

(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
29. Dezember 2004 (29.12.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/113169 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B64D 37/32**,
G01N 21/39, 21/35

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/051062

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. Juni 2004 (08.06.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
103 27 060.4 16. Juni 2003 (16.06.2003) DE

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

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **CHABANIS, Gilles**
[FR/FR]; ZI-617, Rue Fourny, F-78531 Buc (FR).
FLEISCHER, Maximilian [DE/DE]; Schlossangerweg
12, 85635 Höhenkirchen (DE). **MANGON, Philippe**
[FR/FR]; 5, Rue Simone de Beauvoir, F-78990 Elancourt
(FR). **MEIXNER, Hans** [DE/DE]; Max-Planck-Str.
5, 85540 Haar (DE). **STRZODA, Rainer** [DE/DE];
Batschkastr. 16, 81825 München (DE).

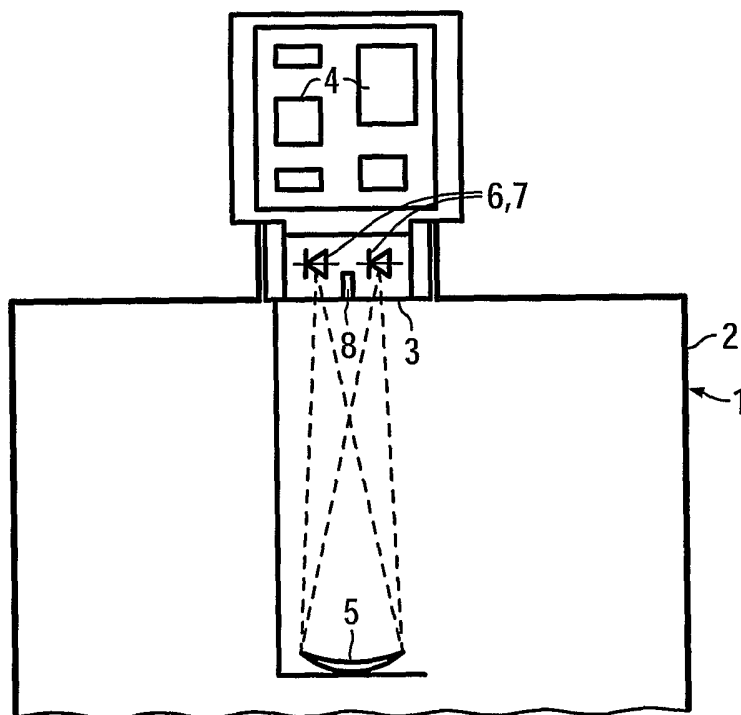
(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGE-
SELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR MONITORING THE OXYGEN CONCENTRATION IN AN AIRCRAFT TANK

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR ÜBERWACHUNG DER SAUERSTOFFKONZENTRATION IN
EINEM FLUGZEUGTANK



(57) Abstract: The invention relates to a device for monitoring the oxygen concentration in an aircraft tank. Said device comprises an absorption measuring section equipped with a laser or laser diode (6), a photodiode (7), a temperature sensor (8) and a reflector (5) for carrying out laser spectroscopy on a gas volume to be measured inside the tank. The conducting components of said device are positioned outside the tank and its reflector (5) is positioned in the tank in the gas volume to be measured, said components and reflector being optically coupled by means of a window (3) that is situated in the tank wall (2). The absorption measuring section is mainly located in the chamber containing the gas to be measured.

(57) Zusammenfassung: Vorrichtung zur Überwachung der Sauerstoffkonzentration in einem Flugzeugtank, aufweisend eine Absorptionsmessstrecke mit Laser/Laserdiode (6), Fotodiode (7), Temperatursensor (8)

und Reflektor (5) zur Laserspektroskopie an einem Messgasvolumen innerhalb des Tanks, deren stromführende Bauteile ausserhalb des Tankraumes und deren Reflektor (5) innerhalb des Tankraumes im Messgasvolumen positioniert und über ein in der Tankwand (2) befindliches Fenster (3) optisch miteinander gekoppelt sind, wobei die Absorptionsmessstrecke überwiegend im Messgasraum dargestellt ist.



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, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

- (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,

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

Vorrichtung und Verfahren zur Überwachung der Sauerstoffkonzentration in einem Flugzeugtank

5

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Detektion und zur Überwachung der Sauerstoffkonzentration in einem Flugzeugtank unter Einsatz der Laserspektroskopie für die in einem Messgasvolumen innerhalb eines Flugzeugtanks eine Absorptionsmessstrecke realisiert ist. Mit dem bekannten Verfahren der Laserspektroskopie werden Zündgrenzen von Gasgemischen im Flugzeugtank überwacht, wobei das Zielgas der Messung Sauerstoff ist.

15 In der Luftfahrt sind aus den letzten Jahrzehnten mehrere Flugzeugabstürze bekannt, die nach letzten Erkenntnissen durch Explosionen von Flugzeugtanks verursacht wurden. Ein besonders krasser Vorfall ist der Absturz eines Flugzeuges, bei dem es kurz nach dem Start in New York im Juli 1996 zu
20 einer Explosion kam. Dabei explodierte ein Treibstofftank und führte zum Absturz der Maschine. Die genaue Ursache für die Zündung der Explosion konnte nicht bis ins Detail ermittelt werden. Nach diesem Vorfall hat sich jedoch die Diskussion um eine Prävention solcher Vorfälle wesentlich intensiviert. Die
25 amerikanische Flugfahrtaufsichtsbehörde (FAA) initiierte ein Programm, in dem verschiedene Ansätze zum sicheren Betrieb von Flugzeugtanks untersucht werden. Eine Möglichkeit besteht darin, die Bildung eines zündfähigen Luft/Treibstoff-Gemisches im Tank durch Erniedrigung des Sauerstoffanteiles
30 zu verhindern. Dies wird beispielsweise in der Literaturstelle [1] beschrieben. Dabei wird an Bord eines Flugzeuges ein System mitgeführt, welches das Stickstoff angereicherte Luft erzeugt. Die Tanks werden mit dieser Luft gefüllt, bis die untere Zündgrenze unterschritten ist. Diese liegt je nach Betriebsbedingungen bei 11,5 bis 12 Vol.-% Sauerstoff. Diesbezüglich ist die Literaturstelle [2] relevant. Zur Überprüfung der Wirksamkeit dieser Maßnahme ist die Sauerstoffkonzentra
35

tion in den Tanks permanent zu überwachen. Die Schwierigkeit bei der Messung liegt in der Tatsache, dass es in größeren Flugzeugen mehrere Tanks gibt und diese jeweils unterteilt sind, um einen unkontrollierten Treibstofffluss zu verhindern. Dadurch entstehen viele einzelne gasgefüllte Hohlräume, die ein homogenes Spülen mit inertem Gas erschweren. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, den Sauerstoffgehalt an mehreren Stellen zu messen.

10 Systeme zur Spülung eines Flugzeugtanks mit Stickstoff angereicherter Luft sind bisher nicht routinemäßig im Einsatz. Bei Experimenten mit Flugzeugtanks wurde ein zentraler Sauerstoffmonitor eingesetzt, dem die zu untersuchende Luft aus den einzelnen Tanks über ein Rohrleitungssystem zugeführt werden. Dabei werden die einzelnen Messpunkte sukzessive zyklisch abgefragt. Siehe hierzu die Literaturstelle [3]. Die Messgasförderung erfordert bei diesem System einen erheblichen technischen Aufwand. Da ein zusätzliches Leistungssystem für potentiell explosive Gasgemische benötigt wird, ergibt sich somit eine zusätzliche Gefahrenquelle.

Verfahren zur Messung der Sauerstoffkonzentration sind zahlreich. Die bekanntesten Verfahren stehen in Zusammenhang mit einer elektrochemischen Zelle, Pumpsonden mit Festelektrolyten (Lambda-Sonde), Verfahren, die den Paramagnetismus von Sauerstoff als Messeffekt ausnutzen, Fluoreszenz Quenching oder optische Absorptionsspektroskopie.

Die meisten dieser Verfahren eignen sich für den Einsatz im oder am Flugzeugtank wenig, da hierbei hohe Anforderungen an einen entsprechenden Sensor gestellt werden. Ein Sensor in diesem Bereich sollte beispielsweise eine Lebenserwartung von weit über 10 Jahren aufweisen. Weiterhin ist eine langzeitstabile Kalibrierung der Konzentration notwendig. Das Verfahren muss sich selbst überprüfen können, um fehlerhafte Messungen auszuschließen. Die Betriebstemperatur sollte im Bereich von -55°C bis $+85^{\circ}\text{C}$ liegen. Der Sensor muss Luft

druckschwankungen im Bereich von 250 bis 1100 mbar aushalten. Die Luftfeuchte im Messbereich liegt zwischen 0 und 100% relativer Luftfeuchte.

5 Die bei den Versuchen eingesetzten elektrochemischen Zellen weisen für die geplante Anwendung einige gravierende Nachteile auf. Es ergeben sich beispielsweise begrenzte Lebensdauern von ca. 2 Jahren, was einen kostenintensiven Austausch in regelmäßigen Abständen erforderlich macht. Da für die Funktion
10 der elektrochemischen Zelle Feuchtigkeit benötigt wird, kann die Zelle beim Betrieb in trockener Luft, wie es im Flugzeug angestrebt wird, schnell austrocknen. Dies führt zu einer Verkürzung der Lebensdauer. Daneben ist ein Betrieb bei niedrigen Temperaturen nicht möglich, weil der Elektrolyt aus-
15 friert.

Pumpsonden mit Festelektrolyt scheiden aus, da diese zum Betrieb auf mehrere 100° C aufgeheizt werden müssen und somit eine Zündquelle für das Luft/Kraftstoff-Gemisch darstellen.

20

Paramagnetische Verfahren nutzen ein aufwändiges mechanisches Messsystem mit einer Waage, die gegenüber Vibrationen und Beschleunigungen, wie sie im Flugzeug auftreten, anfällig ist.

25

Derzeit werden Anstrengungen unternommen Sensoren nach dem Prinzip des Fluoreszenz Quenching für die angestrebte Anwendung zu entwickeln. Dabei werden kurzwellige Lichtpulse mit einem Lichtwellenleiter in einen Bereich der Faser gebracht,
30 die mit einer speziellen fluoreszierenden Substanz beschichtet ist. Die Fluoreszenzintensität sowie die Abklingzeit der Fluoreszenz hängen von der Sauerstoffkonzentration in der Umgebung ab. Nachteilig bei diesem Verfahren ist die fehlende Möglichkeit der Selbst-Überprüfung. Die Korrelation der Sauerstoffkonzentration mit der Messgröße hängt von der chemischen Langzeitstabilität der Fluoreszenzschicht gegenüber allen auftretenden Umwelteinflüssen ab.
35

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren bereitzustellen, womit die Entstehung von zündfähigen Gemischen innerhalb eines Flugzeugtanks feststellbar ist.

Die Lösung dieser Aufgabe geschieht durch die jeweilige Merkmalskombination der Ansprüche 1 bzw. 10. Vorteilhafte Ausgestaltungen können den jeweiligen abhängigen Ansprüchen entnommen werden.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die Laserabsorptionsspektroskopie die Anforderungen an einen Sensor zur Detektion von Sauerstoff in einem Flugzeugtank insgesamt erfüllt. Dabei wird die Laserabsorptionsspektroskopie im sichtbaren und im infraroten Wellenlängenbereich eingesetzt. Ausgewertet werden insbesondere einzelne, jeweils ausgewählte Absorptionslinien des Sauerstoffmoleküle im Bereich zwischen 758 bis 766 nm.

Die Laserabsorptionsspektroskopie ist ein an sich bekanntes Verfahren. Eingesetzt werden Laser bzw. Laserdioden, die im statischen Betriebszustand monochrom emittieren. Ausgenützt wird dabei die Wellenlängenabstimmbarkeit, indem beispielsweise die Betriebstemperatur variiert wird. Damit kann ein Wellenlängenintervall überstrichen werden, welches an die Stelle einer ausgewählten Absorptionslinie im Spektrum des Zielgases, hier Sauerstoff, gesetzt wird. Das Laserlicht durchstrahlt eine gezielt positionierte Gasabsorptionsstrecke, in der sich der Sauerstoff befindet, falls er in dem Tank existent ist. Bei Anwesenheit von Sauerstoff wird eine wellenlängenabhängige Schwächung des durchgehenden Lichtes auftreten. Die Schwächung korreliert immer mit der Konzentration des zu messenden Gases. Ein Fotodetektor nimmt das Spektrum auf, das in einer nachfolgenden Signalverarbeitungselektronik aufbereitet und mit entsprechender Software auf einem Prozessor ausgewertet wird. Zur Auswertung verwendbare

Verfahren in der Laserspektroskopie sind entweder die direkte Absorptionsmessung, ein Derivativverfahren oder hochfrequente Modulationsverfahren wie beispielsweise das Heterodyn-Verfahren, wie es in den Literaturstellen [4] und [5] beschrieben wird.

Die Absorptionsmessstrecke wird am Tank eines Flugzeuges derart positioniert, dass sämtliche mit elektrischen Leitungen verbundenen Bauelemente des Sensors außerhalb des Tankes bzw. außerhalb der Tankwand platziert sind. In den Innenraum des Tanks ragt lediglich eine Halterung mit einem am Ende vorhandenen zurückreflektierenden Element hinein. Die gesamte Anordnung wird im oberen Bereich eines Tanks insbesondere an einer erhabenen Stelle, an der beispielsweise der Tank eine Ausbuchtung aufweist, angebracht. Diese Positionierung ist damit verbunden, dass in der Gasphase gemessen wird. Der Sauerstoffsensor sollte möglichst nicht von Treibstoff umspült werden bzw. möglichst schnell in einem Gasvolumen messen können, in dem sich innerhalb eines Flugzeugtanks Gase ansammeln. Als Ergebnis sitzen somit die Sende- und Empfangselemente sowie in der Regel auch ein Temperatursensor außerhalb der Tankwand, eine Durchführungsöffnung in der Tankwand ist mit einem für die im Betrieb verwendeten Lichtwellenlängen durchlässigen Fenster abgeschlossen und Halterung und Reflektor reichen in den Tank hinein, so dass eine Absorptionsmessstrecke innerhalb des Tankes dargestellt ist. Der Reflektor kann vorteilhafterweise ein Retroreflektor sein. Weitere Vorteile werden mittels eines Hohlspiegels erreicht.

Überwacht werden die zündfähigen Gemische durch die Detektion von Sauerstoff mit der zusätzlichen Messung der Sauerstoffkonzentration. In der Regel wird eine untere Zündgrenze eines Gemisches aus Sauerstoff und den möglichen Dämpfen des Treibstoffes überwacht, indem die Sauerstoffkonzentration gemessen wird.

Im Folgenden werden anhand von schematischen, die Erfindung nicht einschränkenden Figuren Ausführungsbeispiele beschrieben.

5 Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel des Sauerstoffmonitors, angebracht an der Oberseite eines Flugzeugtanks,

Figur 2 zeigt eine alternative Ausführungsform des Sauerstoffmonitors, der in der Tankwand mittels einer Ein-
10 lochmontage mit Gewinde und Dichtung angebracht ist.

Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Messsonde angebracht im oberen Teil des Flugzeugtanks. Laser und Fotodetektor befinden sich außerhalb des Tankinnenraumes. Nur der optische Laserstrahl gelangt durch ein Fenster 3 in das Innere des Tanks 1, wo in einem Messgasvolumen die Sauerstoffabsorption gemessen werden soll. Durch diese Konstruktion wird verhindert, dass zusätzliche elektrische Leitungen in den Tank geführt werden müssen, die grundsätzlich ein potentiell
15 Explosionsrisiko darstellen. In dem Ausführungsbeispiel entsprechend Figur 1 reflektiert ein Hohlspiegel das Licht und fokussiert es auf den Fotodetektor, die Fotodiode 7. Der Reflektor 5 kann auch als einfach diffus spiegelnde Oberfläche dargestellt sein, wobei jedoch eine Sammeloptik im Strahlengang zur Aufbereitung des Empfangssignals nötig ist.
25

Figur 2 zeigt eine alternative Ausführungsform relativ zu Figur 1. Der Vorteil dieser Anordnung liegt in der einfachen Montage. Der Monitor wird in eine Gewindebohrung in der Tankwand eingeschraubt. Der Sensor wird möglichst an der erhabensten Stelle des Tankes angebracht, so dass die Wahrscheinlichkeit, dass Treibstoffes in den Strahlengang gelangt, gering ist. Solange nicht dauernd Treibstoff den Strahlengang blockiert, wird eine Spektralmessung möglich sein. Denn die Aufnahme eines Spektrums dauert nur wenige Millisekunden.
30 Spektren, die teilweise oder ganz durch Treibstoff im Strahlengang der Absorptionsmessstrecke beeinträchtigt sind, kön

nen leicht von ungestörten Spektren unterschieden und so für die Messung herausgefiltert werden.

Da das Verfahren einen hohen dynamischen Bereich für das optische Empfangssignal aufweist, siehe Literaturstelle [6], kann auch ein Beschlagen des Fensters 3 bzw. des Reflektors 5 in weiten Grenzen toleriert werden. Da die spektrale Messung immer die ganze Absorptionslinie liefert, insbesondere auch die Bereiche, in denen keine bzw. geringe Absorption auftritt, wie beispielsweise ein Bereich neben einer Absorptionslinie, ist der Messhintergrund bekannt und eine wellenlängenunabhängige Änderung der Transmissionen der Messzelle stört die Konzentrationsmessung nicht. Die Konzentration des Gases ist proportional zum Verhältnis der minimalen Transmission im Zentrum der Absorptionslinie zur Transmission neben der Linie.

Weiterhin erlaubt die schmale spektrale Linienbreite der Laseremission, die typischerweise geringer als 1 % der Halbwertsbreite der Absorptionslinie ist, die Aufnahme eines Spektrums ohne spektrale Verbreiterung durch das Messinstrument. Das gemessene Spektrum kann direkt mit einem berechneten Spektrum bei Kenntnis der Molekülparameter wie der Übergangsfrequenz, integrierter Linienstärke, Druckverteilungskoeffizienz und Energie des Anfangszustandes sowie Länge des Absorptionsweges, Temperatur und Druck verglichen werden. Der einzige freie Parameter ist dann die Gaskonzentration. Es gehen also in die Berechnung keine Geräteparameter ein. Dadurch wird das Verfahren zu einem Referenzverfahren und ist damit prädestiniert für die angestrebte Anwendung, bei der es wesentlich auf die Langzeitstabilität der Konzentrationskalibrierung ankommt.

Die Parameter der Laserdiode, die in die Messung eingehen, sind die Krümmung der Laserkennlinie und die Korrelation zwischen Laserstrom und der Emissionswellenlänge. Die Krümmung der Laserkennlinie wird als parabolisch angenommen. Eine Än

derung der Krümmung wird bei der Auswertung berücksichtigt und beeinflusst das Messergebnis daher nicht. Die Änderung der Korrelation zwischen Laserstrom und Emissionswellenlänge kann durch Messung des Sauerstoffspektrums bei verschiedenen
5 Temperaturen jederzeit nachkalibriert werden.

Zur Selbstjustierung ist anzumerken, dass im Normalfall eine kleine Korrektur durchzuführen ist, für den Fall, dass die
10 gemessene Position der Absorptionslinie nicht mit der gespeicherten Position übereinstimmt. In diesem Fall verschiebt man die instrumentelle Wellenlängenskala bis beide Positionen der Absorptionslinien wieder übereinstimmen. Wenn die Diskrepanz größer ist, muss ein größerer Bereich des Spektrums gemessen
15 werden (bei verschiedenen Temperaturen), in dem mehrere Absorptionslinien auftreten. Aus dem bekannten Intensitätsverhältnis der verschiedenen Linien lässt sich dann das gemessene Spektrum eindeutig dem gespeicherten Spektrum bezüglich der Wellenlängenskala zuordnen.

20

Solange noch eine Restmenge Sauerstoff im Tank vorhanden ist, kann immer eine Sauerstoffabsorption zweifelsfrei identifiziert werden. Damit kann sich das System selbst überprüfen. Solange die Absorption gemessen wird, ist sichergestellt,
25 dass die Laserwellenlänge stimmt und die komplette Auswertelektronik und Software korrekt funktioniert. Wenn in der Messzelle kein Sauerstoff zu erwarten ist, kann durch Strahlteilung ein Referenzweg erzeugt werden, in dem eine Referenzzelle mit Sauerstoff angebracht ist. Ein Fotodetektor im Referenzzweig nimmt dann das Spektrum auf. Die Auswertung erfolgt wie im vorliegenden Fall. Es werden keine bewegten Teile benötigt. Somit tritt auch kein mechanischer Verschleiß und keine Beeinflussung durch Vibrationen und Beschleunigungen auf.

35

Das Verfahren der Laserspektroskopie zur Detektion von Sauerstoff erfüllt insgesamt die Anforderungen zum Einsatz an ei

- nem Flugzeugtank. Dabei treten bestimmte Merkmale besonders hervor. Sehr wichtig ist das Merkmal der Selbstüberprüfung, so dass zu jedem Zeitpunkt automatisch feststellbar ist, ob die aktuelle Messung korrekt ist oder nicht. Dies begründet sich darauf, dass zu jeder Zeit eine vorbestimmte sogenannte Signatur, also ein Absorptionsspektrum der Sauerstofflinie, vorliegen muss, die genügend Merkmale für eine eindeutige Identifikation des Messgasspektrums aufweist.
- Figur 1 zeigt im einzelnen einen Tank 1, der teilweise aufgebrochen ist und von einer Tankwand 2 umrandet ist. Bezogen auf das Messfenster 3 lassen sich die innerhalb des Tankvolumens platzierten Teile der Absorptionsmessstrecke, der Reflektor 5 und eine nicht dargestellte Halterung, klar trennen von den außerhalb des Tankvolumens positionierten Bauteilen der Absorptionsmessstrecke, die eine elektrische Stromversorgung aufweisen. In diesem Fall wird das Fenster 3 zu einem Teil der Tankwand 2. Eine ebenfalls extern angebrachte Sensorelektronik 4, die ebenfalls gegenüber dem Tank isoliert ist, ist über elektrische Verbindungen 9 mit der Absorptionsmessstrecke verbunden. Anhand der Übertragung 10 können aufbereitete Messsignale nach außen hin übertragen werden. Die ausreichende Länge 11 der Absorptionsmessstrecke beträgt ungefähr 2×5 cm, wobei der doppelte Durchlauf der Lichtstrahlen berücksichtigt ist.
- Figur 2 zeigt eine alternative Ausführungsform des Sauerstoffmonitors mit einer Bauform, die einen Einbau des Sensors senkrecht zur Tankwand 2 ermöglicht. Dabei wird der Sender senkrecht zur Tankwand 2 durch diese hindurch geführt und festgeklemmt bzw. eingeschraubt. Der Reflektor 5 stellt ebenso wie in Figur 1 zusammen mit den elektrisch angeschlossenen Bauelementen der Laserdiode 6, der Fotodiode 7 und dem Temperatursensor 8 die Absorptionsmessstrecke dar, wobei das Fenster 3 eine Trennlinie zwischen innen liegenden und außen liegenden Bauelementen darstellt. Das Fenster 3 ist in diesem Fall wiederum ein Ersatz zur Tankwand 2.

Literatur:

- 5 [1] FAA Report Nr.: DOT/FAA/AR-01/6, Inerting of a vented aircraft fuel tank test article with nitrogen-enriched air, M. Barns, W. M. Cavage, April 2001
- [2] FAA Report Nr.: FAA-RD-71-42, Inerted fuel tank oxygen concentration requirements, S. V. Zinn, Jr., August 1971
- 10 [3] FAA Report Nr.: DOT/FAA/AR-01/63, Ground and flight testing of Boeing 737 center wing fuel tank inerted with nitrogen-enriched air, M. Barns, W. M. Cavage, August 2001
- 15 [4] IPM-Forschungsberichte 24-4-92, R. Grisar, Quantitative Gasanalyse mit abstimmbaren IR-Diofenlasern, 1992
- [5] Patentschrift US 5,625,189, McCaul et al.
- 20 [6] Takaya Iseki, Hideo Tai, Kiyoshi Kimura, A portable remote methane sensor using a tunable diode laser, Meas. Sci. Technol., 11, 2000, 594-602

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Überwachung der Sauerstoffkonzentration in einem Flugzeugtank, aufweisend eine Absorptionsmessstrecke mit Laser oder Laserdiode (6) und Fotodiode (7) zur Laserspektroskopie an einem Messgasvolumen innerhalb des Tanks, deren stromführende Bauteile außerhalb des Tankraumes und deren Absorptionsstrecke im wesentlichen innerhalb des Tankraumes, insbesondere in dem Bereich des Tanks, in dem sich frühzeitig ein Gasvolumen ausbildet, im Messgasvolumen positioniert sind und über mindestens ein in der Tankwand (2) befindliches Fenster (3) optisch miteinander gekoppelt sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der Laser oder Laserdiode (6) und Fotodiode (7) gemeinsam an einem Ende der Absorptionsmessstrecke positioniert sind und Messstrahlen am gegenüberliegenden Ende durch einen Reflektor (5) reflektiert werden.
3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der im Bereich des Lasers oder der Laserdiode (6) ein Temperatursensor (8) zur Temperaturstabilisierung des Lasers oder der Laserdiode (6) vorhanden ist.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der für die Laserspektroskopie zur Detektion von Sauerstoff Absorptionslinien im Wellenlängenbereich zwischen 758 bis 766 nm ausgewählt sind.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, bei der der Reflektor (5) als Retroreflektor oder als diffus reflektierende Oberfläche ausgebildet ist, wobei direkt vor dem Fotodetektor (7) eine Sammeloptik vorhanden ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, bei der der Reflektor (5) als Hohlspiegel ausgebildet ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei der die Absorptionsmessstrecke zur Laserspektroskopie im
oberen Bereich eines Flugzeugtanks (1) positioniert ist.
- 5 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 7,
bei der die Absorptionsmessstrecke zur Laserspektroskopie in
eine senkrechte Durchführung in der Tankwand (2) positioniert
und fixiert ist.
- 10 9. Vorrichtung nach Anspruch 8,
bei der die Absorptionsmessstrecke zur Laserspektroskopie in
eine Gewindebohrung in der Tankwand (2) eingeschraubt ist.
10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
15 bei der zur Darstellung der Absorptionsmessstrecke die Tank-
wand (2) eine vom wesentlichen Tankvolumen durch eine Dros-
selstelle getrennte Ausbuchtung oder einen Leitungsanschluss
aufweist, wobei die Absorptionsmessstrecke an dem tankabge-
wandten Ende der Ausbuchtung oder der Leitung in ein mit dem
20 Tankvolumen in Verbindung stehenden Messgasvolumen darge-
stellt ist.
11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei der zur Darstellung einer Referenzzelle mit Sauerstoff
25 nach einer Strahlteilung eines Messstrahles ein Referenzweg
außerhalb des Tanks (1) vorhanden ist.
12. Verfahren zur Detektion von Sauerstoff in einem Messgas-
volumen in Flugzeugtanks (1) unter Einsatz der Laserspektro-
30 skopie, wobei sowohl die Anwesenheit von Sauerstoff als auch
dessen Konzentration gemessen wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12,
wobei die Überwachung von Zündgrenzen zündfähiger Gemische
35 durch die Detektion der Konzentration von Sauerstoff ausge-
führt wird.

13

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13,
wobei für den Fall, dass ein ausgewählter Teilbereich des
Spektrums des Sauerstoffs verglichen wird mit dem Spektrum
einer aktuellen Messung, eine Selbstjustierung bezüglich der
5 Linie im Sauerstoffspektrum vorgenommen wird.

1/1

FIG 1

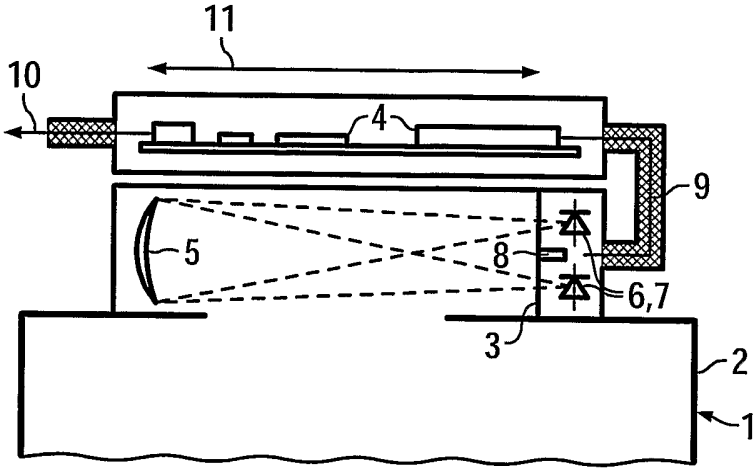
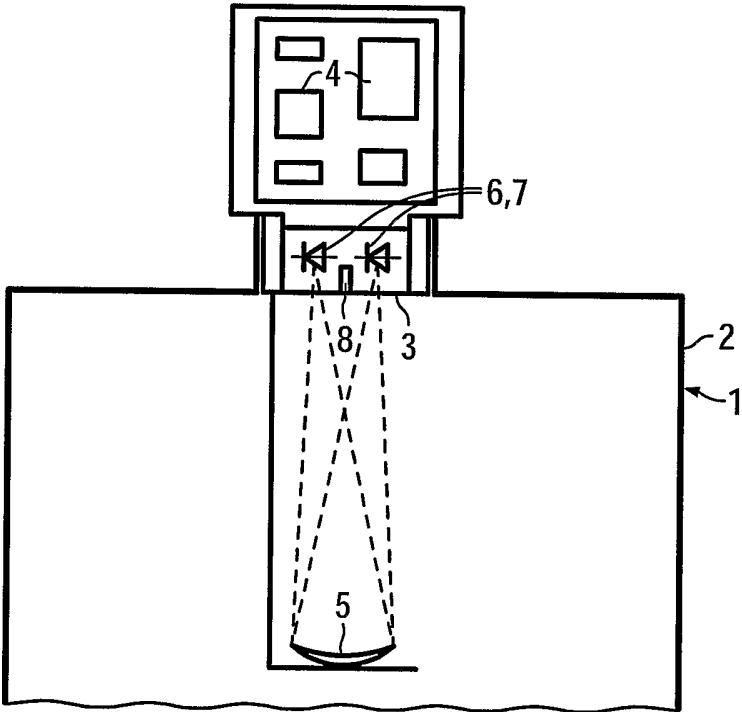


FIG 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/051062

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B64D37/32 G01N21/39 G01N21/35

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B64D G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6 136 267 A (BERGMAN JACOB) 24 October 2000 (2000-10-24) column 3, line 33 - column 4, line 5; figures	1-9, 11-14
Y	EP 0 874 233 A (SIEMENS AG) 28 October 1998 (1998-10-28) column 1, lines 3-6, 22-25 column 3, lines 3-56 column 4, line 14 - column 5, line 29; figures	1-9, 11-14
Y	US 5 047 639 A (WONG JACOB Y) 10 September 1991 (1991-09-10) figure 1	4
	----- -/-- -----	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 August 2004

Date of mailing of the international search report

03/09/2004

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

Salentiny, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/051062

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 984 267 A (TULIP JOHN) 8 March 2000 (2000-03-08) paragraphs '0005!, '0006!, '0014!; figures -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/051062

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6136267	A	24-10-2000	WO 9961108 A1	02-12-1999
EP 0874233	A	28-10-1998	DE 19717145 A1	29-10-1998
			EP 0874233 A2	28-10-1998
			NO 981768 A	26-10-1998
			US 6353225 B1	05-03-2002
US 5047639	A	10-09-1991	NONE	
EP 0984267	A	08-03-2000	US 6121627 A	19-09-2000
			CA 2279561 A1	29-02-2000
			EP 0984267 A1	08-03-2000
			NO 994193 A	01-03-2000

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/051062

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 B64D37/32 G01N21/39 G01N21/35

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B64D G01N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 6 136 267 A (BERGMAN JACOB) 24. Oktober 2000 (2000-10-24) Spalte 3, Zeile 33 - Spalte 4, Zeile 5; Abbildungen	1-9, 11-14
Y	EP 0 874 233 A (SIEMENS AG) 28. Oktober 1998 (1998-10-28) Spalte 1, Zeilen 3-6, 22-25 Spalte 3, Zeilen 3-56 Spalte 4, Zeile 14 - Spalte 5, Zeile 29; Abbildungen	1-9, 11-14
Y	US 5 047 639 A (WONG JACOB Y) 10. September 1991 (1991-09-10) Abbildung 1	4
	----- -/-	

☒ 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

23. August 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

03/09/2004

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

Salentiny, G

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/051062

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 984 267 A (TULIP JOHN) 8. März 2000 (2000-03-08) Absätze '0005!, '0006!, '0014!; Abbildungen -----	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/051062

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 6136267	A	24-10-2000	WO	9961108 A1	02-12-1999
EP 0874233	A	28-10-1998	DE	19717145 A1	29-10-1998
			EP	0874233 A2	28-10-1998
			NO	981768 A	26-10-1998
			US	6353225 B1	05-03-2002
US 5047639	A	10-09-1991	KEINE		
EP 0984267	A	08-03-2000	US	6121627 A	19-09-2000
			CA	2279561 A1	29-02-2000
			EP	0984267 A1	08-03-2000
			NO	994193 A	01-03-2000