfalls eine bevorzugte Ausführungsform.

In einer ebenfalls bevorzugten Ausführungsform wird ein gemeinsamer Datenweg zum Prozessleitsystem für die Messung von Stoffkonzentrationen und Temperatur bzw. – profilen genutzt.

Die erfindungsgemäße spektroskopische Anordnung kann in verschiedenen Verfahren der Nahrungsmittelindustrie, der Nahrungsmittel verarbeitenden Industrie, der chemisch-pharmazeutischen Industrie und der Petrochemie, insbesondere Raffinerien eingesetzt werden um entsprechende Daten zu ermitteln. In jedem verfahrenstechnischen Aufbau dieser Industrien, in welchen die Messung von Stoffkonzentrationen und/oder Temperatur bzw. Temperaturprofilen erforderlich ist oder nützlich erscheint, ist die erfindungsgemäße spektroskopische Anordnung als Messeinrichtung geeignet.

Bevorzugt, besonders bevorzugt oder ganz besonders bevorzugt sind Ausführungsformen, welche von den unter bevorzugt, besonders bevorzugt oder ganz besonders bevorzugt genannten Parametern, Verbindungen, Definitionen und Erläuterungen Gebrauch machen.

Die in der Beschreibung aufgeführten allgemeinen oder in Vorzugsbereichen aufgeführten Definitionen, Parameter, Verbindungen und Erläuterungen können jedoch auch untereinander, also zwischen den jeweiligen Bereichen und Vorzugsbereichen beliebig kombiniert werden.

Die nachfolgenden Beispiele sollen die vorliegende Erfindung illustrieren ohne sie jedoch einzuschränken:

Beispiele

In Schema 6 ist eine Anordnung für die apparatetechnisch kombinierte spektroskopische Auswertung von NIR-Sonden und Faser-Bragg-Gittern zur Temperaturmessung dargestellt. Für die Lichtquelle zur Faser-Bragg-Gitter-Auswertung wird die ELED mit nachgeschaltetem optischem MEMS-Multiplexer aus einer FBG-Auswerteeinheit (AWE) der Fa. AOS, Dresden verwendet. Die Faser-Bragg-Gitter wurden ebenfalls von der Fa. AOS in eine SMF-28-Faser eingeschrieben. Für den Zirkulator wurde der Typ CIR-3-2-2-10-FA der Fa. Opneti eingesetzt. Als FT-NIR-Spektrometer wurde das Gerät Matrix-Duplex der Firma Bruker in der dargestellten Konfiguration verwendet. Das damit gemessene Spektrum der Faser-Bragg-Gitter ist in Abbildung 1 dargestellt.

In Schema 7 ist die Anordnung nach Schema 6 so modifiziert, dass für die Beleuchtung der mit Faser-Bragg-Gittern bestückten Glasfaser eine Halogenlampe mit Kondensor verwendet wurde. Abbildung 2 zeigt das damit gemessene Spektrum der Faser-Bragg-Gitter.

Patentansprüche:

1. Spektroskopische Anordnung bestehend aus mindestens einer Lichtquelle für FBG Fasern und NIR-Messzelle, mindestens einem optischen Multiplexer zur Aufschaltung der Messstrecken auf das Spektrometer, mindestens einer FBG-Faser und mindestens einer Glasfaser für die NIR-Spektroskopie, einem Interferometer, einem Detektor und einer Signalauswertung/Steuerung, zur apparativen Kombination der Nah-Infrarot-Spektroskopie zur stofflichen Konzentrationsbestimmung mit der Spektroskopie an Glasfasern bestückt mit Faser-Bragg-Gittern zur Temperatur- bzw. Temperaturprofilmessung, dadurch gekennzeichnet, dass das Interferometer eines Fourier-Transform-Spektrometers zwischen dem Ausgang der Messstrecken und dem Detektor angeordnet ist.

2. Spektroskopische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wahlweise separate Lichtquellen auf jede Messstrecke mit jeweils geeigneten optischen Multiplexern aufgeschaltet werden können.

3. Spektroskopische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass jede Messstrecke auch ohne Verwendung eines optischen Multiplexers mit einer eigenen Lichtquelle ausgestattet werden kann.

4. Spektroskopische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spektroskopie an mit Faser-Bragg-Gittern bestückten Glasfasern von nur einem Ende der Glasfaser aus durchgeführt werden kann.

5. Spektroskopische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zeitliche Abfolge der zu spektroskopierenden Messstrecken von der Gerätesteuerung frei gewählt werden kann.

6. Spektroskopische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spektroskopie an den mit Faser-Bragg-Gittern bestückten Glasfasern auch wahlweise in Transmission durchgeführt werden kann.

7. Spektroskopische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass SLED's, ELED's oder Glühlampen als Lichtquellen für die Spektroskopie an mit Faser-Bragg-Gittern bestückten Glasfasern verwendet werden.

8. Spektroskopische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wechselweise mehrere Lichtquellen für die Spektroskopie an mit Faser-Bragg-Gittern bestückten Glasfasern spektral kombiniert werden.

9. Spektroskopische Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für die Messung von Stoffkonzentrationen und Temperatur bzw. -profilen ein gemeinsamer Datenweg zu einem Prozessleitsystem genutzt wird.

10. Verfahren zur Bestimmung von Stoffkonzentrationen und Temperatur bzw. -profilen, dadurch gekennzeichnet, dass in verfahrenstechnischen Apparaten der chemisch-pharmazeutischen Industrie, der Petrochemie, insbesondere Raffinerien sowie in Apparaten der Nahrungsmittel verarbeitenden Industrie eine spektroskopische Anordnung nach Ansprüchen 1 bis 9 verwendet wird.

Schema 1: Schematische Darstellung des spektroskopischen Gesamtaufbaus

Schema 2: Beispielhafte schematische Darstellung der spektroskopischen Anordnung ohne SM-Glasfaser-Multiplexer bei Verwendung nur einer FBG-Messfaser.

Schema 3: Beispielhafte Darstellung bei Nutzung eines 2x2-Kopplers statt eines Zirkulators

Schema 4:Beispielhafte Darstellung für die Transmissionsspektroskopie an einer Faser-Bragg-Gittern bestückten Messfaser

Schema 5:Kombination zweier Lichtquellen für die Spektroskopie an mit Faser-Bragg-Gittern bestückten Glasfasern

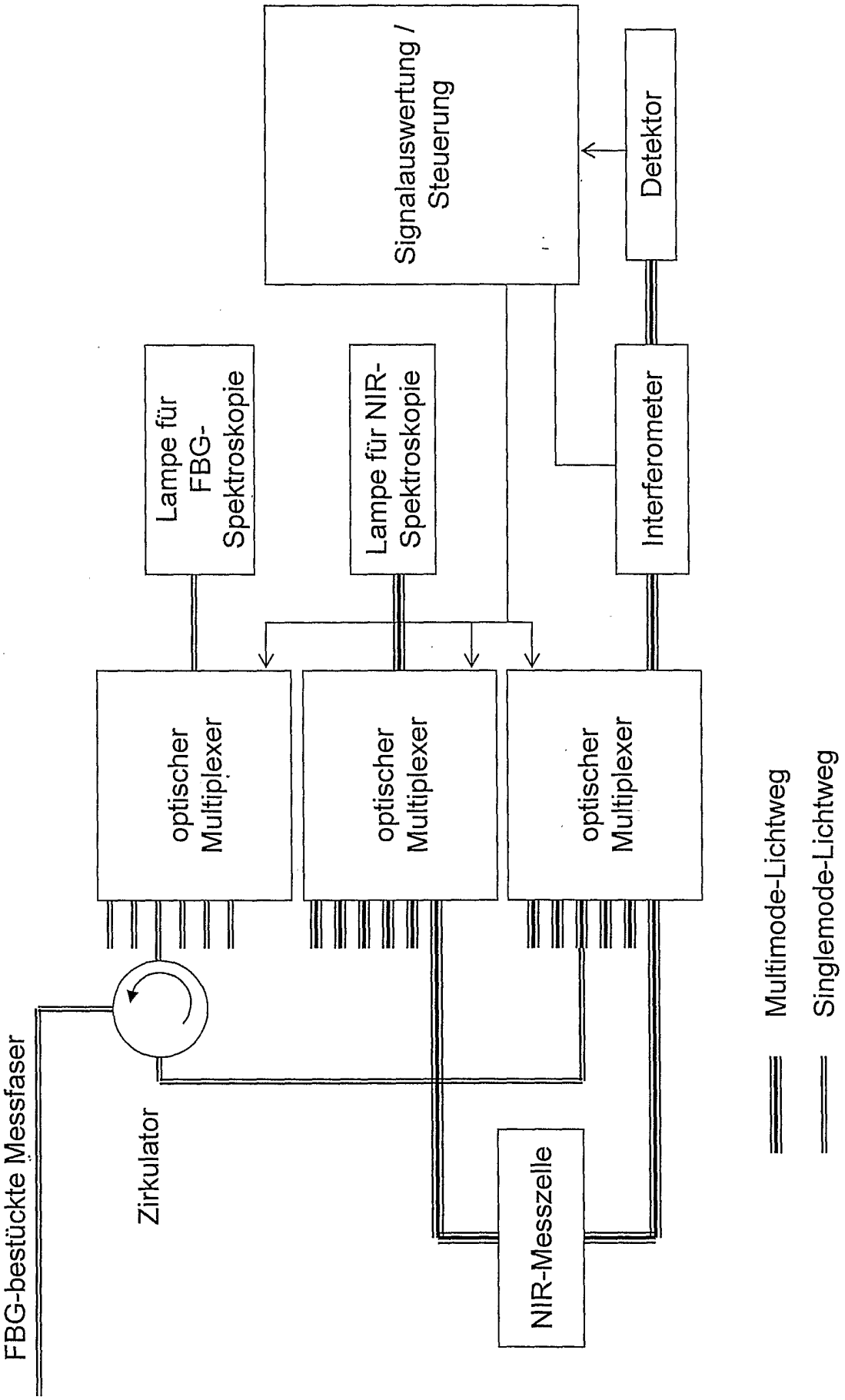
Schema 6:Besipielhafte Konfiguration für die Spektroskopie an mit Faser-Bragg-Gittern bestückten Glasfasern

Schema 7: Beispielhaft Konfiguration mit Halogenlampe als Lichtquelle für FBG-Spektroskopie

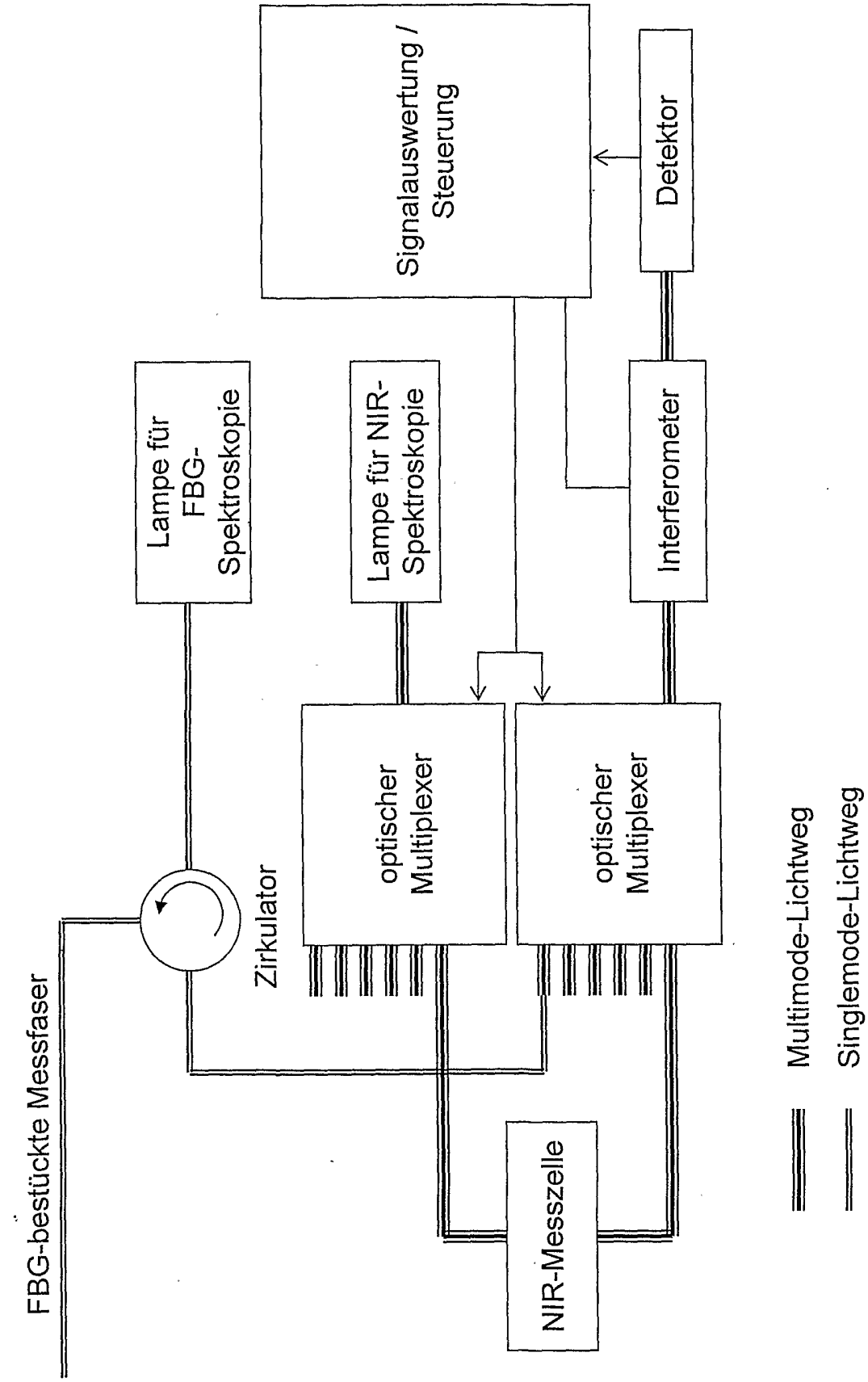
Abbildung 1:Reflexionsspektrum einer mit zehn Faser-Bragg-Gittern bestückten Glasfaser, aufgenommen mit einem Bruker-Duplex FT-NIR-Spektrometer. Die Intensitätsverteilung der verwendeten Lichtquelle aus der AWE von AOS ist ebenfalls dargestellt.

Abbildung 2:Reflexionsspektrum einer mit zehn Faser-Bragg-Gittern bestückten Glasfaser, aufgenommen mit einem Bruker-Duplex FT-NIR-Spektrometer unter Verwendung einer Halogenlampe als Lichtquelle.

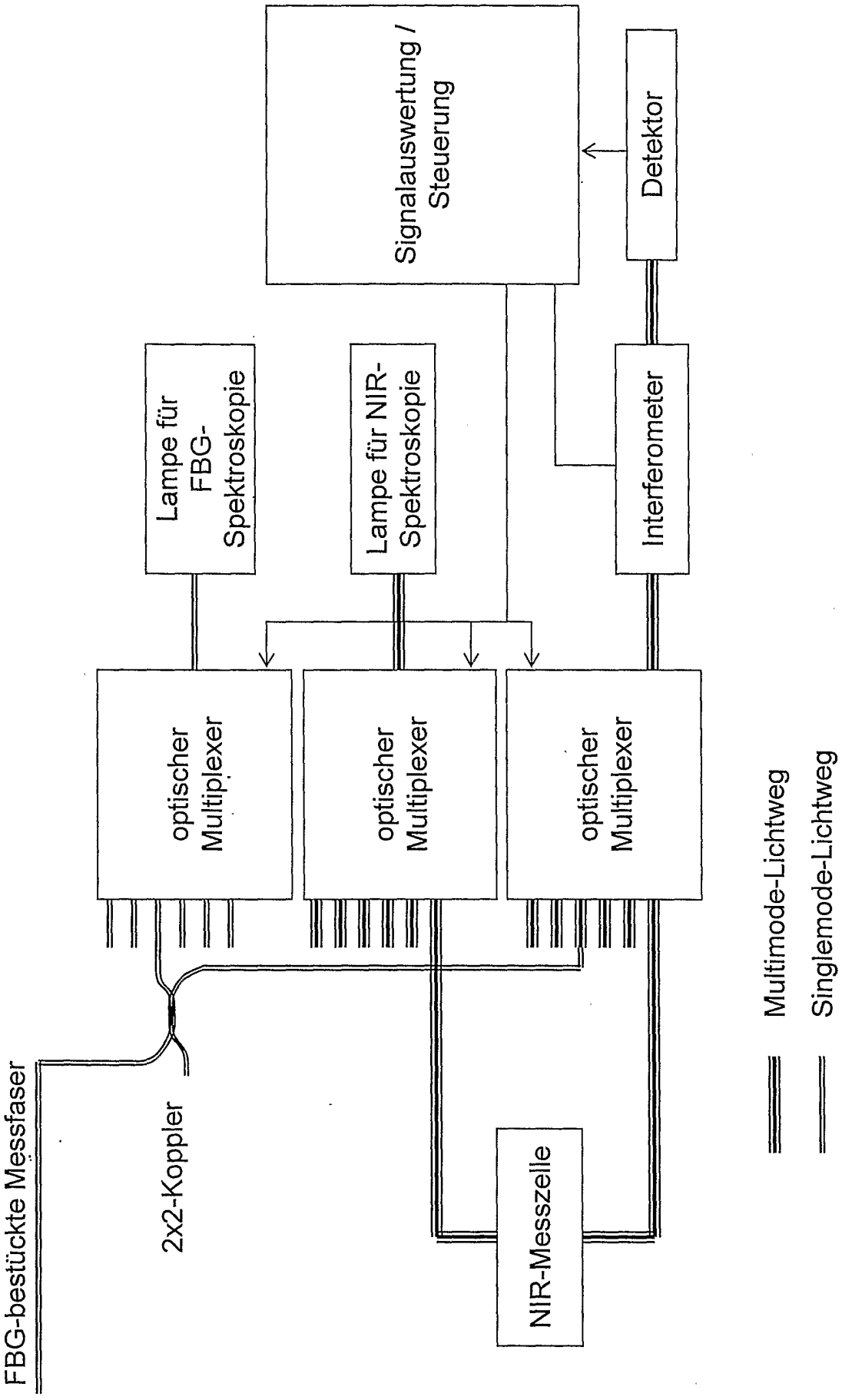
Schema 1


Signalauswertung / Steuerung
Detektor
Lampe für FBG-Spektroskopie
Lampe für NIR-Spektroskopie
Interferometer
optischer Multiplexer
optischer Multiplexer
optischer Multiplexer
FBG-bestückte Messfaser
Zirkulator
NIR-Messzelle
Multimode-Lichtweg
Singlemode-Lichtweg

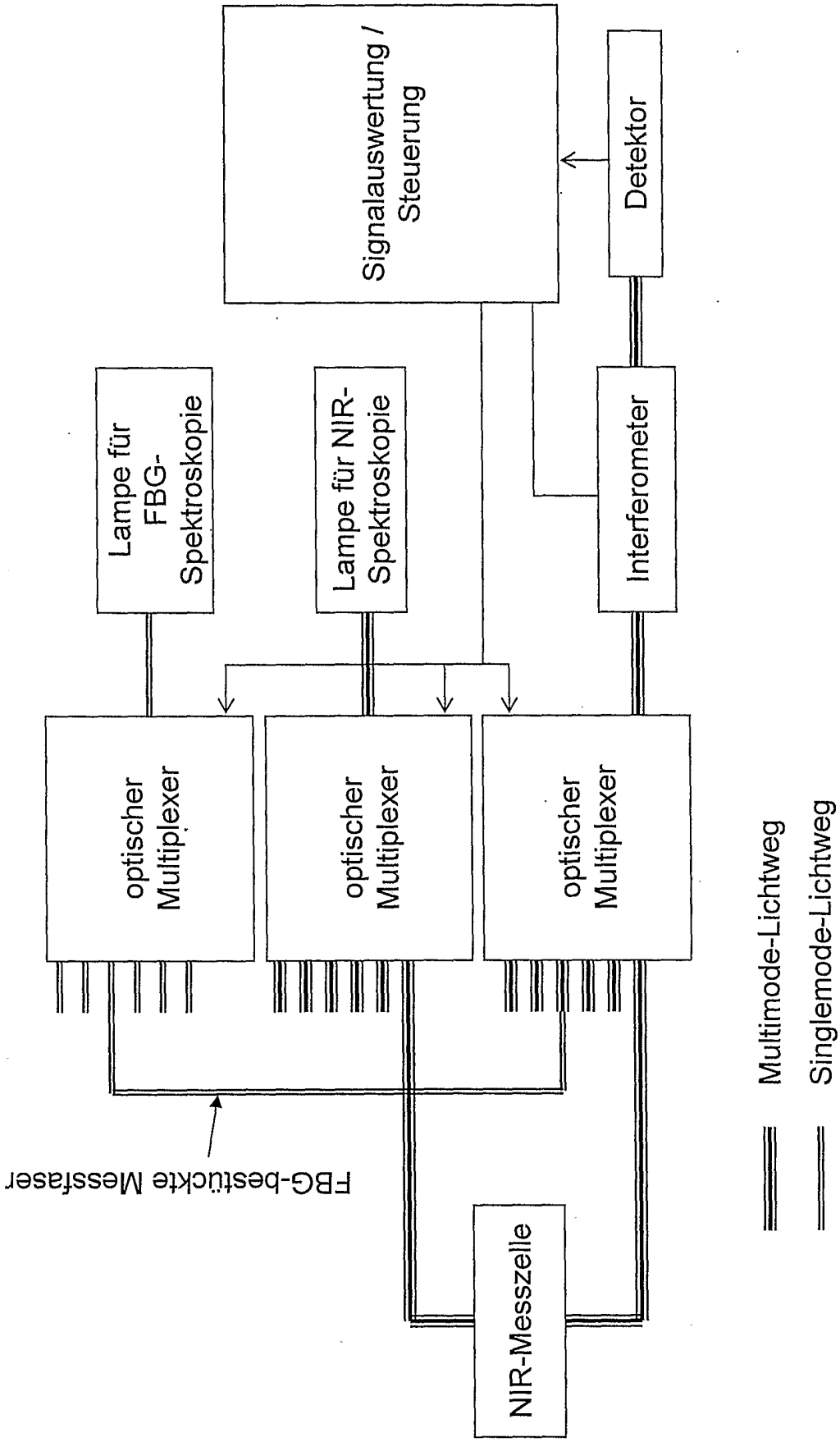
Schema 2


Signalauswertung / Steuerung
Detektor
Lampe für FBG-Spektroskopie
Lampe für NIR-Spektroskopie
Interferometer
optischer Multiplexer
optischer Multiplexer
Zirkulator
FBG-bestückte Messfaser
NIR-Messzelle
Multimode-Lichtweg
Singlemode-Lichtweg

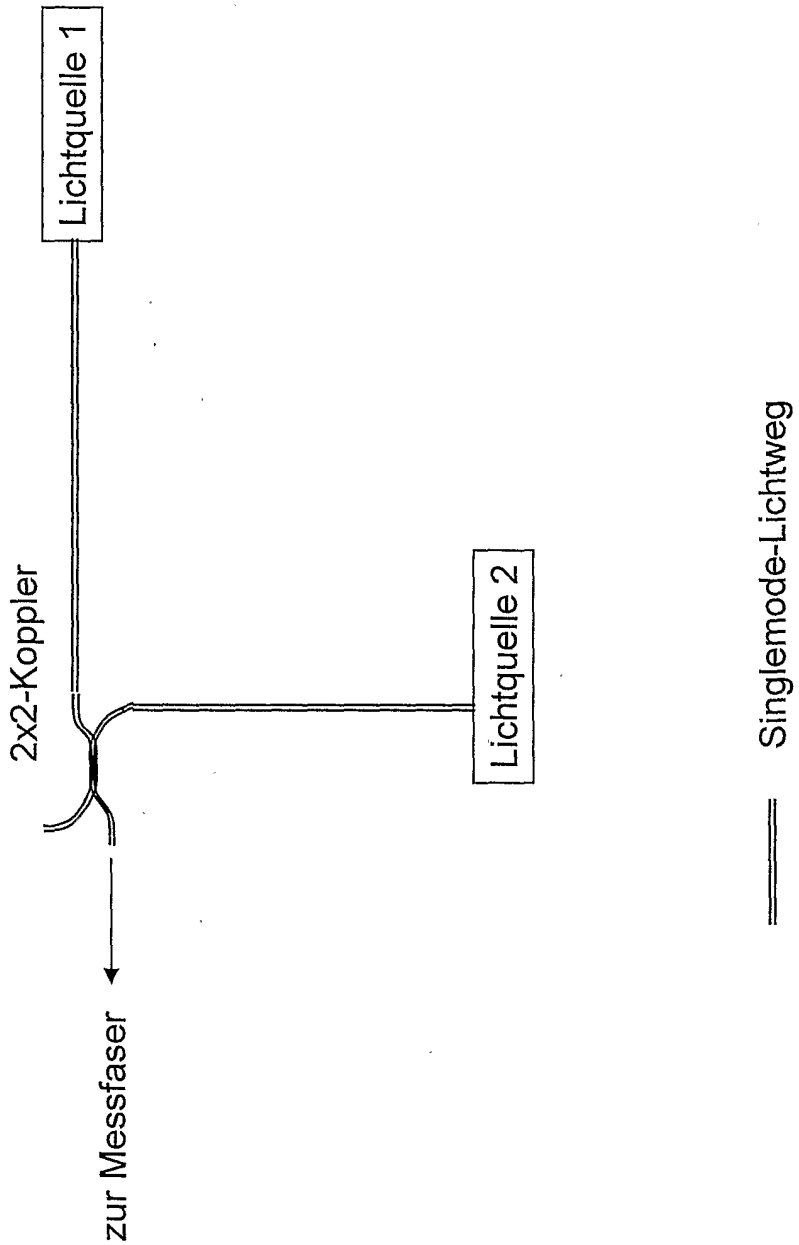
Schema 3


Signalauswertung / Steuerung
Detektor
Lampe für FBG-Spektroskopie
Lampe für NIR-Spektroskopie
Interferometer
optischer Multiplexer
optischer Multiplexer
optischer Multiplexer
FBG-bestückte Messfaser
2x2-Koppler
NIR-Messzelle
Multimode-Lichtweg
Singlemode-Lichtweg

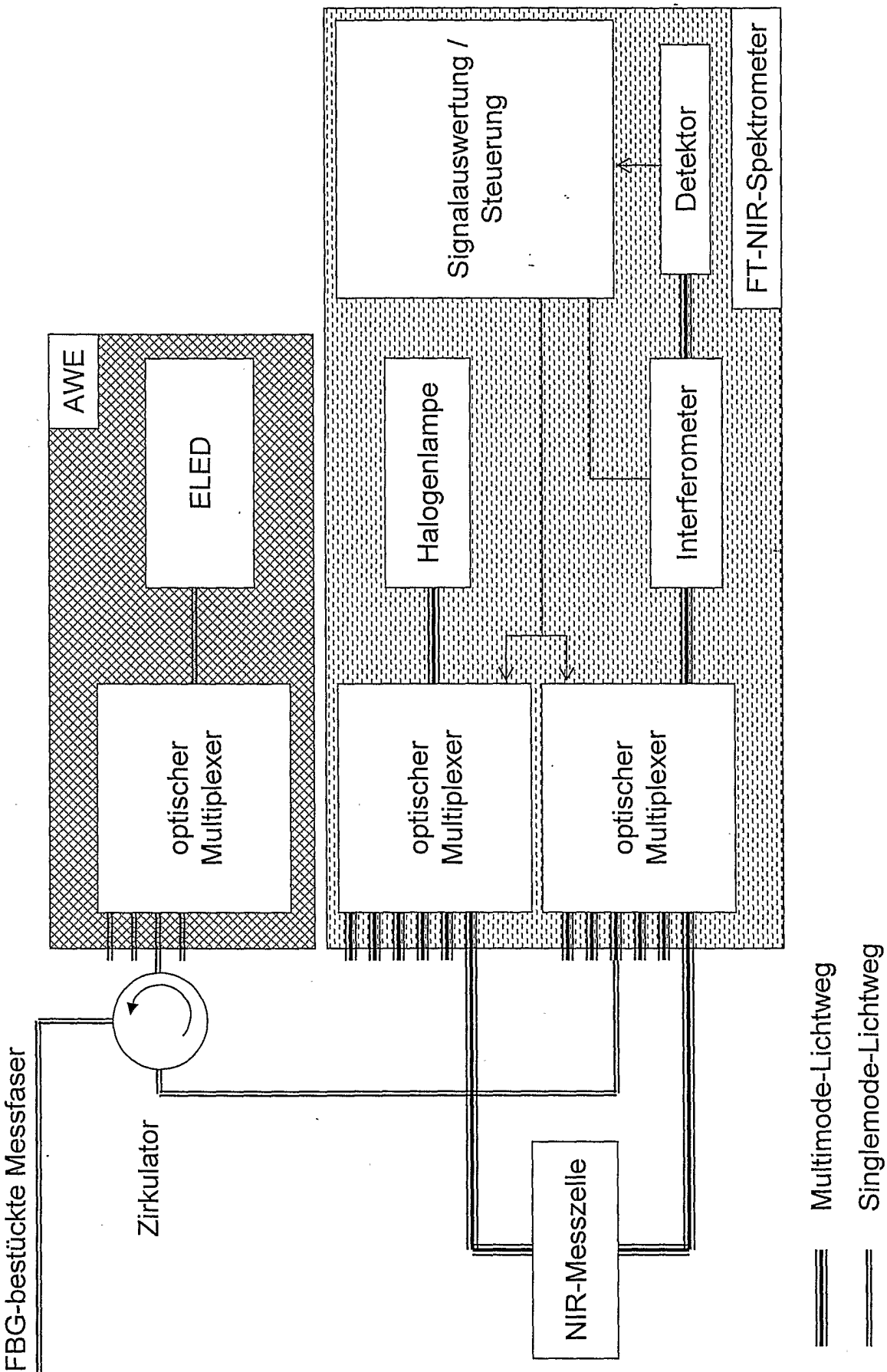
Schema 4


Signalauswertung / Steuerung
Detektor
Lampe für FBG-Spektroskopie
Lampe für NIR-Spektroskopie
Interferometer
optischer Multiplexer
optischer Multiplexer
optischer Multiplexer
FBG-bestückte Messfaser
NIR-Messzelle
Multimode-Lichtweg
Singlemode-Lichtweg

Schema 5


Lichtquelle 1
2x2-Koppler
Lichtquelle 2
zur Messfaser
Singlemode-Lichtweg

Schema 6


FT-NIR-Spektrometer
Signalauswertung / Steuerung
Detektor
AWE
ELED
Halogenlampe
Interferometer
optischer Multiplexer
optischer Multiplexer
optischer Multiplexer
FBG-bestückte Messfaser
Zirkulator
NIR-Messzelle
Multimode-Lichtweg
Singlemode-Lichtweg

Schema 7

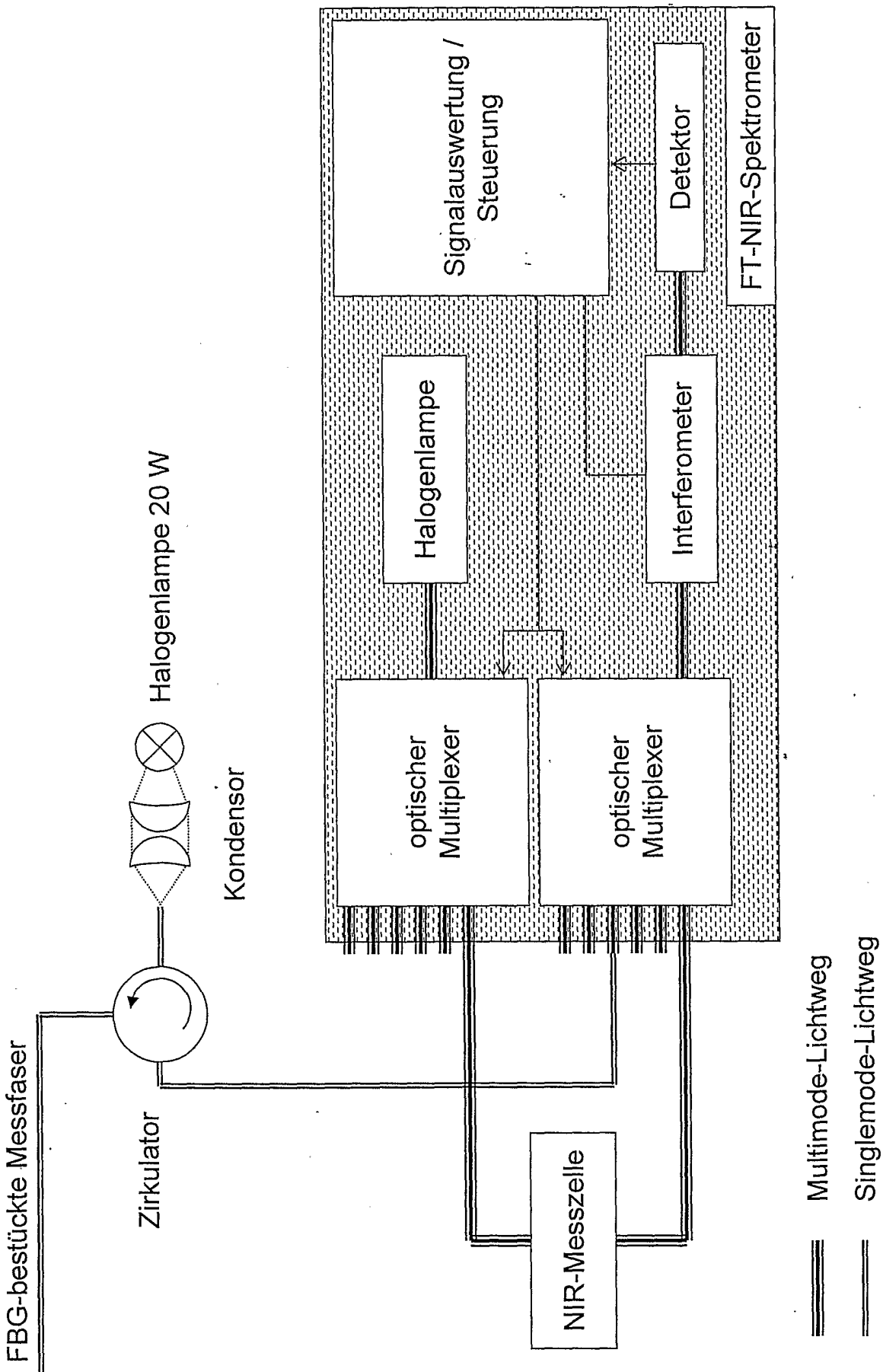

FBG-bestückte Messfaser
Zirkulator
Kondensor
Halogenlampe 20 W
FT-NIR-Spektrometer
Signalauswertung / Steuerung
Detektor
Halogenlampe
Interferometer
optischer Multiplexer
optischer Multiplexer
NIR-Messzelle
Multimode-Lichtweg
Singlemode-Lichtweg

Abbildung 1

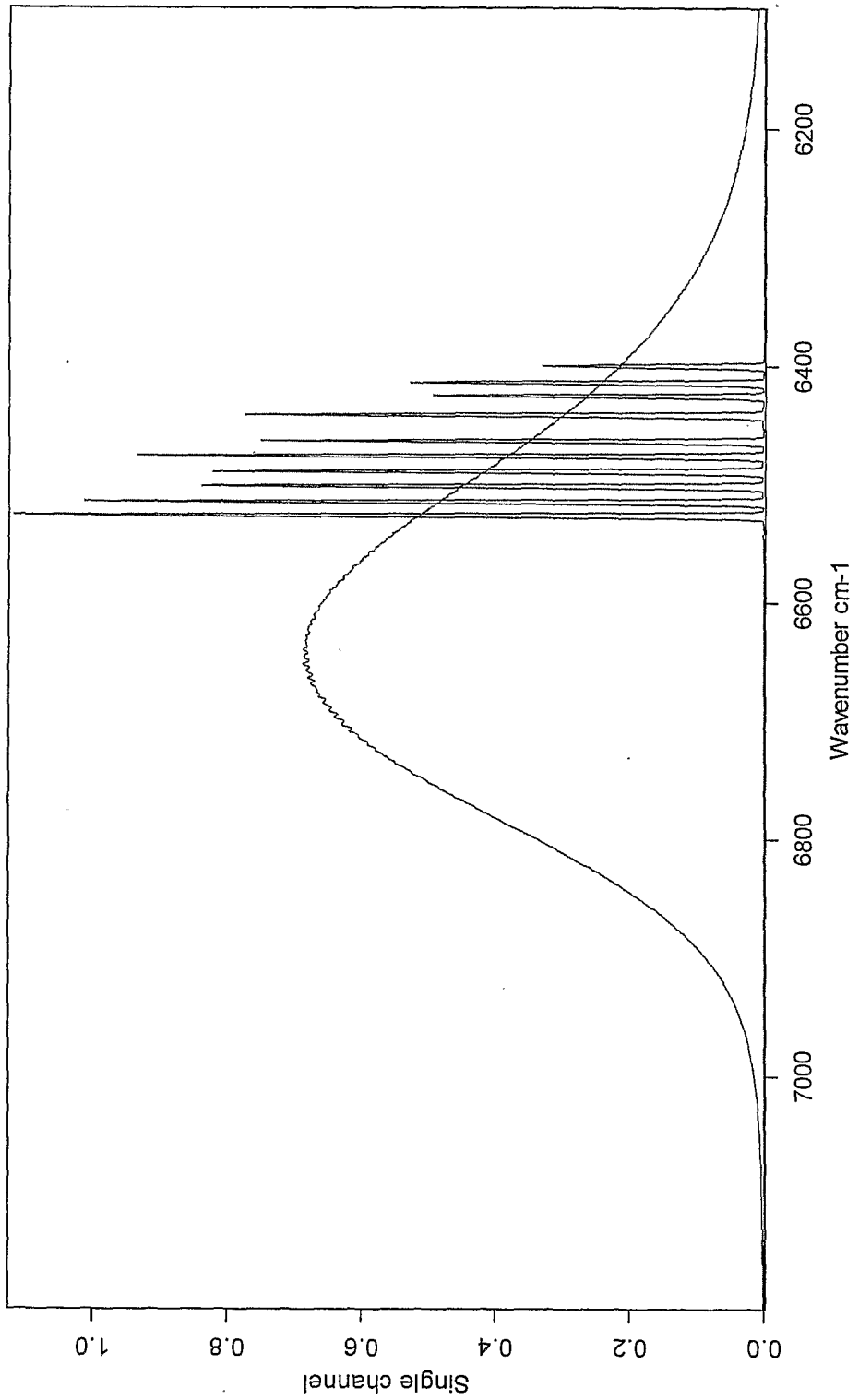
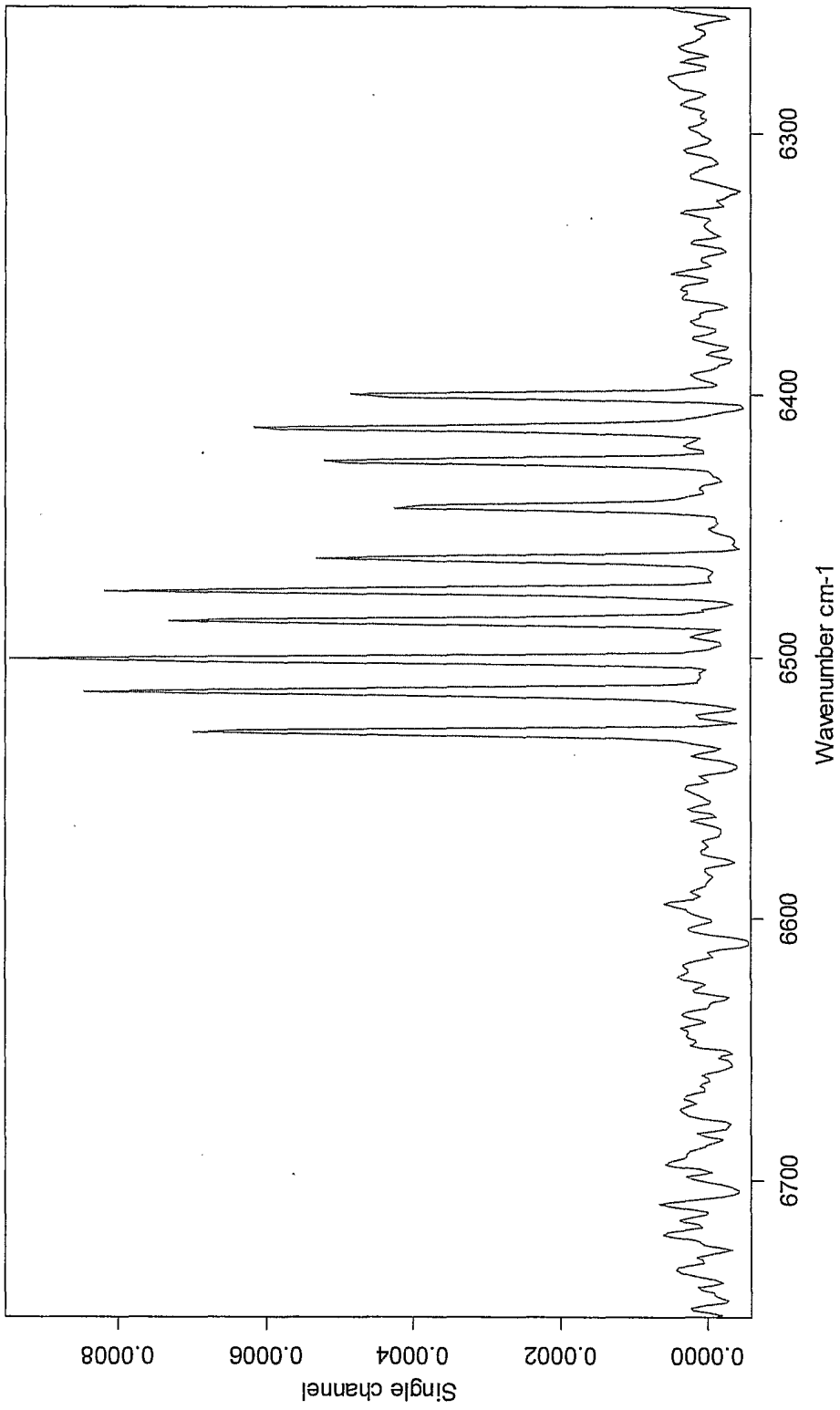

Single channel
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
6200
6400
6600
6800
7000
Wavenumber cm-1

Abbildung 2


Single channel
0.0000
0.0002
0.0004
0.0006
0.0008
6700
6600
6500
6400
6300
Wavenumber cm-1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2006/000357

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01N21/35 G01K11/32

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)
G01N G01J G01K B01J

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, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6 228 650 B1 (MOORE WILLIAM P ET AL) 8 May 2001 (2001-05-08) column 1, lines 27-44 column 2, line 56 - column 4, line 2 column 5, line 63 - column 6, line 3 -----	1-10
Y	KERSEY A D ET AL: "FIBER GRATING SENSORS" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, vol. 15, no. 8, August 1997 (1997-08), pages 1442-1462, XP000720469 ISSN: 0733-8724 page 1442, right-hand column, line 7; figures 1,5 page 1446, left-hand column, paragraph 2. page 1449, right-hand column, lines 21-24 ----- -/--	1-10

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

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
20 March 2006	03/04/2006

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2006/000357

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	W. BORCHERS: "Glasfasern für die 3D-Temperaturmessung im Prozess." CHEMIE INGENIEUR TECHNIK, vol. 77, no. 8, August 2005 (2005-08), pages 1110-1111, XP002373072 Weinheim, DE page 1110 - page 1111	1-10
A	DE 103 22 439 A1 (BAYER AG) 9 December 2004 (2004-12-09) paragraphs [0016], [0030]	1
A	"BESSERE DATEN FUER EFFIZIENTERE PROZESSE - COMPUTERGESTUETZTE ANALYTISCHE METHODEN FOERDERN DEN EINSATZ INDUSTRIELLER PROZESSANALYTIK" PROCESS, VOGEL MEDIEN GMBH & CO, WUERZBURG, DE, no. 4, 2003, pages 64-65, XP008060808 ISSN: 0946-2856 cited in the application the whole document	1
A	US 2004/010170 A1 (VICKERS GEORGE H) 15 January 2004 (2004-01-15) paragraphs [0028] - [0038], [0099]; figure 1	1
A	US 6 300 633 B1 (HUNT ROBERT N ET AL) 9 October 2001 (2001-10-09) column 3, line 61 - column 4, line 30; figure 2	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2006/000357

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6228650 B1	08-05-2001	AU 1828799 A	05-07-1999
		CA 2310495 A1	24-06-1999
		EP 1040337 A1	04-10-2000
		WO 9931485 A1	24-06-1999
DE 10322439 A1	09-12-2004	BR 0401771 A	25-01-2005
		CA 2467281 A1	19-11-2004
		CN 1609597 A	27-04-2005
		EP 1480033 A1	24-11-2004
		JP 2004347598 A	09-12-2004
		US 2005003553 A1	06-01-2005
US 2004010170 A1	15-01-2004	AU 2002357179 A1	30-07-2003
		CA 2433648 A1	24-07-2003
		CN 1491194 A	21-04-2004
		EP 1463695 A1	06-10-2004
		JP 2005514449 T	19-05-2005
		MX PA03007840 A	08-12-2003
		WO 03059852 A1	24-07-2003
US 6300633 B1	09-10-2001	AU 4842399 A	24-01-2000
		BR 9911859 A	20-03-2001
		CA 2336540 A1	13-01-2000
		CN 1132008 C	24-12-2003
		EP 1144984 A2	17-10-2001
		JP 2002527721 T	27-08-2002
		WO 0002035 A2	13-01-2000

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2006/000357

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
G01N21/35 G01K11/32

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01N G01J G01K B01J

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, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 6 228 650 B1 (MOORE WILLIAM P ET AL) 8. Mai 2001 (2001-05-08) Spalte 1, Zeilen 27-44 Spalte 2, Zeile 56 - Spalte 4, Zeile 2 Spalte 5, Zeile 63 - Spalte 6, Zeile 3 -----	1-10
Y	KERSEY A D ET AL: "FIBER GRATING SENSORS" JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US, Bd. 15, Nr. 8, August 1997 (1997-08), Seiten 1442-1462, XP000720469 ISSN: 0733-8724 Seite 1442, rechte Spalte, Zeile 7; Abbildungen 1,5 Seite 1446, linke Spalte, Absatz 2. Seite 1449, rechte Spalte, Zeilen 21-24 ----- -/--	1-10

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

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

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts
20. März 2006	03/04/2006

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

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2006/000357

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P,X	W. BORCHERS: "Glasfasern für die 3D-Temperaturmessung im Prozess." CHEMIE INGENIEUR TECHNIK, Bd. 77, Nr. 8, August 2005 (2005-08), Seiten 1110-1111, XP002373072 Weinheim, DE Seite 1110 - Seite 1111	1-10
A	DE 103 22 439 A1 (BAYER AG) 9. Dezember 2004 (2004-12-09) Absätze [0016], [0030]	1
A	"BESSERE DATEN FUER EFFIZIENTERE PROZESSE - COMPUTERGESTUETZTE ANALYTISCHE METHODEN FOERDERN DEN EINSATZ INDUSTRIELLER PROZESSANALYTIK" PROCESS, VOGEL MEDIEN GMBH & CO, WUERZBURG, DE, Nr. 4, 2003, Seiten 64-65, XP008060808 ISSN: 0946-2856 in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1
A	US 2004/010170 A1 (VICKERS GEORGE H) 15. Januar 2004 (2004-01-15) Absätze [0028] - [0038], [0099]; Abbildung 1	1
A	US 6 300 633 B1 (HUNT ROBERT N ET AL) 9. Oktober 2001 (2001-10-09) Spalte 3, Zeile 61 - Spalte 4, Zeile 30; Abbildung 2	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2006/000357

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6228650 B1	08-05-2001	AU 1828799 A	05-07-1999
		CA 2310495 A1	24-06-1999
		EP 1040337 A1	04-10-2000
		WO 9931485 A1	24-06-1999
DE 10322439 A1	09-12-2004	BR 0401771 A	25-01-2005
		CA 2467281 A1	19-11-2004
		CN 1609597 A	27-04-2005
		EP 1480033 A1	24-11-2004
		JP 2004347598 A	09-12-2004
		US 2005003553 A1	06-01-2005
US 2004010170 A1	15-01-2004	AU 2002357179 A1	30-07-2003
		CA 2433648 A1	24-07-2003
		CN 1491194 A	21-04-2004
		EP 1463695 A1	06-10-2004
		JP 2005514449 T	19-05-2005
		MX PA03007840 A	08-12-2003
		WO 03059852 A1	24-07-2003
US 6300633 B1	09-10-2001	AU 4842399 A	24-01-2000
		BR 9911859 A	20-03-2001
		CA 2336540 A1	13-01-2000
		CN 1132008 C	24-12-2003
		EP 1144984 A2	17-10-2001
		JP 2002527721 T	27-08-2002
		WO 0002035 A2	13-01-2000