

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2009-505041
(P2009-505041A)

(43) 公表日 平成21年2月5日(2009.2.5)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 L 11/02 (2006.01)	GO 1 L 11/02	2 F 0 5 5
GO 1 L 21/00 (2006.01)	GO 1 L 21/00 Z	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2008-525357 (P2008-525357)
 (86) (22) 出願日 平成18年7月18日 (2006.7.18)
 (85) 翻訳文提出日 平成20年2月6日 (2008.2.6)
 (86) 国際出願番号 PCT/CH2006/000375
 (87) 国際公開番号 W02007/019714
 (87) 国際公開日 平成19年2月22日 (2007.2.22)
 (31) 優先権主張番号 60/707,770
 (32) 優先日 平成17年8月12日 (2005.8.12)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

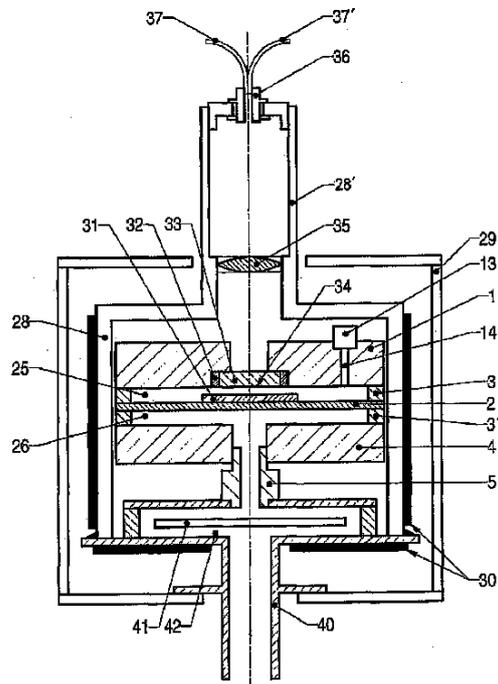
(71) 出願人 502079409
 インフィコン ゲゼルシャフト ミット
 ベシュレンクテル ハフツング
 スイス国 ツェーハー 7 3 1 0 パート
 ラーガツ ヒンターガッセ 1 5 ベー
 (74) 代理人 100064746
 弁理士 深見 久郎
 (74) 代理人 100085132
 弁理士 森田 俊雄
 (74) 代理人 100083703
 弁理士 仲村 義平
 (74) 代理人 100096781
 弁理士 堀井 豊
 (74) 代理人 100098316
 弁理士 野田 久登

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学式の干渉応用圧力センサ

(57) 【要約】

真空測定セルは、酸化アルミニウムからなる第1のハウジング本体(1)、およびその手前に縁部領域で真空を密封するように配置されて基準真空室(25)を形成する酸化アルミニウムからなるダイヤフラム(2)を含んでおり、酸化アルミニウムからなる第2のハウジング本体(4)は前記ダイヤフラム(2)に向かい合って縁部領域で真空を密封するように設けられるとともに、測定されるべき媒体のための接続手段(5)を備える測定真空室(26)を形成しており、前記第1のハウジング本体(1)には中央領域で光学的に透明な窓(33)が構成され、該窓の方を向いているダイヤフラム表面(31)は中央領域で光学的に反射をするように構成されており、前記基準真空室(25)の外部では前記窓(33)に向かい合いつつ間隔をおいて光ファイバ(37)が前記ダイヤフラム表面(31)へ光を出入力するために設けられており、前記光ファイバ(37)と前記窓の間にはレンズ(35)が前記ダイヤフラム表面(31)への光学的結合のために設けられており、この構造はファブリ・ペロ干渉計によって前記ダイヤフラム(2)の撓



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

酸化アルミニウムからなる第 1 のハウジング本体 (1)、およびこれからわずかな間隔をおいて配置されて縁部領域で真空を密封するように配置され、それぞれの間で基準真空室 (25) が形成されるようになっている酸化アルミニウムからなるダイヤフラム (2) を有しており、酸化アルミニウムからなる第 2 のハウジング本体 (4) が前記ダイヤフラム (2) に向かい合って縁部領域で真空を密封するように設けられるとともに、測定されるべき媒体と接続するための接続手段 (5) が連通する測定真空室 (26) を該ダイヤフラムとともに形成している真空測定セルにおいて、前記第 1 のハウジング本体 (1) には少なくとも中央領域で光学的に透明な窓 (33) が構成されるとともに、該窓の方を向いている前記ダイヤフラム (2) の表面 (31) は少なくとも中央領域で光学的に反射をするように構成されており、前記基準真空室 (25) の外部では前記窓 (33) に向かい合いつつ間隔をおいて光ファイバ (37) が前記ダイヤフラム (2) の前記表面 (31) へ光を出入力するために設けられており、前記光ファイバ (37) と前記窓の間にはレンズ (35) が前記ダイヤフラム表面 (31) への光学的結合のために設けられており、この構造はファブリ・ペロ干渉計によって前記ダイヤフラム (2) の撓みを検出するための測定区間を形成するようになっていることを特徴とする測定セル。

10

【請求項 2】

前記ダイヤフラム (2) はサファイアの形態の酸化アルミニウムでできていることを特徴とする、請求項 1 に記載の測定セル。

20

【請求項 3】

前記第 1 のハウジング本体 (1) は少なくとも部分的にサファイアの形態の酸化アルミニウムでできている、当該部分は光学的に透過性の前記窓 (33) を形成するために中央領域に位置していることを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の測定セル。

【請求項 4】

前記窓 (33) はサファイアの形態の酸化アルミニウムからなる別個の挿入部品として構成されるとともに、前記第 1 のハウジング部分の中央領域で真空を密封するようにシール材 (32) と結合されていることを特徴とする、請求項 (3) に記載の測定セル。

【請求項 5】

前記ダイヤフラム (2) は少なくとも前記反射領域のためにコーティング (31) を有しており、有利には完全反射をするコーティング (31) を有していることを特徴とする、前記請求項のうちいずれか 1 項に記載の測定セル。

30

【請求項 6】

前記反射コーティング (31) は主として貴金属を含んでおり、有利には金を含んでおり、有利には前記ダイヤフラム (2) の表面と前記反射コーティングとの間に有利にはクロムを含む別の層が付着媒介のために設けられていることを特徴とする、請求項 5 に記載の測定セル。

【請求項 7】

少なくとも部分的に透明な前記第 1 のハウジング部分 (1) または前記窓 (33) の内側に位置する表面 (43) は部分透過性のコーティングを備えており、有利には半透明のコーティングを備えていることを特徴とする、前記請求項のうちいずれか 1 項に記載の測定セル。

40

【請求項 8】

光学的に作用する前記表面はできるだけ平行に構成されており、両方の窓表面の角度誤差 θ_1 とダイヤフラム表面の角度誤差 θ_2 と前記ダイヤフラム表面 (31) の反射領域の角度誤差 θ_3 との総和 $|\theta_1 + \theta_2 + \theta_3|$ は 0.05 mrad の合計値を超えていないことを特徴とする、前記請求項のうちいずれか 1 項に記載の測定セル。

【請求項 9】

前記ダイヤフラム (2) の酸化アルミニウムの純度は少なくとも 96% であり、有利には少なくとも 99.5% であることを特徴とする、前記請求項のうちいずれか 1 項に記載

50

の測定セル。

【請求項 10】

前記第 1 のハウジング部分 (1)、前記ダイヤフラム (2)、および接続管 (5) を備える前記第 2 のハウジング部分 (4) からなる測定セル構造は加熱部 (30) で取り囲まれており、該加熱部は有利には 100 から 600 の範囲内で測定セル温度を調整するための加熱部 (30) として構成されていることを特徴とする、前記請求項のうちいずれか 1 項に記載の測定セル。

【請求項 11】

前記光ファイバ (37) と前記窓 (33) との間隔は保持手段 (28') を含めて前記光ファイバの温度が 100 を超えないように設定されていることを特徴とする、前記請求項のうちいずれか 1 項に記載の測定セル。

10

【請求項 12】

前記基準真空室 (25) を取り囲む前記第 1 のハウジング部分 (1) の内側の表面 (34) と、これに向かい合う前記ダイヤフラム (2) の表面とは 2 μ m から 50 μ m の範囲内で間隔をおいており、有利には 12 から 35 μ m の範囲内で間隔をおいていることを特徴とする、前記請求項のうちいずれか 1 項に記載の測定セル。

【請求項 13】

前記第 1 のハウジング本体 (1) と前記第 2 のハウジング本体 (4) はその間に介在する前記ダイヤフラム (2) との間で対称に、かつ実質的に応力なく封止をするように縁部領域で結合されていることを特徴とする、前記請求項のうちいずれか 1 項に記載の測定セル。

20

【請求項 14】

前記結合は溶接として、拡散接合として、または有利には特にはんだガラスを用いるはんだ結合として施工されていることを特徴とする、請求項 13 に記載の測定セル。

【請求項 15】

前記ダイヤフラム (2) は 10 μ m から 250 μ m の範囲内の厚みを有しており、有利には 10 μ m から 120 μ m の範囲内の厚みを有していることを特徴とする、前記請求項のうちいずれか 1 項に記載の測定セル。

【請求項 16】

ダイヤフラム材料の平均粒子サイズは 20 μ m、有利には 10 μ m、特に 5 μ m であることを特徴とする、請求項 15 に記載の測定セル。

30

【請求項 17】

前記ダイヤフラム (2) の断面では厚み方向に少なくとも 2 つの粒子、有利には少なくとも 5 つの粒子が存在していることを特徴とする、請求項 15 または 16 に記載の測定セル。

【請求項 18】

前記ダイヤフラム (2) の浅い起伏は 10 μ m を超えておらず、有利には 5 μ m を超えていないことを特徴とする、前記請求項のうちいずれか 1 項に記載の測定セル。

【請求項 19】

前記第 1 のハウジング (1) の表面または内部に、前記基準真空室 (25) との連通部 (14) を有する、ゲッター (10) を収容するための容積部 (13) が設けられており、前記容積部 (13) は蓋 (8) で封止をするように閉じられていることを特徴とする、前記請求項のうちいずれか 1 項に記載の測定セル。

40

【請求項 20】

前記セルの直径は 5 から 80 mm の範囲内にあり、有利には 5 から 40 mm の範囲内にあることを特徴とする、前記請求項のうちいずれか 1 項に記載の測定セル。

【請求項 21】

請求項 1 から 20 までのいずれか 1 項に記載の測定セルもしくはその一部を製造する方法において、

窓 (33) を形成するために少なくとも中央領域に光学的に透明な区域を備える第 1 の酸

50

化アルミニウム・ハウジングプレート(1)を製作し、内側の表面(34)は光学的に部分反射をするように構成されるステップと、

プレート(4)の表面を連通させる配管開口部を備えた第2の酸化アルミニウム・ハウジングプレート(4)を製作し、前記プレート(4)には接続管(5)が封止をするように、かつ配管と連通するように取り付けられるステップと、

表面で光学的に反射をするように構成された酸化アルミニウム・ダイヤフラム(2)を製作するステップと、

前記プレート(1,4)を組み立てて、前記ダイヤフラム(2)が前記プレート(1,4)の間に間隔をおきながら位置してその縁部領域で周回をするように真空気密に前記プレート(1,4)と結合されるようにするとともに、前記第1のプレート(1)および前記ダイヤフラム(2)の光学的に反射をする前記表面(31,34)は互いに向き合うように位置してその間に介在する基準真空室(25)を区切るようにし、前記接続管(5)と反対を向いているほうの前記第2のプレート(4)の表面は前記ダイヤフラム(2)とともに測定真空室(26)を区切っており、

かつ、前記基準真空室(25)の外部ではその前記窓(33)と向かい合いつつ間隔をおいて光ファイバ(37)が前記ダイヤフラム(2)の前記表面(31)へ光を出入力するために取り付けられ、前記光ファイバ(37)と前記窓の間にはレンズ(35)が前記ダイヤフラム表面(31)への光学的結合のために配置され、この構造はファブリ・ペロ干渉計によって前記ダイヤフラム(2)の撓みを検出するための測定区間を形成するようにするステップと、

前記配管(14)とつながれたゲッター(10)を活性化させながら前記配管(14)を通じて前記基準真空室(25)を排気し、目標真空に達してから前記配管(14)を前記ゲッター(10)とともに真空気密(8)に閉止するステップとを含んでいる、測定セルを製造する方法。

【請求項22】

前記酸化アルミニウム・ダイヤフラム(2)の製作は、前記ダイヤフラムが酸化アルミニウム・スラリーから成形されるステップと、次いで、前記ダイヤフラムを焼結するための第1の加熱ステップが炉で行われ、それに続いて冷却されるステップと、

次いで、第2の加熱ステップで前記ダイヤフラムが再度加熱され、それによって平滑化されてから冷却されるステップとを含んでいることを特徴とする、請求項21に記載の測定セルを製造する方法。

【請求項23】

第3の加熱ステップが平滑化のために行われ、前記第1の加熱ステップの焼結温度はそれ以後の1回または複数回の前記平滑化加熱ステップの温度に比べて高いが、有利には100よりも高くはないことを特徴とする、請求項22に記載の方法。

【請求項24】

1回または複数回の前記平滑化加熱ステップの間に前記ダイヤフラム(2)は平坦なプレートの間で圧縮により平滑化され、特に重量負荷によって平滑化されることを特徴とする、請求項22から23までのいずれか1項に記載の方法。

【請求項25】

前記第1のハウジング部分(1)、前記ダイヤフラム(2)、および前記第2のハウジング部分(4)からなる測定セルの周囲に加熱部(30)が100から600の範囲内の温度へ加熱をするために配置され、保持部(28')を含めた前記第1のハウジング本体(1)に対する前記光ファイバ(37,37')の間隔は前記光ファイバ(37,37')で100の温度を超えないように構成されることを特徴とする、請求項21から24までのいずれか1項に記載の方法。

【請求項26】

前記請求項のうちいずれか1項に記載の測定セルの利用法において、1%よりも優れた解像度で、有利には0.3%よりも優れた解像度で、1000mbarよりも低い圧力の

10

20

30

40

50

ため、有利には1 m b a rよりも低い圧力のための利用法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、請求項1の前提項に記載されている真空測定セルに関し、および、請求項2の前提項に記載されている測定セルを製造する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体産業は、特に次のような技術を用いて半導体を製造している：化学気相成長法（CVD）、物理気相成長法（PVD）、イオン注入、および（ドライ）エッチングプロセス。半導体産業におけるプロセスの典型的な圧力範囲、および真空測定セルの圧力範囲が図1aに示されている。図1aに示されるとおり、このプロセスは典型的には 10^{-4} から10 m b a rの範囲内で進行する。これに適用するための典型的なプロセス測定セルは、容量式のダイヤフラム測定セルである。

10

【0003】

特に、最大300 もしくは特定の用途では潜在的にそれ以上の温度での圧力測定を必要とする原子層堆積法（ALD）が半導体製造プロセスへ導入されたことで、高温ダイヤフラム測定セルに対する市場の需要が今後高まるものと予想される。ALDの装置構成は、今日、最大200 の温度での高温 - 容量式ダイヤフラム - 測定セル（CDGs）のもっとも重要な受容を担う減圧CVD（LPCVD）やCVD装置の装置構成にきわめて類似している。

20

【0004】

容量式のダイヤフラム測定セル（CDG）は、しっかりした物体に張り渡され、それによって2つの空間を互いに区切る薄いダイヤフラムの弾性変形に依拠するものである。これらの空間内の圧力変化がダイヤフラムを動かす契機となる。ハウジングとダイヤフラムの間の距離が変化する。圧力が高いとき、ダイヤフラムは圧力が低いときよりも大きく撓む（図1、図6aおよび図6b参照）。分割領域では、ダイヤフラムおよびダイヤフラムに向かい合う基体に金属電極が取り付けられている。これら両方の金属電極がコンデンサ・キャパシタンスを形成する。したがって、キャパシタンス変化が圧力変化を表す目安になる。このような測定原理はガスの種類に左右されない。

30

【0005】

薄いダイヤフラムに圧力を作用させ、その撓曲を測定することによって、圧力ないし圧力差を測定することが知られている。このようなダイヤフラムの撓曲を測定する1つの公知の適切な方式は、ダイヤフラム構造を可変な電気キャパシタンスとして構成することであり、測定電子装置を通じて、圧力変化と相関関係にあるキャパシタンス変化が周知のやり方で評価される。キャパシタンスは、薄い可撓のダイヤフラム面がこれよりも広い面に対してわずかな間隔をおいて配置され、互いに向かい合う両方の表面が導電性の被膜でコーティングされているか、または導電性材料でできていることによって構成される。ダイヤフラムに圧力が作用すると、撓曲によって両方の電極間の間隔が変化し、このことは構造の評価可能なキャパシタンス変化につながる。この種のセンサはシリコンで大量の個数が製造されている。この場合、平坦な基体とダイヤフラムとはいずれも完全にシリコン材料でできていることが多い。たとえばシリコンとガラス下層といったコンビネーション型の材料組成を有する施工形態もある。それによってセンサを低コストに製造することができる。真空の用途については、この種の圧力センサは、通常、約 10^{-1} m b a rから数b a rまで範囲内の比較的高い圧力領域についてのみ適用可能である。およそ 10^{-1} m b a rよりも低い圧力での高い解像度は、シリコン素材を用いたのではもはや実現不可能である。特にその理由は、シリコンが表面で周囲と反応し、そのために敏感なセンサ特性が妨げられることにある。標準的な大気中に含まれる水蒸気があるだけで、表面での相応の反応につながってしまう。この問題は、化学的な攻撃性のある雰囲気の中かでセンサが使用される場合にはいっそう深刻になる。そこで、このようなシリコン製センサを表面の

40

50

不活性化によって攻撃性の外部要因から防護することが試みられてきた。ドイツ特許出願公開第4136987号明細書に記載されているように、化学的に攻撃性のある環境に対する耐性と抵抗性を高めるために、表面に保護被覆を設けることも試みられている。このような方策は高いコストがかかり、ダイヤフラムのように機械的に変形可能な部品では、特に真空エッチング法で使用されるようなフッ素、臭素酸、およびその化合物といった特別に攻撃性のある媒体の場合、限定的にしか成果が挙げられない。

【0006】

そこで、真空用途向けの圧力測定セルを全面的に Al_2O_3 のような耐腐食性材料で製作することが試みられてきた。この種の公知の構成は、その総体に関して本発明の統合された構成要素である米国特許第6,591,687号明細書に公開されている。

10

【0007】

このような容量式の真空測定セルは、特に Al_2O_3 のようなセラミックで全面的に製作されている。それにより、非常に高い耐腐食性と、長期間保たれる再現性とが実現される。密閉をしなくてはならない領域、またはブッシングを設けなくてはならない領域でのみ、異物材料の添加なしには Al_2O_3 が溶接されない場合に限って Al_2O_3 とは異なる材料が少量だけ用いられる。セルは第1のプレート状のハウジング本体で構成されており、その上方にダイヤフラムが縁部領域で封止をするように配置されており、それによってダイヤフラムが基準真空を取り囲むようになっている。基準真空室と反対を向いている側では、第2のハウジング本体が同じく縁部領域で封止をしながら閉止するように間隔をおいて配置されており、それによって測定真空室がそこに形成される。この測定真空室は、測定されるべき媒体を引き込むための接続部を備えている。基準真空室を構成する第1のハウジング本体とダイヤフラムの表面は、たとえば金などで導電性のコーティングが施されており、キャパシタンス測定セルの電極を形成している。さらにこれらの電極は、たとえば第1のハウジング本体または縁部区域の封止領域から引き出されている。実質的に平行に配置された電極面は、 $2\mu m$ から $50\mu m$ の範囲内の間隔を有している。両方のハウジングに対する縁部領域でのダイヤフラムの密閉は、たとえばレーザ溶接等の溶接によって行われるのが好ましい。あるいは、同じく耐腐食性のあるはんだガラスも非常に適しており、かつ適用が容易である。封止をする結合のさらに別の方法の要諦は、 Al_2O_3 と異なる材料を完全に回避することが重要な場合、たとえば未加工品段階でハウジング部品を拡散接合することにある。

20

30

【0008】

本発明による測定セルの構成は、基本的に、ハウジング内でのあらゆる応力を回避する対称な構造を可能にする。このことは、高い測定感度を実現し、低い測定圧力を高い精度と再現性で実現するために特に重要である。それによってさらに、測定セルが 100 mbar よりも低い真空圧力、特に 10 mbar よりも低い真空圧力を、容量式の完全セラミック製測定セルによって高い信頼度で検出しようとする場合に絶対に必要となる、非常に薄いセラミック製のダイヤフラムを使用することが可能となる。そのためには $10\mu m$ から $250\mu m$ のダイヤフラム厚が必要であり、非常に優れた解像度を実現するためには $10\mu m$ から $120\mu m$ のダイヤフラム厚が好ましい。典型的なダイヤフラム厚の範囲はたとえば次のとおりである：

40

- ・ 1000 トルのときダイヤフラム厚 $760\mu m \pm 10\mu m$
- ・ 100 トルのときダイヤフラム厚 $345\mu m \pm 10\mu m$
- ・ 10 トルのときダイヤフラム厚 $150\mu m \pm 10\mu m$
- ・ 1 トルのときダイヤフラム厚 $100\mu m \pm 10\mu m$
- ・ 0.1 トルのときダイヤフラム厚 $60\mu m \pm 10\mu m$
- ・ 0.01 トルのときダイヤフラム厚 $40\mu m \pm 10\mu m$

このように薄いダイヤフラムは製造が格別に難しく、焼結ステップの後に少なくとも1回の別の平滑化ステップを必要とする。さらに、ダイヤフラムが十分にヘリウム密度を有していることが特別に重要であり、このことは、ダイヤフラム材料の粒子サイズが大きすぎることがなく、 $<20\mu m$ の範囲内で変動している場合にのみ実現することができる。

50

さらに小さい $< 10 \mu\text{m}$ の粒子サイズが好ましく、特に $< 5 \mu\text{m}$ の粒子サイズが好ましい。いずれの場合でも、ダイヤフラムの厚み方向の断面で見たときに、少なくとも2つの粒子が存在しているのがよく、相上下する5つを超える粒子があるとダイヤフラムが格別に稠密になる。

【0009】

測定セルの実現可能な精度についてのさらに別の重要な基準は、ダイヤフラム面の平坦性である。面全体にわたる起伏は、いかなる場合にも電極間隔の30%を上回るべきでなく、15%を上回らないのがいっそう好ましい。このことは、面全体にわたる起伏が $10 \mu\text{m}$ よりも大きくなく、好ましくは $5 \mu\text{m}$ よりも大きくないのがよいことを意味している。このとき起伏とは、もっとも低い点ともっとも高い点との差異として定義される。使用されるダイヤフラムの酸化アルミニウムの純度は、相応に優れた長期安定性を得るために、少なくとも94%であるのがよく、値が99%を上回っているのが好ましい。

10

【0010】

縁部領域に位置するダイヤフラム封止部の品質に影響を及ぼすことがないようにするために、導電性層は、ダイヤフラム封止部ないしダイヤフラム溶接部から直接ではなく、第1のハウジング本体に配置されたブッシングを介して引き出されるのが好ましい。

【0011】

基準真空室は、測定セルの正確な機能を長期間を通じて保証できるようにするために、高い品質の長期安定的な真空を有していなくてはならない。そのために排気後に、好ましくは小さい容積で第1のハウジングに配置されて基準真空室と連通するゲッターが設けられる。このゲッターは、測定されるべき圧力よりも基準真空圧が低くなるように、ただし好ましくは少なくとも10倍だけ低くなるように作用する。特に測定セルの汚染を回避するために、揮発性ではない種類のゲッターを選択するのがよい。

20

【0012】

上述したような測定セルは非常にコンパクトかつ低コストに構成することができる。このようなセルの直径は5から80mmの範囲内に収めることができ、測定セルは5から40mmの直径を有しているのが好ましい。このようなセルの厚みは2mmから25mmの範囲内にあるのが好ましい。

前述した特性を有する、機能性のある測定セルを製造するには、相応の製造方法を遵守することが非常に大切である。特に、薄いセラミックダイヤフラムの製造には特別な方策が必要である。ダイヤフラムばかりでなく測定セルの全体的構造も、特別に内部応力が生じないように行わなくてはならない。

30

【0013】

Al_2O_3 からなる適切なダイヤフラムは、セラミック分野で通常行われているように、まず特定の処方に基づくスラリーが調合され、次いでねり粉状の素材がたとえばプラスチックフィルム等の帯状の支持材料の上へ薄く均等に塗布されることによって製作される。このフィルムを乾燥させた後、気泡や穴などの不具合個所がないかどうか検査する。こうしてできた、まだ焼結されていないのでまだ柔軟であるこの素材を基体と呼ぶ。そして希望するダイヤフラム形状が帯状の基体材料から切り出され、このときには基体材料はまだフィルムに付着している。裁断はたとえばカッターで行われ、好ましくはレーザーで行われる。後にセラミックダイヤフラムとなる面に対して、切断エッジのところでは反りないし隆起がダイヤフラムの波打ちの程度を規定するように生じないように、基体の裁断ないし溝入れは格別に慎重に行わなくてはならない。カッターで切断をするときは、そのためにたとえば切断工程と同時にダイヤフラム側で、基体の強すぎる反りを防止する圧着ホイールと一緒に案内することができる。次いで、ダイヤフラムがエッジ部から引き剥がすことによって、好ましくは円形に裁断されたダイヤフラムのフィルムからの慎重な分離が行われる。引き続いてダイヤフラムが炉のなかで焼結される。

40

【0014】

焼結をするために、硬く焼成された平坦な Al_2O_3 プレートの上にダイヤフラムを載せ、たとえば相上下して間隔をおきながら積み重ねて、典型的には1630 で焼結する

50

のが好ましい。温度は約400分間にこの1630まで上げていき、すなわち1分あたり4の温度上昇で上げていき、次いで数分間、たとえば6分間、この温度のまま放置し、次いで、第1のステップでは約210分のあいだ1分あたり3のゆっくりとした温度低下で1000まで引き下げ、次の第2のステップでは約170分のあいだ1分あたり6の温度低下で再び周囲温度まで冷却する。すると、基体に比べて硬質で純粋なセラミック組織をもつセラミックダイヤフラムができ、基体材料の添加剤は気化している。この焼結ステップの後、ダイヤフラムには著しく起伏があり、直径が約40mmの場合には数ミリメートルの反りを有している。

【0015】

ダイヤフラムはこの状態のとき、強い反りと内部応力が材料にあるために、まだ使用することはできない。少なくとも1回の別のステップでダイヤフラムを平滑化しなければならない。このことは、炉のなかでさらに別の加熱ステップをダイヤフラムに施すことによって行われる。このとき、ダイヤフラム直径が40mmの場合に好ましくは数十から数百グラムの重量を有し、たとえば約60グラムの重量を有し、もしくは相応に重しをつけられた、硬質焼結された非常に平坦なしっかりした Al_2O_3 プレート(「死焼」 Al_2O_3 すなわち大粒子の Al_2O_3 ともいう)の間へダイヤフラムを丁寧に置く。温度を1分あたり4ずつ約390分のあいだゆっくりと約1570まで上げていく。この温度での数十分間、たとえば25分間の短い停滞時間の後、1000に達するまで、1分あたり約5ずつ約115分のあいだ再び温度をゆっくりと下げていく。次いで周囲温度に達するまで、1分あたり約6ずつ約166分のあいだ温度をさらに下げていく。このよう
20
な平滑化ステップの後、数十分の1ミリメートルのごくわずかな反りしか有していないダイヤフラムが得られる。この平滑化ステップで重要なのは、温度が第1の焼結加熱ステップよりも高くないことであり、好ましくは最大100まで焼結温度を下回っていることである。求められる測定セル品質のために必要とされる良好な結果を得るためには、この平滑化ステップを少なくとも2回実施しなくてはならない。

【0016】

経済面の理由から、平滑化加熱ステップは、2回を超える平滑化ステップが必要ないように実施するのがよい。それぞれの平滑化ステップの間にダイヤフラムを丁寧にプレートから剥がし、若干ずれた位置へ再び載せることによって、特別に優れた結果が得られる。好ましくは、ダイヤフラムを裏返して載せることさえ可能である。ダイヤフラムが間に挟
30
まれた複数の平坦なプレートの積層を使用することは、この構造体を格別に経済的なものにする。こうして10 μ mから250 μ mの範囲内の厚み、有利には<120 μ mの厚みを選択的に有してよいダイヤフラムができる。本方法により、面全体にわたって10 μ mよりも優れた、有利には5 μ mよりも優れた、ダイヤフラムの平坦性を実現することができる。このときダイヤフラム材料の粒子は平均して20 μ mよりも小さく、有利には10 μ mよりも小さく、5 μ mよりも小さい粒子さえ実現することができる。それにより、厚み方向に少なくとも2つの粒子、さらに好ましくは少なくとも5つの粒子が存在して
40
いなくてはならないという要求も、容易に満たすことができる。このようにして測定セルの要求事項のために必要な、ヘリウムが稠密なダイヤフラムを具体化することができる。こうしてダイヤフラムは、引き続いて測定セル構造で使用するための準備が整う。

【0017】

次に、ダイヤフラムならびに Al_2O_3 からなる第1のハウジング本体の平坦な表面に、電極を構成するための導電性被覆を施す。そのために、たとえば金属を含有する、たとえば金を含有するインキを使用することができ、たとえば刷け塗り、スプレー塗布、および/または有利には印刷される。さらに別の方法の要諦は、真空蒸着によって、有利にはスパッタリングによって、導電性層を生成することにある。層を正確かつ定義どおりに製作できるようにするために、たとえば最初は比較的厚く約1 μ mに塗布された金属層が、次いで、有利にはイオンエッチングないしスパッタエッチングのようなエッチング方法によって数ナノメートルの厚みになるまで、たとえば約5nmになるまで、内部領域で再び薄くされると好ましい。このようにして比較的厚い縁部領域が生じ、この縁部領域は、たと
50

えばはんだ付けされるときに拡散損失を補償する。実際問題として簡単に適用可能で好ましい1つの方法の要諦は、まず最初に数nmの薄い層を面全体にわたって塗布し、次いで、縁部のところに金の厚い層をスクリーン印刷で(すなわち組み合わせ方式と、異なる層厚で)塗布することにある。このようにして処理されたダイヤフラムないしハウジングを、次いで数百度の温度で、有利には650の範囲の温度で調質する。使用すべき材料を相応に選択していれば、850までの温度を適用することができるのが格別に好ましい。

【0018】

測定側に配置される第2のセラミックハウジングは、十分に広い測定真空室を形成するためにダイヤフラム側に浅い切欠きを有してよい、平坦なセラミックプレートからな

10

【0019】

封止が行われる周辺領域でダイヤフラムに、有利にはスクリーン印刷法によって、ガラスペーストを両面に施す。乾燥させた後、ガラスペーストのついたダイヤフラムを炉のなかで数百で、有利には約670で焼成する。次いでガラス表面を両側で研磨し、このときに後の電極間隔も定義されるのが好ましい。

【0020】

電極側の上側のセラミックハウジングには、遮蔽部を形成するために、すでに述べたコーティングプロセスによって導電性層を外側へ追加的に施すことができる。さらに、この場合にも接続個所がハウジングに取り付けられる。その次のステップで、電極接続用の電気プッシングのための穴を、有利には銀で金属被覆する。

20

【0021】

テスト段階では、電極およびプッシングを備える第1のハウジングを、その上に載せたダイヤフラムとともに密閉性および電極距離に関して検査する。次いで、下側のハウジング部分を載せて構造全体に重量負荷をかけ、同じく機能と距離をテストする。引き続いて組立フレームで、場合により追加としてゲッター接続部の載置が行われ、約200グラムの重量負荷のもとでガラス封止材の焼成が数百で、有利には約630で行われ、続いて、所要の間隔が守られているかどうかテストが行われる。場合によりもう1回の重量負荷または重量負荷軽減ともう1回の焼成工程によって、ダイヤフラム間隔を修正することができる。封止の工程は非常に慎重に行わなくてはならず、すでに述べたように、測定セル構造には応力が発生しないのがよい。別案として、はんだガラスまたはその他の封止材に代えて直接的な溶接を行うこともでき、有利にはレーザ溶接を行うことができる。

30

【0022】

次に、この公知の測定セル構造について、図面を参照しながら模式的かつ一例として説明する。

【0023】

実質的に全面的にダイヤフラムを中心として対称な構造をもつ、 Al_2O_3 からなる本発明による容量式の測定セルが図1の断面図に示されている。第1のハウジング1は、セラミックのダイヤフラム2に対して $2\mu m$ から $50\mu m$ の間隔をおきながら、縁部領域で封止をするように結合されて基準真空室25を取り囲む、 Al_2O_3 からなるセラミックプレートでできている。両方の面の間隔は、通常、ダイヤフラムとハウジング縁部の間に介在する封止材料3を通じて組立時に直接調整される。このようにして、全面的に平坦なハウジングプレート1を使用することができる。これと同じやり方で、向かい合うダイヤフラム側にある第2のハウジング4には、測定されるべき媒体が接続管5を介してハウジング4の穴を通して到達可能な測定真空室26が形成される。

40

【0024】

図2には、測定セルの縁部領域の拡大図が断面図として示されている。ダイヤフラム2の両側にあるシール材3が、前述したように、両方のハウジング1および4の間隔を定義

50

する。このシール材はたとえば有利には、容易に取扱可能でたとえばスクリーン印刷によって塗布することができるはんだガラスである。38mmの外径と30mmの自由なダイヤフラム内径とを有する典型的な測定セルでは、間隔3は約2から50 μm であり、有利には12から35 μm である。その場合、たとえば第1のハウジング1は厚さ5mmであり、第2のハウジング4は厚さ3mmである。第2のハウジング4は、測定真空室26を広くするために、図1に示すように深さ約0.5mmの切欠きを内部領域に備えているのが好ましい。ダイヤフラム2とハウジング1は、基準真空室側で、導電性層7によりそれぞれコーティングされている。これら両方の層は互いに電気接続されていない。層7はたとえば刷け塗布、印刷、スプレー塗布、真空方式で塗布することができる。これらの層は、蒸着やスパッタリングなどの真空方式によって塗布されるのが好ましい。層の材料として特別に適しているのは金であり、これがたとえば1 μm の層厚で蒸着され、その後スパッタエッチングによって数ナノメートルまで、たとえば5nmまで薄くされる。それによって層を厚みに関して定義するとともに、十分に薄く、応力が生じないように調整することができる。ダイヤフラムの電気接続7は、有利にはハウジング1を通る真空気密な導電性のブッシング6によって行うのが好ましく、そこでこれらを実験電子装置と接続することができる。

10

第1のハウジング本体1を通る補償通路、およびゲッター構造は図2には図示していない。

【0025】

長期安定的な基準真空を室25で維持できるようにするために、図4に示すようにゲッター10が設けられる。このゲッターは、基準真空室25に気化粒子が入らないようにするために、気化可能でないゲッターであるのが好ましい。ハウジング1には、連絡部14ないし排気配管を介して基準真空室25と連通された、ゲッター10を収容するためのゲッター室13が設けられている。ゲッター室13はハウジング1の上に載置することもできるが、ハウジング1に穿設するほうが好ましい。排気配管14を介して基準真空室25を排気するとき、ゲッター室13は、蓋8がゲッター10と間隔をおいて開口部を開放することによって、排気装置と接続される。金属あるいはセラミックからなる蓋8は排気中に加熱されるので、ゲッターが活性化すると同時に脱ガスされる。ゲッターが活性化した後、排気をしながら、蓋8がハウジング1と蓋8の間の封止材料9とともに、封止するようにハウジング1へ圧着される。封止材料9はたとえばはんだガラスであってよい。ゲッターを蓋8に押し付ける保持ばね11は、ゲッター10が蓋8に対して熱的に良好に接触するように作用する。

20

30

【0026】

ゲッター構造のさらに別の変形例が図4に示されており、ここでは蓋8に対するゲッター10のより良い熱的な接触のために、有利にははんだである接触手段12がゲッター10と蓋8の間に取り付けられている。ここでの良好な熱伝達は、蓋8を介してゲッター10を外部から熱で活性化できるようにするために必要なものである。さらに、ゲッター10の活性化温度とはんだ9の溶融温度とが実質的に一致するように配慮されていれば、本例のゲッター構造は、1回の作業工程でのゲッターの活性化およびこれに引き続く蓋8の溶接を可能にする。

40

【0027】

製品として具体化されておりすでに大量の個数が販売されている、上に説明したコンセプトを踏まえた測定セルが、次の図5に一例として示されている。

【0028】

それでも実際の利用時には、容量式のダイヤフラム真空測定セルを用いた真空内の圧力測定に関連して、依然として種々の問題が生じている。

半導体産業および成膜産業では、センサは高温の食刻性ガスにさらされる。このようなプロセスガスのいくつかは、およびしばしばプロセスの生成物は、比較的温度の低い表面に凝結しやすい傾向がある。このような凝結を回避するために、もしくは低減するために、ダイヤフラム測定セルが加熱されるので、プロセスに曝露されるダイヤフラムはプロセス

50

ガスよりも高い温度を有することになり、その結果、ガスは特にシステム内の別の場所で凝結し、繊細なダイヤフラムでは凝結しないようになっている。このことが行われる理由は、ダイヤフラムの薄い層が成長するとダイヤフラムの層に応力が生じ、このことがダイヤフラムでの圧縮応力または引張応力につながり、その結果として、センサのドリフトが生起されるからである。したがってプロセスシステム全体が加熱されることも少なくともなく、それによって、いかなる形での凝結もほとんど生じ得ないようになる。

【0029】

容量式の測定技術は非常に感度が高く、長期安定性のある測定技術であるが、電磁的な干渉（EMI）に対しても非常に敏感である。したがって、前置増幅器や周波数変換器のキャパシタンス等のフロントエンドエレクトロニクスは、容量性部材にごく近接して配置されるのが好ましい。

10

【0030】

300 およびこれ以上のプロセス温度と周囲温度は、あらゆる種類の電気システムにとって困難な要求である。通常、電子装置は最高80 までの周囲温度に合わせて設計されており、軍用などの特殊なケースでも最高120 までである。

【0031】

200 までの温度については、リモートタイプのCDGセンサを使用するのが普通である（電子装置はケーブルを介して、加熱されるセンサから分離される）。この種の解決法は、温度勾配に関わる容量式の測定方式の問題を免れない。なぜなら、接続ケーブルもセンサヘッドと電子装置との間で構成される感度の高い容量式測定ゾーンの一部であり、電子装置が追加的にEMI（電磁干渉）をいっそう受けやすくなるからである。実際問題として、これら両方の効果はCDGの品質を望ましくない形で劣化させる。

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0032】

本発明の課題は、上述した従来技術の欠点を取り除くことにある。さらに、構成を経済的に製造可能であるのが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0033】

この課題は、本発明によると請求項1に記載の構成によって解決され、ならびに、請求項21に記載の真空測定セルを製造する方法に基づいて解決される。従属請求項はその他の有利な実施形態を定義している。

30

【0034】

光学式ダイヤフラム測定セル（ODG）の構成は、CDG測定セル構造の上述した重大な欠点を除去するものである。その場合、圧力依存的なダイヤフラムの撓みは光学系を用いてセンサで測定され、測定された信号が光ファイバによって、引き続いて光学信号を電気信号へ変換する光学式信号前処理ユニットへ伝送される。

この光学信号は、長い距離（キロメートルでさえ可能）にわたって伝送することができ、減衰されたり、主に電磁障害、振動、周囲温度の変化などの周囲の障害によって狂わされたりすることがない。

40

【0035】

文献には光学式ダイヤフラム測定セルがすでに記載されている（ロペス・イゲイラ（Lopez-Higuera）、2002； トツ（Totso）他、2003）。同文献には、原理的には上のような種類のダイヤフラム測定セルが記載されている。セルの読取りは光学式に行われる。2つの部分の距離を測定するために、多くの光学測定方式が知られている。しかし、圧力測定で実際に数十オングストローム（ 10^{-10} m）の領域の距離を測定しなければならない場合には、主としてファブリ・ペロの測定原理が考慮の対象となる。この場合の重要な用途は、化学プロセスの作動監視や生体医学の用途である。この種の公知のセンサは、大気圧を超える典型的な圧力で作動する。

【0036】

50

550 を超える温度でダイヤフラム撓みを測定するための光学方式は、たとえば「ルナ・イノベーションズ・ファイバー・オプティック・プレッシャー・センサ」(“Luna Innovations Fiber Optic Pressure Sensor”)のようないくつかの商業製品で具体化されており、ここではファブリ・ペロ干渉計側法が採用されている。タイトック社(Taitech)のセンサや、ダビッドソン・インストルメンツ(Davidson Instruments)のFISOテクノロジーは、シリコン技術であるMEMSを採用している。

【0037】

その場合、光はランプからガラスファイバへ導入される。その光はセンサヘッドへと案内され、半透過性のミラーを通り抜けて、ダイヤフラムの上にある反射ミラーに当たる。反射された光は再び部分反射性のミラーを通過し、このとき反射ミラーは、干渉計へと通じるガラスファイバに焦点合わせされている。

10

【0038】

本発明によるODG(基本構造に関して先に説明したCDGに依拠するセンサ構造)は、酸化アルミニウムからなるセンサである。基本的にこの酸化アルミニウムというセンサコンセプトは、この場合にもダイヤフラム撓みを光学的に読み取れるようにするための発展改良である。酸化アルミニウムのセンサヘッドコンセプトと、ファブリ・ペロのテクノロジーを基礎とする光学式の読取り原理との組み合わせが、格別に優れた結果につながるということが知られている。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0039】

次に、一例としての模式的な図面を参照しながら、本発明について詳しく説明する。

実質的に全面的にダイヤフラムを中心として対称に配置された構造をもつ本発明による Al_2O_3 からなる容量式の測定セルが、図10に断面図として示されている。第1のハウジング1は Al_2O_3 からなるセラミックプレートでできており、セラミックのダイヤフラム2に対して $2\mu m$ から $50\mu m$ の間隔をおいて縁部領域で封止をするように結合されて、基準真空室25を取り囲んでいる。両方の面の間の間隔は、通常、ダイヤフラム縁部とハウジング縁部との間に位置するシール材3, 3'を通じて、組立時に直接調整される。このようにして、全面的に平坦なハウジングプレート1を使用することができる。これと同じやり方で、向かい合うダイヤフラム側にある第2のハウジング4には、測定されるべき媒体がハウジング4の穴を通して接続管5を介して到達可能な測定真空室26が形成される。

30

【0040】

ダイヤフラム2の両側にあるシール材3, 3'が、前述したように、両方のハウジング1および4の間隔を定義する。このシール材はたとえば有利には、容易に取扱可能であり、たとえばスクリーン印刷によって塗布することができるはんだガラスである。このガラスペーストの溶融温度または焼結温度は 675 から 715 の範囲内にあるのが好ましい。シーリング温度は 600 から 630 の範囲内にあるのが好ましい。

$38(5-50)$ mmの外径と $30(4-45)$ mmの自由なダイヤフラム内径とを有する典型的な測定セルでは、間隔3は約2から $50\mu m$ であり、有利には 12 から $35\mu m$ である。その場合、たとえば第1のハウジング1は厚さ2から 10 mmであり、第2のハウジング4も同様である。第1のハウジング1と第2のハウジング2は、ダイヤフラムの材料の膨張係数と類似する膨張係数をもつ材料から製作されていなくてはならない。非常に適した組み合わせは、高純度の酸化アルミニウム・セラミック(純度 $>96\%$ 、有利には $>99.5\%$)、Sapphalセラミック(純度が 99.9% 以上の酸化アルミニウム)およびサファイア(単結晶の高純度酸化アルミニウム、人工コランダム)からなっている。

40

第2のハウジング4は、測定真空室26を広くするために、図1に示すように深さ約 0.5 mmの切欠きを内部領域に備えているのが好ましい。

【0041】

50

ダイヤフラム 2 は基準真空室側で、鏡層 3 1 を形成する導電性層によりコーティングされている。ファブリ・ペロ干渉計を構成するためにダイヤフラムおよび窓または第 1 のハウジングをコーティングするには、2 通りの選択肢がある。ファブリ・ペロで利用することができるコーティングの基本的思想は、すでに文献に詳しく記載されている（ヴォーン J M (Vaughan J M), ファブリ・ペロ干渉計 (The Fabry - Perot Interferometer), アダム・ヒルガー・ブリストル・アンド・フィラデルフィア (Adam Hilger Bristol and Philadelphia), 2002 参照)。図 9 には、両方の基本的な選択肢が模式的に示されている。全面的に金属のシステムか、または誘電性のシステムかが選択される。以後のプロセスをいっそう容易にするために、金属のコーティングを誘電性層によって保護することができる。

10

【0042】

金属ミラーは完全反射層として製作されているのが好ましい。この層 3 1 は、たとえば刷け塗り、印刷、スプレー塗布、または真空方式で塗布することができる。この層は主として金からなるのが好ましく、印刷によって塗布され、厚みは 0.3 から 10 μm の範囲内にある。排気配管 1 4 が第 1 のハウジング本体 1 を通っており、基準真空室 2 5 と、図 10 には示さないゲッター 1 0 を備えるゲッター構造が配置されたゲッター室 1 3 とをつないでいる。このゲッター構造は、対応する図 3 および図 4 とともにすでに説明した CDG 測定セルのゲッター構造と同一である。

20

【0043】

第 1 のハウジング 1 は光学的に透明な材料で全面的に製作することができ、または、嵌め込まれた光学窓 3 3 を形成する透明な領域を中心部に含んでいる。測定されるべき圧力に依存するダイヤフラム撓みを測定するためのファブリ・ペロ干渉計へ、およびダイヤフラム 2 の反射表面への入力のために、透明なハウジング 1 または窓 3 3 のすぐ後方に、もしくは距離をおいた後方に、光学系が配置されている。光および光学信号は、少なくとも 1 つのガラスファイバ 3 7, 3 7' によって干渉計から測定セルへと案内される。透明なハウジング 1 または窓 3 3 の、ダイヤフラム 2 の鏡 3 1 と向かい合う基準真空室内部の内側の表面 3 4 が、部分透過性の層、有利には半透明の層でコーティングされていると好ましい。このコーティングは、上に CDG 組立手順について説明したように測定セルが組み立てられて焼成接合されている間に、数百の焼成温度に耐えることができなくてはならない。透明なハウジング 1 または窓 3 3 にサファイアが使用されれば、光学特性および実現できる精度の面から非常に好ましい。ただしこの材料は高価であり、嵌め込み窓 3 3 を使用するほうが安価であり、そのうえ、測定システムの良い信号品質を実現するために角度を調整して最適化することができる。嵌め込み窓 3 3 を使用するときは、シール材 3, 3' によるダイヤフラム 2 の封止についてすでに先ほど説明したのと同様の仕方で、シール材 3 2 とともに嵌め込まなくてはならない。シール材料は、摂氏数百度までペーストを加熱することによって焼成されたガラスペーストでできているのが好ましい。

30

【0044】

図 10 に示されているような有利な測定セル構造は、保持部 2 8 および加熱部 3 0 で包囲されている。この加熱部 3 0 により、測定されるべき真空プロセスに含まれる物質に関する凝結温度を上回るまで、測定セルを加熱することができる。このときセルの温度は、少なくとも 10 だけ凝結温度を上回っているのが好ましい。実際の有利な温度値は 100 から 600 の範囲内である。この種の化学物質はしばしば非常に攻撃性があり、加熱をすることは、このような物質を測定セルの繊細な部分から離しておくための効果的な方策である。この方策により、実施されるプロセスの長い期間にわたって、測定セルが高い精度と高い再現性で確実に作動することが保証される。

40

【0045】

この種の加熱される測定セルでは、ガラスファイバが高すぎる温度に達したり破損することがないように、また、システムの光学的な測定精度にマイナスの影響が及ぼされないように留意することが重要である。図 10 に示すようにこの問題は、ファイバ 3 7, 3 7

50

の接続部が高温の測定セルから十分な距離をおいて配置されており、それによりファイバの温度が100℃を下回るようになっていることによって解決することができる。たとえばファイバは、温度を下げるためにセルから数cmだけ離れて配置し、ステンレス鋼からなる小管のような保持部28'によって保持することができる。この場合、ダイヤフラムへの光学信号の光学的結合を確保するために、ファイバとハウジング1または窓33の間にレンズ35が配置される。

【0046】

測定セル構造全体は、これを包囲するカバー29によって防護することができる。測定接続部5をセルの測定真空室26およびダイヤフラム2とともに、プラズマ放電や化学物質といった攻撃的条件が生じているプロセス室に対して直接曝露しないのも好ましい。この場合、接続部5は、保護プレート41の形態のパッフル(遮蔽板)を含んだ中空室42を有するフランジ40を介して、プロセス室と接続される。

10

【0047】

ダイヤフラム：

基準真空側のダイヤフラムの一部は、表面で光に対して光学的に反射をするように構成されている。そのためのさまざまな有利な方法を記載しておく。1つの有利な方法は、薄い反射性の小板31を酸化アルミニウムのダイヤフラムに取り付けることである。別の有利な方法は、金からなる鏡31をサファイアのダイヤフラムに蒸着することである。サファイアと金の間には、サファイアの上での金の保持性を高めるためにクロム層が配置される。さらに別の方法は刷け塗り、印刷、またはスプレー塗布である。金属層に代えて、誘電性コーティングを塗布することもでき、あるいは金属層へ追加的に塗布することもできる。

20

【0048】

サファイアのダイヤフラム：

ダイヤフラム2はサファイアでできているのが好ましい。このときサファイアは、定義された結晶配向性をもつ単結晶の酸化アルミニウム(Al_2O_3 ; 人工的に生成されたコランダム)として定義される。物理特性の多くはこの配向に依存して決まる。

【0049】

サファイアの材料選択には次のような利点がある：

- たとえばフッ化物(NF_3 , CH_2F_2 , SF_6 , CF_4 , CHF_3)、塩化物(たとえば Cl_2 , HCl)、臭化物(たとえば HBr)などのガスや水蒸気のような、半導体産業で使用されるプロセスガスに対する高い耐腐食性。

30

- サファイアは単結晶なので、多結晶の酸化アルミニウム・セラミックよりも表面が細かい。

- これに加えて単結晶の細かい表面は、表面での核形成個所の数を低減させる。このことは、それによってコーティングによる応力生成が進む速度が遅くなるので、ダイヤフラム2のプロセス側での層剥離の減少につながり、それに伴ってセンサドリフトの低減につながる。

- サファイアは比較的大きい撓曲を可能にする。それにより、ダイヤフラム2の比較的大きい撓みが可能となり、このことは測定セルの測定範囲を広げるとともに、それによって非常に低い圧力領域でいっそう高い精度が実現される。

40

下記の表に、酸化アルミニウムと比較した測定値を掲げる：

【0050】

【表 1】

厚み Al ₂ O ₃ [μm]	撓み Al ₂ O ₃ [μm]	厚み サファイア [μm]	撓み サファイア [μm]
765	5,73	706	6,46
150,4	264*	151,6	240
55	293*	44,6	413

10

【0051】

厚みが150 μm以下のサファイアのダイヤフラムによって、Al₂O₃を用いたときよりも最大2倍の大きな撓みを得られることが明らかである。最後の2つの例(*)では、柔軟性の限界に達したために、Al₂O₃を用いたダイヤフラムが撓んだときに破れている。

【0052】

ダイヤフラム2はサファイア結晶から切り出され、ダイヤフラムがC軸(構造指数0001)に対して直角に位置するようになっているのが好ましい。このような配向性は、ダイヤフラムそのものに対してでなくダイヤフラムに対して直角方向に、いっそう高い温度膨張係数をもたらす。このような軸配向性の選択は、垂直方向に撓むときの熱膨張の増大につながるとともにより良く補正が可能である、温度の関数としての大きなセンサドリフトにつながる。したがってこの選択は、薄いダイヤフラムの望ましくない座屈形成の低減を可能にする。

20

【0053】

サファイアダイヤフラム2は、座屈に伴う問題を回避するために、5から80 mmの範囲内の直径、有利には5から40 mmの範囲内の直径を有しており、厚さが0.04から0.76 mm、有利には0.07から1.0 mmである。上側および下側の平面は0.005 mmまたはこれよりも優れた平行性を有しているのがよく、鏡31の領域でN4ないしRa0.35またはこれよりも優れた表面粗さを有しているのがよい。

30

【0054】

完全反射鏡：

ダイヤフラム2の基準真空側にある鏡31は貴金属できており、有利には金できていいる。サファイアへの金の付着性を高めるためにクロム層が利用される。金や銀などの貴金属コーティングのための焼結温度は、最高で850 である。

個別ケースによってはただ1つのクロム層があれば十分な場合もあるが、その場合には反射性は低下する。1つの対案の要諦は、誘電性材料からなる単層または多層を採用することにある。

【0055】

第1のハウジング本体：

第1のハウジング本体1は酸化アルミニウム・セラミックまたはサファイアで製作されていてよい。ダイヤフラムと支持体の熱膨張係数が好適なのでサファイアのほうが好ましい。コスト面の理由により、第1のハウジング本体に酸化アルミニウムを用いることもできる。その場合にはハウジング本体に開口部を穿設することができ、この開口部に部分反射鏡が組み付けられるとともに、光ファイバのための保持部材が取り付けられる。

40

【0056】

部分透過性の鏡(図8、図9および図10)：

窓33の内側表面34における部分透過性の鏡材料の選択は特別に難しい。セルの製造プロセス中、焼結温度とボンディング温度は最高700 にまで達する。このことは、鏡材料が拡散して逃げたり昇華するのを防ぐために、特別に問題となる。

50

部分反射鏡は、透明なサファイアの窓表面 3 4 にクロムを蒸着させることによって生成される。クロム層はたとえば約 5 nm の厚みを有している。酸化に対するクロム層の防護性を向上させるために、任意選択で、五酸化タンタル (Ta_2O_5) からなる保護層をクロム層の表面へ塗布することができる。サファイア窓は、ダイヤフラムの組付けについて上に説明したのと同じやり方により、はんだガラスの焼付けによってハウジング本体へ組み付けられる。

【0057】

ODG キャビティの平行性：

優れた感度を実現するためには、ダイヤフラム 2 の上の鏡 3 1 とハウジング本体 1 にある部分透過性の鏡 3 4 とが厳密に平行に向いていなくてはならない。最大限許容される角度の傾き θ は、図 8 の図面に示すように 0.05 mrad である。

10

【0058】

バッフル：

図 10 に示すように、バッフル 4 1 がセンサヘッドの手前に配置されるのが好ましい。これは少なくとも 2 つの役割を果たす。繊細なダイヤフラム 2 への直接的な視覚的つながりが成立しないことが確保される。したがってガス分子は、ダイヤフラム 2 に到達するよりも前に、測定セルの別の部分に少なくとも 2 回当たる。凝結をしやすいガス粒子は、ダイヤフラム表面で凝結できるようになる前に、バッフル表面で析出させるのが好ましい。このことはセンサドリフトをいっそう低減させ、センサの耐用寿命を長くする。バッフルは強制的な壁との接触によってプラズマを帯電強度が低いガスへ変換し、有利には中性状態へと変換する役目も果たす。

20

【0059】

浸漬センサ：

ODG センサのコンセプトは浸漬構造として適用することもできる。これは図 11 に示すように、さらに別の有利な構成となる。

この構成では、センサセルは主真空室からパイプに引き込まれているのではない。センサヘッドをフランジ 40, 40' へ直接配置することができる。この場合、センサは真空室の真空へ直接浸漬される。ダイヤフラムとセンサハウジングは耐腐食性材料でできている。

【0060】

多重センサヘッド：

光学式の信号読取りは多重センサヘッドの使用を可能にし、その場合、ただ 1 つの分光計によって信号読取りが可能である。このことは、分光計の入力部で平行に配置された複数の別個のファイバを使用することによって具体化することができ、または、分岐したファイバまたはファイバスイッチを使用することもできる。センサヘッドは、システムまたは設備のさまざまな場所に配置することができる。

30

【0061】

同一のフランジ 40, 40' に複数のセンサを直接相並んで配置するという選択肢は、これよりもはるかに興味深い。その様子は図 11 に多重ヘッドを備える浸漬センサとして模式的に図示されている。それぞれのヘッドは冗長性を実現するために同一型式であってよく、または、さまざまに重なり合う圧力領域もしくは隣接する圧力領域を測定できるようにするために、それぞれ異なる型式であってもよい。このことは、ただ 1 つのフランジ接続部をチャンバで使用しながら、幅広い測定領域をカバーできるようにすることを可能にする。

40

従来の容量式のダイヤフラム型マノメータは 4 ディケードのダイナミックレンジを有していた。このことは、たとえば 10^{-5} mbar から大気圧までの範囲をカバーできるようにするために、少なくとも 2 つの異なる測定管を利用しなければならないことを意味しており、その各々が独自の別個の真空室接続部を必要とする。それに対して、複数のセンサがただ 1 つのフランジ 40, 40' に保持手段 43 によって配置されていれば、ダイヤフラム寸法の適合化によって、異なる圧力領域について各々のセンサを設けることができる

50

。そうすれば、ただ1つの接続部を真空室に用いて、同じ圧力領域をカバーすることが可能である。このことは利用者にとってのコスト削減も意味している。利用者はフランジの溶接に短い時間しか必要とせず、また、センサをデータ検出システムと接続するのに短い時間しか必要としない。

【0062】

本発明に基づくセンサの主要な特性は、現代の半導体製造装置でしばしば生じる強力なEMI（電磁干渉）の影響がある環境下での高い温度で利用可能な耐腐食性を備えているという点にある。

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図1a】半導体産業で適用されるプロセスについての典型的な圧力領域を示すグラフである。

【図1】従来技術に基づく容量式の真空測定セルを示す断面図である。

【図2】図1の断面図の拡大図である。

【図3】従来技術に基づくゲッター構造を示す断面図である。

【図4】従来技術に基づく別のゲッター構造である。

【図5】従来技術に基づくゲッター構造とともに容量式の真空測定セルを示す断面図である。

【図6a】CDG測定セルにおける圧力負荷のもとでのダイヤフラム撓みの図を示す断面図である。

【図6b】CDG測定セルにおける圧力負荷のもとでのダイヤフラム撓みの図を示す断面図である。

【図7】本発明による干渉応用圧力測定システムを示す模式図である。

【図8】本発明に基づいてダイヤフラムとハウジング本体と窓との角精度を定義するための光学式ダイヤフラム測定セルを示す断面図である。

【図9】本発明による有利な鏡層システムを示す断面図である。

【図10】ダイヤフラムミラーと、これと間隔をおいた二重ガラスファイバ構造とを備える光学式のダイヤフラム測定セル構造を、焦点合わせ距離が大きい場合について示す断面図である。

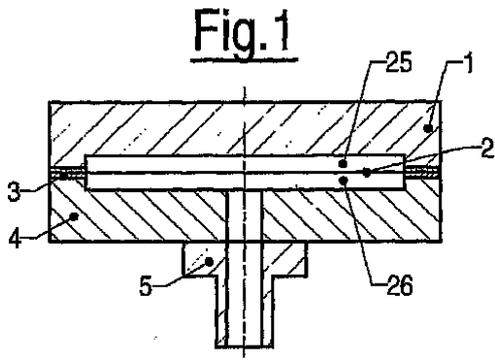
【図11】ただ1つの支持体の上にある多重センサを備えた浸漬センサ構造を示す断面図である。

10

20

30

【 図 1 】



【 図 1 a 】

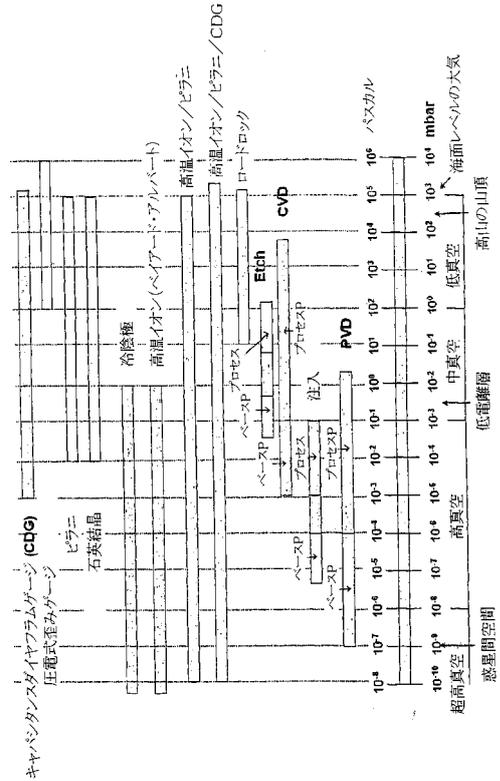
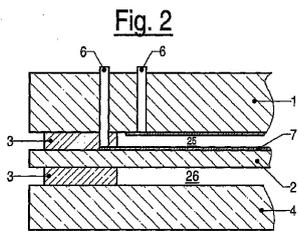
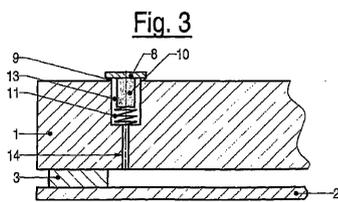


Fig. 1a

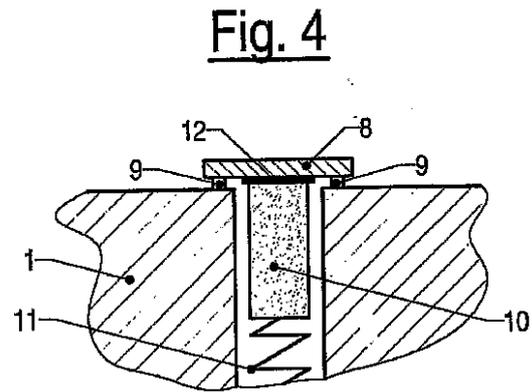
【 図 2 】



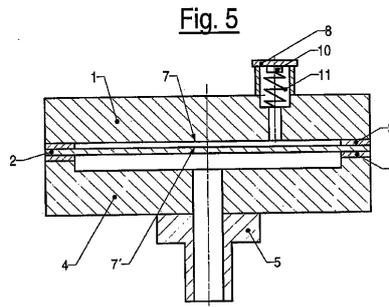
【 図 3 】



【 図 4 】



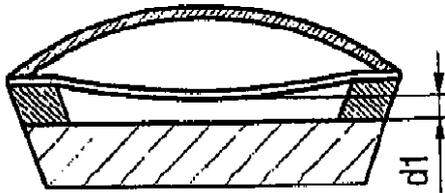
【 図 5 】



【 図 6 a 】

Fig. 6a

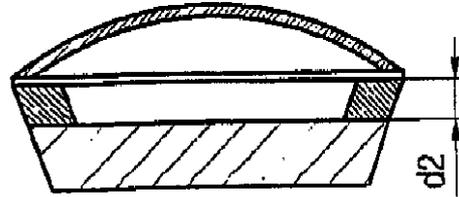
大気



【 図 6 b 】

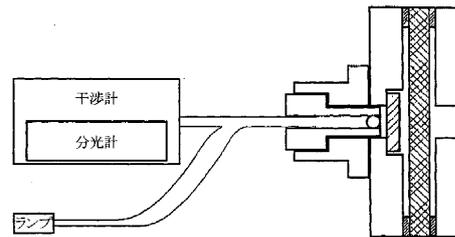
Fig. 6b

高真空



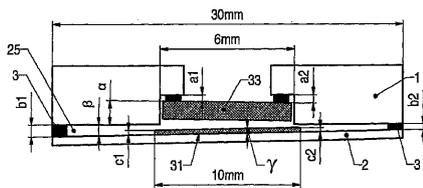
【 図 7 】

Fig. 7



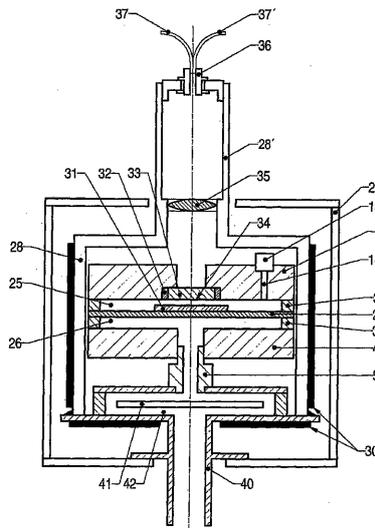
【 図 8 】

Fig. 8



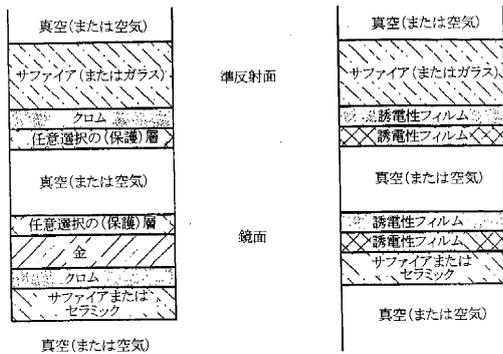
【 図 10 】

Fig. 10

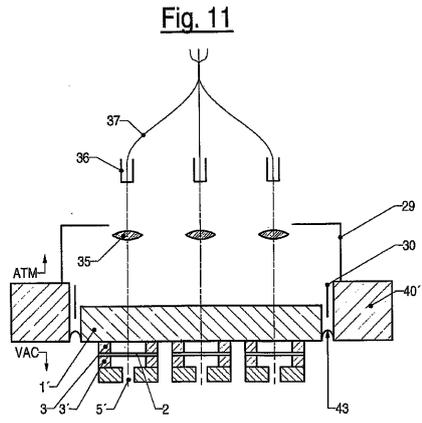


【 図 9 】

Fig. 9



【 図 1 1 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/CH2006/000375

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G01L11/02		
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) G01L		
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, PAJ, 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 4 589 286 A (J.W. BERTHOLD, III) 20 May 1986 (1986-05-20) abstract; figure	1,21,26
Y	US 6 591 687 B1 (P. BJOERKMAN ET AL.) 15 July 2003 (2003-07-15) cited in the application the whole document	1,21,26
Y	US 2002/003917 A1 (D.W. SHERRER ET AL.) 10 January 2002 (2002-01-10) abstract; figures 1,7	1,21,26
<input 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 20 September 2006		Date of mailing of the international search report 02/10/2006
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 Van Assche, Peter

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/CH2006/000375

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4589286	A	20-05-1986	AU 570547 B2	17-03-1988
			AU 4054285 A	03-10-1985
			CA 1227057 A1	22-09-1987
			ES 8608677 A1	01-12-1986
			IN 163695 A1	29-10-1988
			JP 60219528 A	02-11-1985
			KR 9005779 B1	11-08-1990
			MX 158311 A	23-01-1989
			US 6591687	B1
WO 9934183 A1	08-07-1999			
CN 1283267 A	07-02-2001			
DE 59803948 D1	29-05-2002			
EP 1070239 A1	24-01-2001			
EP 1042657 A1	11-10-2000			
HK 1033975 A1	12-08-2005			
JP 2002500350 T	08-01-2002			
JP 2002500351 T	08-01-2002			
US 2002003917	A1	10-01-2002		

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH2006/000375

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01L11/02		
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G01L		
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, PAJ, INSPEC		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 4 589 286 A (J.W. BERTHOLD, III) 20. Mai 1986 (1986-05-20) Zusammenfassung; Abbildung	1,21,26
Y	US 6 591 687 B1 (P. BJOERKMAN ET AL.) 15. Juli 2003 (2003-07-15) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1,21,26
Y	US 2002/003917 A1 (D.W. SHERRER ET AL.) 10. Januar 2002 (2002-01-10) Zusammenfassung; Abbildungen 1,7	1,21,26
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
20. September 2006		02/10/2006
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 Van Assche, Peter

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH2006/000375

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4589286	A	20-05-1986	AU 570547 B2 17-03-1988
			AU 4054285 A 03-10-1985
			CA 1227057 A1 22-09-1987
			ES 8608677 A1 01-12-1986
			IN 163695 A1 29-10-1988
			JP 60219528 A 02-11-1985
			KR 9005779 B1 11-08-1990
			MX 158311 A 23-01-1989
US 6591687	B1	15-07-2003	WO 9934184 A1 08-07-1999
			WO 9934183 A1 08-07-1999
			CN 1283267 A 07-02-2001
			DE 59803948 D1 29-05-2002
			EP 1070239 A1 24-01-2001
			EP 1042657 A1 11-10-2000
			HK 1033975 A1 12-08-2005
			JP 2002500350 T 08-01-2002
			JP 2002500351 T 08-01-2002
			US 2002003917

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, 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, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(74)代理人 100109162

弁理士 酒井 將行

(74)代理人 100111246

弁理士 荒川 伸夫

(72)発明者 ベルヒリ, ウルス

スイス、ツェー・ハー - 7 0 0 0 クア、スカレッタシュトラッセ、4 4

(72)発明者 ビョークマン, ペール

フィンランド、エフ・イー・エン - 2 2 3 1 0 パルスボラ、ソルボルゲスベージェン、3

(72)発明者 サーリ, ヘイッキ

フィンランド、エフ・イー・エン - 0 2 6 2 0 エスポー、パールクーカ、8

(72)発明者 アンティラ, ヤルッコ

フィンランド、エフ・イー・エン - 0 0 3 2 0 ヘルシンキ、キラティエ、2 4

(72)発明者 ハンゼルマン, ハンスヤコブ

スイス、ツェー・ハー - 9 4 9 7 オーバーシャン、プラダベーク、7

(72)発明者 ブュスト, マーティン

スイス、ツェー・ハー - 7 2 0 8 マランス、レーエンガッセ、7

Fターム(参考) 2F055 AA11 BB08 CC02 DD09 EE31 FF04 FF11 GG11

【要約の続き】

みを検出するための測定区間を形成するようになっている。