



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2013년08월02일  
 (11) 등록번호 10-1292929  
 (24) 등록일자 2013년07월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 GOIL 11/02 (2006.01) GOIL 11/00 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2008-7005829  
 (22) 출원일자(국제) 2006년07월18일  
 심사청구일자 2011년07월15일  
 (85) 번역문제출일자 2008년03월10일  
 (65) 공개번호 10-2008-0041241  
 (43) 공개일자 2008년05월09일  
 (86) 국제출원번호 PCT/CH2006/000375  
 (87) 국제공개번호 WO 2007/019714  
 국제공개일자 2007년02월22일  
 (30) 우선권주장  
 60/707,770 2005년08월12일 미국(US)  
 (56) 선행기술조사문헌  
 US04589286 A\*  
 US06591687 B1\*  
 KR1020010033399 A  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
**인피콘 게엠베하**  
 스위스 체하-7310 바트 라가즈 힌테르가쎄 15 베  
 (72) 발명자  
**왈츠리, 어스**  
 스위스 처르 CH-7000, 스키타스트라세 44  
**브줄크만, 페르**  
 핀란드 팔스볼레 FIN-22310, 솔보르그스바겐3  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
**김학제, 문혜정**

전체 청구항 수 : 총 36 항

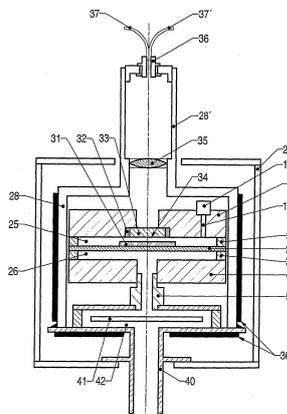
심사관 : 박재우

(54) 발명의 명칭 **광학 간섭계 압력 센서**

**(57) 요약**

본 발명은 산화알루미늄으로 제조되고 기준 진공 챔버(25)을 형성하는 제1 하우징 본체(1) 및 상기 하우징 본체의 가장자리 영역에서 진공 밀봉되어 상기 하우징 본체의 전방에 배치되어 있는 산화알루미늄 멤브레인(2)을 포함하는 진공 측정 셀에 관한 것이다. 또한, 본 발명의 진공 측정 셀은 측정 진공 챔버(26)을 형성하고 상기 가장자리 영역에서 멤브레인(2)에 진공-밀봉되어 있는 제2 산화알루미늄 하우징 본체(4) 및 측정 대상 매체를 위한 연결 수단(5)을 포함한다. 제1 하우징 본체(1)의 중앙 영역에는 광학적으로 투명한 윈도우(33)가 형성되어 있다. 상기 윈도우와 대면하는 멤브레인 표면(31)은 상기 중앙 영역에서 광학적으로 반사되게 형성되어 있다. 멤브레인 표면(31)에 광을 투사하고 투사광을 추출하는 광 도파관(37)이 기준 진공 챔버(25) 외부에 윈도우(33) 쪽으로 일정 거리 떨어져 제공되어 있다. 멤브레인 표면(31)에 광학적으로 결합하는 렌즈가 패브리-페로(Fabry-Perot) 간섭계에 의해 멤브레인(2)의 편차를 검출하기 위한 측정 구획을 형성하도록 광 도파관(37) 및 상기 윈도우 사이에 제공되어 있다.

**대표도** - 도10



(72) 발명자

**사아리, 헤이키**

핀란드 에스푸 FIN-02620, 바알루쿠카 8

**안티라 자르코**

핀란드 헬싱키 FIN-00320, 키랴티에 24

**한셀만, 한스자코브**

스위스 오베르스찬 CH-9497, 프라다웨그 7

**위스트, 마르틴**

스위스 말란스 CH-7208, 레헨가세 7

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

산화알루미늄으로 구성되는 제1 하우징 본체(1); 산화알루미늄으로 구성되고 제1 하우징 본체의 가장자리 영역에서 제1 하우징 본체와 약간 간격을 두고 진공 밀봉되어 배치되어 있는 멤브레인(2); 제1 하우징 본체(1)와 멤브레인(2) 사이에 형성되어 있는 기준 진공 챔버(25); 및 산화알루미늄으로 구성되고 멤브레인(2)에 대항하여 가장자리 영역에서 진공 밀봉하도록 제공되며 진공 측정 셀을 측정하고자 하는 매질에 접촉하기 위한 개방된 접촉 수단(5)이 연통하는 측정 진공 챔버(26)가 형성되어 있는 제2 하우징 본체(4)를 포함하는 진공 측정 셀에 있어서,

제1 하우징 본체(1)의 중앙 영역에는 광학적으로 투명한 윈도우(33)가 형성되어 있고, 윈도우(33)는 사파이어로 제조된 별개의 삽입 부품으로서 형성되며 산화알루미늄 제1 하우징 본체(1)의 개구 속으로 진공 밀봉식으로 밀봉재(32)와 함께 설치되고, 윈도우를 향하고 있는 멤브레인(2)의 표면(31)은 이의 반사 영역에서 광학적으로 반사를 하도록 박막 코팅(31)으로 형성되어 있으며, 박막 코팅은 멤브레인과 제1 하우징 본체가 접합하는 주변 영역을 커버하지 않고, 진공 측정 셀의 직경 범위는 5 내지 80mm이며, 멤브레인(2)의 표면(31)에 광을 연결 및 해제하기 위한 광섬유(37)는, 광섬유의 온도가 100℃를 초과하지 않도록 기준 진공 챔버(25) 외부에 윈도우(33)로부터 거리를 두고 이격되어 고정 수단(28')에 설치되어 있으며, 패브리-페로 간섭계에 의해 멤브레인(2)의 편차를 검출하기 위한 측정 구획을 형성하도록 광섬유(37)와 윈도우 사이에 멤브레인의 반사막 표면(31)에 광학적으로 결합하기 위한 렌즈(35)가 제공되어 있는 것을 특징으로 하는 진공 측정 셀.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 멤브레인(2)이 사파이어 형태의 산화알루미늄으로 구성되는 것을 특징으로 하는 측정 셀.

### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 제1 하우징 본체(1)가 적어도 부분적으로 사파이어 형태의 산화알루미늄으로 구성되고, 상기 중앙 영역에 광학적으로 투과성인 윈도우(33)의 형성을 위한 부분이 위치하는 것을 특징으로 하는 측정 셀.

### 청구항 4

삭제

### 청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서, 멤브레인(2)이 적어도 반사적인 영역을 위해 코팅(31)을 포함하는 것을 특징으로 하는 측정 셀.

### 청구항 6

삭제

### 청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서, 적어도 부분적으로 투명한 제1 하우징 본체(1)의 내부 표면(43) 또는 윈도우(33)에 부분적으로 투명한 코팅이 제공되는 것을 특징으로 하는 측정 셀.

### 청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 광학 활성인 표면이 가능한 한 평행하게 형성되고, 상기 윈도우 양면의 각도 오차  $\alpha$ , 상기 멤브레인 표면의 각도 오차  $\beta$  및 멤브레인 표면(31)의 반사 영역에서의 각도 오차  $\gamma$ 의 합  $|\alpha + \beta + \gamma|$  가 0.05 mrad를 초과하지 않는 것을 특징으로 하는 측정 셀.

### 청구항 9

제1항 또는 제2항에 있어서, 멤브레인(2)의 산화알루미늄의 순도가 96% 이상인 것을 특징으로 하는 측정 셀.

**청구항 10**

제1항 또는 제2항에 있어서, 제1 하우스징 본체(1), 멤브레인(2) 및 접속 수단(5)을 가진 제2 하우스징 본체(4)로 구성된 상기 측정 셀 장치가 가열 장치(30)에 의해 둘러싸여 있고, 상기 가열 장치(30)는 상기 측정 셀 온도를 100℃ 내지 600℃의 범위에서 조절하기 위한 것임을 특징으로 하는 측정 셀.

**청구항 11**

삭제

**청구항 12**

제1항 또는 제2항에 있어서, 기준 진공 챔버(25)를 포함하는 제1 하우스징 본체의 내면(34) 및 이에 대향하는 멤브레인(2)의 표면이 2 $\mu$ m 내지 50 $\mu$ m로 이격되어 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 측정 셀.

**청구항 13**

제1항 또는 제2항에 있어서, 제1 하우스징 본체(1) 및 제2 하우스징 본체(2)가 가장자리 영역에서 그 사이에 위치한 멤브레인(2)을 중심으로 대칭이고, 응력 없이 밀봉 결합되는 것을 특징으로 하는 측정 셀.

**청구항 14**

제13항에 있어서, 상기 결합이 용접, 확산 결합, 땀납 결합으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상으로 실시되는 것을 특징으로 하는 측정 셀.

**청구항 15**

제1항 또는 제2항에 있어서, 멤브레인(2)이 10 $\mu$ m 내지 120 $\mu$ m 범위의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 측정 셀.

**청구항 16**

제15항에 있어서, 상기 멤브레인 재료의 평균 입자 크기가 20 $\mu$ m 이하인 것을 특징으로 하는 측정 셀.

**청구항 17**

제15항에 있어서, 멤브레인(2)의 단면은 그 두께가 2개 이상의 입자가 존재하는 것을 특징으로 하는 측정 셀.

**청구항 18**

제1항 또는 제2항에 있어서, 멤브레인(2)의 평면 편평도가 10 $\mu$ m 이하인 것을 특징으로 하는 측정 셀.

**청구항 19**

제1항 또는 제2항에 있어서, 제1 하우스징 본체(1)에 또는 그 내부에 게터를 수용하기 위한 공간(13)이 제공되며, 상기 게터는 기준 진공 챔버(25)에 접속 라인(14)을 포함하며, 상기 공간(13)은 덮개(8)에 의해 밀봉 폐쇄되는 것을 특징으로 하는 측정 셀.

**청구항 20**

삭제

**청구항 21**

윈도우(33)를 형성하기 위해 적어도 중앙 영역에 광학적으로 투명한 구역을 갖는 제1 산화알루미늄 하우스징 판(1)을 제조하는 단계로서, 윈도우(33)의 내부 표면(34)은 광학적으로 부분 반사를 하도록 구성하는 단계;

플레이트의 표면에 연결되는 관 개구부를 가진 제2 산화알루미늄 하우스징 판(4)을 제조하는 단계로서, 제2 산화알루미늄 하우스징 판(4)에 접속 수단(5)을 밀봉하고, 상기 관 개구부와 연통하도록 설치하는 단계;

표면에서 광학적으로 반사하도록 구성된 산화알루미늄 멤브레인(2)을 제조하는 단계;

판(1, 4)을 조립하는 단계로서, 멤브레인(2)이 판(1, 4) 사이에 일정 거리를 두고 위치하고, 이의 가장자리 영

역에서 멤브레인(2)을 둘러싸서 판(1, 4)과 진공 밀봉식으로 결합하도록 하며, 제1 산화알루미늄 하우징 판(1) 및 멤브레인(2)의 광학 반사성 표면(31, 34)은 서로를 향하도록 위치시키고, 그 사이에 위치하는 기준 진공 챔버(25)를 한정하며, 접속 수단(5)에 대항하는 제2 산화알루미늄 하우징 판(4)의 표면이 멤브레인(2)과 함께 측정 진공 챔버(26)를 한정하도록 하는 단계;

멤브레인(2)의 표면(31)에 광을 연결 및 해제하기 위한 광섬유(37)를 기준 진공 챔버(25) 외부에 윈도우(33)를 향하여 간격을 두고 설치하고 멤브레인 표면(31)에 광학적으로 결합하기 위한 렌즈를 패브리-페로 간섭계에 의해 멤브레인(2)의 편차를 검출하기 위한 측정 구획을 형성하도록 광섬유(37)와 윈도우 사이에 배치하는 단계; 및

접속 라인(14)에 의해 결합되는 게터(10)를 활성화시키면서 접속 라인(14)을 통하여 기준 진공 챔버(25)을 펌핑하는 단계로서, 목표 진공 도달 후에는 접속 라인(14)이 게터(10)에 의해 진공 밀봉식으로 폐쇄되는 단계를 포함하는, 측정 셀의 제조 방법.

**청구항 22**

제21항에 있어서, 산화알루미늄 멤브레인(2)의 제조가

산화알루미늄 슬립으로부터 멤브레인을 형성하는 단계;

오븐에서 상기 멤브레인의 소결을 위한 제1 가열 단계 및 냉각하는 단계 ;

상기 멤브레인을 재차 가열하는 제2 가열 단계, 평탄화 단계 및 냉각 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 측정 셀의 제조 방법.

**청구항 23**

제22항에 있어서, 상기 평탄화를 위해 제3 가열 단계를 수행하고, 제1 가열 단계의 소결 온도가 후속 평탄화 단계의 온도에 비하여 100℃ 이하의 온도로 높은 것을 특징으로 하는, 측정 셀의 제조 방법.

**청구항 24**

제22항에 있어서, 상기 평탄화 가열 단계 중에 편평한 판 사이에 멤브레인(2)을 가압함으로써 평탄화시키는 것을 특징으로 하는, 측정 셀의 제조 방법.

**청구항 25**

제21항에 있어서, 제1 하우징 본체(1), 멤브레인(2) 및 제2 하우징 본체(4)로 이루어진 상기 측정 셀 주위에 100℃ 내지 600℃ 범위의 온도로 가열하기 위해 가열 장치(30)가 배치되고, 광섬유(37, 37')의 온도가 100℃를 초과하지 않도록 제1 하우징 본체(1)와 광섬유(37, 37')의 거리가 고정 장치(28')에 고정되는 것을 특징으로 하는, 측정 셀의 제조 방법.

**청구항 26**

삭제

**청구항 27**

제1항 또는 제2항에 있어서, 멤브레인(2)이 적어도 반사 영역을 위해 완전 반사성 코팅(31)을 포함하는 것을 특징으로 하는 측정 셀.

**청구항 28**

제27항에 있어서, 반사성 코팅(31)이 귀금속을 포함하고, 멤브레인(2)의 표면 및 상기 반사성 코팅 사이의 접촉 매개를 위한 층이 추가로 제공되는 것을 특징으로 하는 측정 셀.

**청구항 29**

제27항에 있어서, 반사성 코팅(31)이 금을 포함하고, 멤브레인(2)의 표면 및 상기 반사성 코팅 사이의 접촉 매개를 위한 크롬 함유층이 추가로 제공되는 것을 특징으로 하는 측정 셀.

**청구항 30**

제1항 또는 제2항에 있어서, 적어도 부분적으로 투명한 제1 하우스징 본체(1)의 내부 표면(43) 또는 윈도우(33)에 반투명성 코팅이 제공되는 것을 특징으로 하는 측정 셀.

**청구항 31**

제1항 또는 제2항에 있어서, 멤브레인(2)의 산화알루미늄의 순도가 99.5% 이상인 것을 특징으로 하는 측정 셀.

**청구항 32**

제1항 또는 제2항에 있어서, 기준 진공 챔버(25)을 포함하는 제1 하우스징 본체의 내면(34) 및 이에 대향하는 멤브레인(2)의 표면이 12 내지 35 $\mu$ m로 이격되어 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 측정 셀.

**청구항 33**

제13항에 있어서, 상기 결합이 뿔 결합으로서 실시되는 것을 특징으로 하는 측정 셀.

**청구항 34**

제33항에 있어서, 상기 뿔 결합이 유리 뿔인 것을 특징으로 하는 측정 셀.

**청구항 35**

제1항 또는 제2항에 있어서, 멤브레인(2)이 10 $\mu$ m 내지 250 $\mu$ m 범위의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 측정 셀.

**청구항 36**

제15항에 있어서, 상기 멤브레인 재료의 평균 입자 크기가 10 $\mu$ m 이하인 것을 특징으로 하는 측정 셀.

**청구항 37**

제15항에 있어서, 상기 멤브레인 재료의 평균 입자 크기가 5 $\mu$ m 이하인 것을 특징으로 하는 측정 셀.

**청구항 38**

제15항에 있어서, 멤브레인(2)의 단면은 그 두께가 5개 이상의 입자가 존재하는 것을 특징으로 하는 측정 셀.

**청구항 39**

제1항 또는 제2항에 있어서, 멤브레인(2)의 평면 편평도가 5 $\mu$ m 이하인 것을 특징으로 하는 측정 셀.

**청구항 40**

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 셀의 직경은 5 내지 40mm의 범위에 있는 것을 특징으로 하는 측정 셀.

**청구항 41**

제22항에 있어서, 상기 평탄화 가열 단계 중에 편평한 판 사이에 멤브레인(2)을 부하(負荷)에 의해 평탄화시키는 것을 특징으로 하는, 측정 셀의 제조 방법.

**청구항 42**

삭제

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 청구범위 제1항의 상위 개념에 따른 진공 측정 셀 및 제21항의 상위 개념에 따른 측정 셀의 제조 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

- [0002] 반도체 산업에서 반도체를 제조하기 위해 화학 기상 증착(CVD), 물리 기상 증착(PVD), 주입 및 (건조) 에칭 공정과 같은 기술을 사용하고 있다. 반도체 산업에서 전형적인 공정 압력 범위 및 진공 측정 셀의 압력 범위를 도 1a에 나타내었다. 도 1a에 나타낸 바와 같이, 이들 공정은 전형적으로  $10^{-4}$  내지 10 mbar의 범위에서 수행된다. 이러한 용도를 위한 전형적인 공정 측정 셀은 용량식(capacitive) 멤브레인 측정 셀이다.
- [0003] 가장 최근에는, 특히 원자 층 증착법(Atomic Layer Deposition/ALD)의 도입에 따라 소정의 용도에서 300°C 이하 또는 그 이상의 온도에서 압력 측정을 필요로 하는 반도체 제조 공정에서 고온 멤브레인 측정 셀에 대한 시장 수요가 증가할 것으로 기대되고 있다. ALD 공정을 위한 장치 구성은 현재 가장 중요한 수요처가 200°C 이하의 온도를 가진 고온 용량식 멤브레인 측정 셀(CDG)인 저압 CVD(LPCVD) 또는 CVD 장치의 구성과 매우 유사하다.
- [0004] 용량식 멤브레인 측정 셀(CDG)의 기본 원리는 고형 본체에 연결되고 2개의 영역이 서로 분리되어 있는 얇은 멤브레인의 탄성 변형(elastic deformation)이다. 상기 영역에서의 압력 변화에 의해 멤브레인이 작동된다. 하우징과 상기 멤브레인 사이의 거리는 가변적이다. 상기 멤브레인은 저압에서보다는 고압 상태에서 더 강하게 운동한다(도 1, 도 6a 및 도 6b 참조). 상기 멤브레인과 베이스 본체의 틈 영역에는 상기 멤브레인과 대향 위치에 금속 전극이 설치되어 있다. 이러한 양측의 금속 전극은 콘덴서, 즉 커패시터를 형성한다. 상기 콘덴서에서의 전기용량 변화는 압력 변화에 비례한다. 이러한 측정 원리는 기체 종류와는 무관하다.
- [0005] 압력 또는 압력차를 통한 측정법으로서 얇은 멤브레인에 압력을 가하여 작동시키고 멤브레인의 굽힘성을 측정하는 방법이 공지되어 있다. 멤브레인의 굽힘성을 측정하는 적절한 공지 기술은 멤브레인 구조를 가변성 전기 용량으로서 구성하는 것이며, 측정 전자 장치를 통하여, 압력 변화와 상관 관계에 있는 용량 변화가 공지의 방법으로 평가된다. 얇고 굽힘성이 큰 멤브레인 면이 다른 면과 좁은 간격을 두고 배치되도록 하여 전기 용량을 형성하고, 2개의 대향 표면은 전기 전도성 박막을 코팅하거나 전기 전도성 재료로 구성하도록 한다. 상기 멤브레인의 압력 작동시, 2개의 전극 사이의 간격이 굽힘 작용에 의해 변하게 되고, 그 결과 상기 구성에서의 용량 변화를 평가할 수 있게 된다. 이러한 종류의 센서는 실리콘 재료의 다수의 부품으로 제조된다. 이때, 멤브레인과 같은 평탄한 베이스 본체도 전적으로 실리콘 재료로 구성된다. 유리 기재층을 가진 실리콘과 같은 복합 재료 조성도 사용된다. 이를 통해 저비용으로 센서를 제조할 수 있다. 이러한 종류의 진공용 압력 센서는 일반적으로 약  $10^{-1}$  mbar에서 수 bar의 범위의 고압력 범위에서만 사용할 수 있다. 약  $10^{-1}$  mbar 이하의 저압에서 높은 해상도는 실리콘 재료로는 더 이상 달성하기 어렵다. 특히, 표면에서 실리콘이 주위와 반응하여 감도가 높은 센서의 특성을 교란하기 때문이다. 대기 분위기 중에 포함되어 있는 수증기는 표면에서 상응하는 반응을 일으킨다. 센서가 화학적 침식성 분위기에서 사용될 때는 추가적인 문제가 악화된다. 그러므로 이러한 실리콘 센서는 표면을 보호하여서 침식성이 있는 외부 분위기로부터 보호되도록 한다. DE 41 36 987호에 기재되어 있는 바와 같이, 표면에 보호 코팅을 제공하여 화학적 부식성 주위에 대한 안정성과 내성을 높이는 시도가 있다. 그러나, 이러한 처리는 비용 소모적이며, 멤브레인과 같이 기계적 변형이 가능한 부품에서는 진공 에칭 공정에서와 같은 불소, 브롬산 및 이들의 화합물과 같은 특수 부식성 물질에서만 사용될 수 있다.
- [0006] 그러므로 진공용 압력 측정 셀은 전체적으로  $Al_2O_3$ 와 같은 내부식성 재료로 제조된다. 이러한 종류의 종래 장치가 전체로서 본 발명의 참고 문헌으로 포함되어 있는 미국 특허공보 제6,591,687호에 공지되어 있다.
- [0007] 상기 용량식 진공 측정 셀은 특히  $Al_2O_3$ 와 같은 세라믹으로 그 전체가 제조된다. 이로 인해 상기 측정 셀의 매우 높은 내부식성 및 우수한 장기 재현성을 구현할 수 있다. 밀봉되어야 하고 유입부가 제공되는 영역에서는 이물질의 첨가 없이  $Al_2O_3$ 는 용접되지 않는 경우  $Al_2O_3$  이외의 다른 재료가 소량으로 제공된다. 상기 셀은 우선적으로 판형의 하우징 본체로 구성되고, 멤브레인이 가장자리 영역에서 기준 진공 챔버를 포함하도록 밀봉 상태로 배치되어 있다. 기준 진공 챔버의 대향 측에는 제2 하우징 본체가 가장자리 영역에서 밀폐 상태로 이격 배치되고 측정 진공 챔버가 형성되어 있다. 상기 측정 진공 챔버에는 측정 매체의 유입을 위한 연결부가 구비되어 있다. 기준 진공 챔버를 형성하는 제1 하우징 본체와 멤브레인의 표면은 금과 같은 전기 전도성 재료로 코팅되고, 용량식 측정 셀의 전극을 구성하게 된다. 상기 전극은 예를 들면 제1 하우징 본체 또는 가장자리 영역을 통해 가장자리 영역으로 돌출되어 있다. 실질적으로 평행하게 배치된 전극 표면은 2 $\mu$ m 내지 50 $\mu$ m 범위의 간격을 나타낸다. 양측의 하우징의 가장자리 영역에서 상기 멤브레인은 바람직하게는 레이저 용접과 같은 용접법을 이용하여 밀봉된다. 내부식성 유리 뿔납(glass solder) 또한 매우 적합하고 단순한 방법이다. 산화알루미늄 이외의 물질을 완전히 사용하지 않기 위해서, 예를 들면 생소지(green body) 상태에서 하우징 구성 요소를

확산시켜서 결합시킬 수도 있다.

- [0008] 상기 측정 셀 구조는 하우징에서 경직 발생을 방지하기 위하여 거의 대칭되게 구성될 수 있다. 이러한 구성은 높은 측정 감도를 달성하고, 낮은 측정 압력을 고정밀도 및 재현성 있게 실현하는 데 특히 중요하다. 뿐만 아니라, 이로 인해 100mbar, 특히 10mbar 이하의 낮은 진공 압력에서 용량식 완전 세라믹제 측정 셀로 신뢰성있게 감지해야 하는 경우, 세라믹으로 제조된 매우 얇은 멤브레인을 사용하는 것이 가능해진다. 이러한 경우, 10 $\mu$ m 내지 250 $\mu$ m, 바람직하게는 10 $\mu$ m 내지 120 $\mu$ m의 멤브레인 두께가 우수한 해상도를 달성하기 위해 필요하다. 전형적인 멤브레인 두께 범위는 예를 들면 다음과 같다:
- [0009] · 1000torr에서 멤브레인 두께 760 $\mu$ m $\pm$ 10 $\mu$ m
- [0010] · 100torr에서 멤브레인 두께 345 $\mu$ m $\pm$ 10 $\mu$ m
- [0011] · 10torr에서 멤브레인 두께는 150 $\mu$ m $\pm$ 10 $\mu$ m
- [0012] · 1torr에서 멤브레인 두께는 100 $\mu$ m $\pm$ 10 $\mu$ m
- [0013] · 0.1torr에서 멤브레인 두께는 60 $\mu$ m $\pm$ 10 $\mu$ m
- [0014] · 0.01torr에서 멤브레인 두께는 40 $\mu$ m $\pm$ 10 $\mu$ m
- [0015] 이러한 얇은 멤브레인은 특히 제조가 어렵고 소결 단계 이후에는 1회 이상의 연마 단계를 필요로 한다. 그 밖에, 상기 멤브레인 재료의 입자 크기가 너무 크지 않고 20 $\mu$ m 이하의 범위일 때에는, 상기 멤브레인은 헬륨 밀봉성을 충분히 얻을 수 있게 된다. 10 $\mu$ m 미만, 특히 5 $\mu$ m 미만의 입자 크기가 바람직하다. 어떠한 경우에도, 상기 멤브레인의 단면은 두께가 최소 2개의 입자가 존재하여야 하고, 5개가 넘는 입자가 서로 겹쳐지면 상기 멤브레인은 매우 조밀해진다.
- [0016] 상기 측정 셀의 정밀도를 얻는데 또 다른 중요한 기준은 상기 멤브레인의 평탄도이다. 전체 면에 대한 비평탄도는 어떠한 경우에도 전극 간격의 30%를 넘지 않아야 하고, 15% 미만이 더욱 바람직하다. 이러한 퍼센트 수치는 전체 면에 대한 비평탄도가 10 $\mu$ m 미만, 바람직하게는 5 $\mu$ m 미만인 것을 의미한다. 이러한 경우, 비평탄도는 최고 지점에 대한 최저 지점 사이의 차이로서 정의된다. 상기 멤브레인 재질로서 사용되는 산화알루미늄의 순도는 양호한 장기 안정성을 얻기 위해 94% 이상, 바람직하게는 99%가 넘어야 한다.
- [0017] 가장자리 영역에 위치하는 멤브레인 밀봉부의 품질에 영향을 끼치지 않도록 하기 위해, 도전성 층은 제1 하우징 본체에 배열되어 있는 유입부를 통하여 돌출되고, 멤브레인 밀봉부 또는 용접부로부터 직접 돌출되지 않는 것이 유리하다.
- [0018] 측정 셀의 정확한 기능을 장기간 동안 보장하기 위해, 기준 진공 챔버는 장기간 동안 고품질의 안정한 진공을 나타내어야 한다. 이를 위해, 펌핑 후에 제1 하우징에 작은 부피로 배치되며 기준 진공 챔버와 결합하는 게터(getter)가 제공된다. 게터는 기준 진공 압력이 측정 압력보다 더 낮게, 바람직하게는 약 최소 10배 이상 낮게 하기 위해 제공된다. 측정 셀의 내부 영역의 불순물을 방지하기 위해, 기화되지 않는 게터 형태가 선택되어야 한다.
- [0019] 상술한 바와 같이, 측정 셀은 조밀하고 저비용으로 구성될 수 있다. 이러한 종류의 셀은, 직경 범위가 5 내지 80mm, 바람직하게는 5 내지 40mm이다. 이러한 셀의 두께는 바람직하게는 2 내지 25mm의 범위 내이다.
- [0020] 상술한 특성을 갖는 기능성 측정 셀을 제조하기 위하여 적절한 제조 방법을 수행하는 것이 매우 중요하다. 특히, 얇은 세라믹 멤브레인의 제조를 위해서는 특별한 처리 과정이 필요하다. 멤브레인 또는 측정 셀의 전체 구조는 특히 고유 응력이 없어야 한다.
- [0021] Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>으로 제조되는 적절한 멤브레인은 통상의 세라믹 분야에서와 같이 소정의 조성에 따라 슬립(slip)을 먼저 혼합하여 반죽 형태의 덩어리를 얻고, 이를 바람직하게는 플라스틱 호일과 같은 밴드 형태의 기재 재료에 얇고 균일하게 도포하여 제조한다. 건조 후에는 호일에서 기포나 구멍과 같은 결함의 발생 여부를 검사한다. 소결하지 않고 여전히 유연한 덩어리를 '생소지(green body)'라고 한다. 원하는 멤브레인 형태는 호일에 고착되어 있는 밴드 형태의 생소지 재료를 절단하여 제조한다. 이러한 절단은 칼날, 바람직하게는 레이저를 사용하여 수행된다. 생소지의 절단 또는 흠 형성은 절단 가장자리에 생성될 세라믹 멤브레인의 표면에 대해 멤브레인의 스트립 형태의 슬립이 휘거나 들리지 않도록 특별한 주의를 필요로 한다. 컷터(cutting knife)로 절단시, 예를 들면 절단 공정과 동시에 멤브레인 측에 압착 휠을 설치하여 생소지가 심하게 휘어지는 것을 방지할 수 있다. 이어서, 예를 들면 가장자리를 분리하는 방식으로 원형의 절단 멤브레인을 호일로부터 조심스럽게 분리시킨다.

이어서, 상기 멤브레인을 오븐에서 소결한다.

- [0022] 소결을 위해, 상기 멤브레인을 바람직하게는 연소 경화시킨 편평한  $Al_2O_3$  판에 올려놓고, 예를 들면 일정한 간격으로 적층하여 전형적으로 1630℃에서 소결시킨다. 온도는 약 400분 동안에 1630℃까지 승온, 즉 분당 약 4℃의 속도로 승온한 다음, 몇 분, 예를 들면 6분 동안 상기 온도에서 유지한 후, 1단계에서는 분당 3℃의 속도로 약 210분 동안 1000℃까지 서서히 온도를 내리고, 2단계에서는 분당 6℃의 속도로 170분 동안 상온으로 냉각시키게 된다. 결과적으로, 생소지는 경질의 순수한 세라믹 구조를 가진 세라믹 멤브레인이 되고, 이때 생소지 재료의 첨가제는 기화된다. 소결 단계 후, 멤브레인은 거칠어지고, 약 40mm의 직경에서 수 mm의 단층을 형성한다.
- [0023] 상기 멤브레인은 재료의 심한 휨 현상과 고유 응력에 의해 사용할 수 없는 상태로 존재할 수 있다. 상기 멤브레인은 하나 이상의 추가 단계를 통해 평탄화되어야 한다. 상기 멤브레인을 다시 오븐에 넣어 추가 가열 단계를 진행시킨다. 이러한 경우, 상기 멤브레인을 대형의 매우 편평한 소결 경화된  $Al_2O_3$  판("데드(dead)"  $Al_2O_3$ , 즉 조립형 산화알루미늄)에 놓고, 40mm의 멤브레인 직경에서 수십 내지 수백 그램의 중량, 예를 들면 약 60g의 중량을 적재한다. 온도는 분당 4℃의 속도로 약 390분 동안 약 1570℃까지 서서히 승온시킨다. 수분, 약 25분 동안 유지한 후에 다시 분당 5℃의 속도로 약 115분 동안 1000℃까지 냉각시킨다. 그 후, 분당 약 6℃의 속도로 약 166분 동안 상온까지 냉각시킨다. 이러한 평탄화 단계 후, 수십 밀리미터의 매우 적은 휨 현상이 나타난다. 평탄화 단계에서 중요한 것은 제1 소결 단계에 비해 근소하게 높고, 바람직하게는 소결 온도 대비 최대 100℃에 이르는 온도이다. 요구되는 측정 셀의 품질에 필요한 양호한 결과를 달성하기 위하여 상기 평탄화 단계는 최소 2회 이상 실시하여야 한다.
- [0024] 경제성을 감안하면, 평탄화 가열 단계의 횟수는 2회 미만이어야 한다. 특히 양호한 결과를 달성하기 위해서, 평탄화 단계 사이에서 멤브레인을 판에서 조심스럽게 떼어내서 조금 이동시킨다. 바람직하게는, 회전 위치시킬 수 있다. 중간에 멤브레인을 위치시킨 다수 개의 평판들의 적층물을 사용하는 것이 특히 경제적이다. 멤브레인의 두께는 10 $\mu$ m 내지 250 $\mu$ m의 범위, 바람직하게는 120 $\mu$ m 미만에서 선택될 수 있다. 상기 방법에 의해 멤브레인의 평탄도는 전체 면에 대하여 10 $\mu$ m, 바람직하게는 5 $\mu$ m로 향상된다. 이때, 멤브레인 재료의 입자는 평균 20 $\mu$ m 미만, 바람직하게는 10 $\mu$ m 미만, 5 $\mu$ m 미만을 달성할 수 있다. 이로 인해, 두께는 최소 2개의 입자가 존재하여야 하고, 더욱 바람직하게는 최소 5개의 입자로 되어야 한다는 조건이 충족될 수 있다. 따라서, 측정 셀 요건에 필요한 헬륨 밀봉 멤브레인이 구현될 수 있다. 상기 멤브레인은 측정 셀 구성에 현재 사용되고 있다.
- [0025] 상기 멤브레인과  $Al_2O_3$ 로 제조된 제1 하우징 본체의 평면에는 전극 형성을 위한 전기 전도성 박막이 구비된다. 이를 위해, 예를 들면 금속 페인트 예를 들면 금 함유 페인트를 브러싱, 분무 또는 인쇄할 수 있다. 또 다른 방법으로는 바람직하게는 스퍼터링과 같은 진공 증착법으로 도전성 층을 형성할 수 있다. 코팅을 정밀하고 정해진 위치에 마련하기 위하여, 바람직하게는 먼저 금 층을 약 1 $\mu$ m의 두께로 도포한 다음, 내부에 약 5nm의 수 나노미터까지 이온 장치 또는 스퍼터링 장치와 같은 에칭법을 사용하여 박막화한다. 이러한 방법으로, 예를 들면 뿔납시 두꺼운 가장자리 영역이 확산 손실을 보상하기 위해 생성된다. 실질적으로 단순하게 사용가능한 바람직한 방법에 따르면, 먼저 수 나노미터의 얇은 층을 전체 면에 걸쳐서 도포한 다음, 가장자리에 두꺼운 금층을 스크린 인쇄법(즉, 복합 공정과 다양한 층 두께)으로 형성한다. 이어서, 처리된 멤브레인 또는 하우징을 수백 ℃의 온도, 바람직하게는 650℃의 온도 범위에서 템퍼링(tempering)한다. 사용 재료에 상응하게 850℃ 이하의 온도를 사용하는 것이 특히 유리할 수 있다.
- [0026] 측정 위치에 배치되는 제2 세라믹 하우징은 충분한 크기의 측정 진공 챔버를 형성하기 위해 멤브레인 위치에 평면 홈을 포함할 수 있는 편평한 세라믹 판으로 구성된다. 연결 포트는 상기 세라믹 하우징에 용접, 접촉 또는 뿔납, 바람직하게는 유리 뿔납으로 결합되어 연결 개구부가 추후 측정 진공 챔버와 연통할 수 있도록 한다.
- [0027] 밀봉이 이루어지는 주변 영역에서 멤브레인은 양면이 유리 페이스트로, 바람직하게는 스크린 인쇄법에 의해 코팅된다. 건조 후, 유리 페이스트가 제공된 멤브레인을 오븐에서 수백 ℃의 온도, 바람직하게는 650℃에서 연소시킨다. 이어서, 유리 표면의 양면을 연마하고, 이를 통해 바람직하게는 추후 전극 사이의 거리가 정해진다.
- [0028] 전극측 상부 세라믹 하우징은 추가로 외부에 상술한 코팅 공정을 이용하여 차폐층(shielding)으로서 도전성 층을 형성한다. 이 밖에, 하우징에는 연결 위치를 설치한다. 또 다른 단계에서는 전극 연결부의 통전용 천공을 바람직하게는 은을 사용하여 금속화한다.
- [0029] 시험 단계에서, 전극이 구비된 제1 하우징과 유입부는 그 위의 멤브레인과 함께 밀봉성과 전극 간격에 대하여 검사한다. 그 이후, 기능과 거리를 검사하기 위해 하부 하우징 부분을 올려놓고 전체 구조에 중량을 가한다.

이어서, 구조 프레임에 추가로 게터 연결부를 그 위에 형성하고, 약 200g의 중량을 가하여 수백 ℃, 바람직하게는 약 630℃에서 유리 밀봉재를 열처리한 다음, 필요한 간격의 유지 여부를 검사한다. 필요한 경우, 또 다른 중량을 가하거나 해제하고, 연소 처리를 통해 멤브레인 간격을 보정할 수 있다. 밀봉 공정은 매우 세밀하게 실시하여야 하고, 위에서 언급한 바와 같이 측정 셀 구조에 어떠한 응력도 발생하지 않도록 하여야 한다. 이와는 달리, 유리 뱀납 또는 다른 밀봉재 대신에 레이저 용접과 같은 직접 용접법을 실시할 수도 있다.

[0030] 이하, 공지된 측정 셀 구조를 개략도 및 실시예를 참조하여 기재한다.

[0031] 멤브레인 주위에 실질적으로 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>으로 제조되며 대칭적인 배치 구조를 갖는 용량식 측정 셀이 도 1에 도시되어 있다. 제1 하우징(1)은 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 제조되는 세라믹 판으로 구성되며, 세라믹 멤브레인(2)에 대하여 2μm 내지 50μm의 간격을 두고 가장자리 영역에서 밀봉 결합되며, 기준 진공 챔버(25)를 포함한다. 두 면 사이의 간격은 일반적으로 멤브레인 가장자리와 하우징 가장자리 사이에 위치하는 밀봉재(3)에 설치시 직접 조절된다. 이러한 방법에서는 완전 평면인 하우징 플레이트(1)를 사용할 수 있다. 동일한 기술과 방법으로, 대향 멤브레인 측의 제2 하우징(4)에는 측정 진공 챔버(26)가 형성되고, 접속 수단(5)을 통과하여 하우징(4)에 형성되어 있는 개구부를 통하여 측정 대상 매체가 상기 측정 진공 챔버(26)에 도달할 수 있다.

[0032] 도 2에는 측정 셀의 가장자리를 확대한 단면도가 도시되어 있다. 밀봉재(3)는 두 하우징(1, 4)의 간격을 선택하는 것처럼 멤브레인(2) 양쪽을 한정한다. 상기 밀봉재는 예를 들면 취급이 간단하고 스크린 인쇄법으로 도포될 수 있는 유리 뱀납인 것이 바람직하다. 외부 직경이 38mm인 측정 셀과 자유 멤브레인 내부 직경이 30mm인 전형적인 측정 셀에서 간격(3)은 약 2μm 내지 50μm, 바람직하게는 12μm 내지 35μm이다. 이때, 제1 하우징(1)은 두께가 5mm이고 제2 하우징(4)은 두께가 3mm인 것이 바람직하다. 도 1에 도시되어 있는 바와 같이, 제2 하우징(4)에는 바람직하게는 내부 영역에 깊이 약 0.5mm의 홈이 제공되어 측정 진공 챔버(26)를 넓힐 수 있다. 멤브레인(2)과 제1 하우징(1)에는 기준 진공 챔버 측에 각각 도전성 층(7)이 코팅되어 있다. 상기 양쪽 층은 서로 전기적으로 결합 상태에 있지 않다. 층(7)은 예를 들면 칠, 인쇄, 분무 또는 진공법으로 도포될 수 있다. 바람직하게는, 층(7)은 증착 또는 스퍼터링과 같은 진공법으로 도포된다. 특히 적절한 층 재료는 1μm의 층 두께로 증착시킨 금이며, 스퍼터 에칭에 의해 5nm 정도의 수 나노미터 두께로 박막화시킨다. 이로 인해 상기 층의 두께가 결정되고 충분히 얇고 응력이 없도록 조절된다. 상기 멤브레인의 전기 접속(7)은 바람직하게는 진공 밀봉된 전기 전도성 유입부(6)에 의해 이루어지고, 바람직하게는 상기 유입부는 제1 하우징(1)을 관통하여 평가 대상 전자 부품과 결합될 수 있다.

[0033] 도 2에는 제1 하우징 본체(1)를 통과하는 평형관 및 게터 장치가 도시되어 있지 않다.

[0034] 도 4에 도시된 바와 같이, 영역(25) 내부에 기준 진공을 장기간 안정되게 유지할 수 있도록 게터(10)가 제공되어 있다. 게터는 기화된 입자의 기준 진공 챔버(25)를 자유롭게 유지하기 위해 비기화성 게터인 것이 바람직하다. 제1 하우징(1)에서는 게터(10)를 수용하기 위한 게터 영역(13)이 제공되어 있어서 접속 라인(14) 또는 펌핑관을 통해 기준 진공 챔버(25)와 결합된다. 게터 영역(13)은 제1 하우징(1) 위에도 설치할 수 있으며, 제1 하우징(1)으로 유입되는 장점이 있다. 접속 라인(14)을 통해 기준 진공 챔버(25)를 펌핑할 때는 게터(10)에 제공된 덮개(8)가 이격되어 개구부가 열리게 되는 게터 영역(13)은 펌핑 장치와 결합된다. 금속 또는 세라믹으로 제조된 덮개(8)는 펌핑 중에 가운데되어 게터가 활성화되고 그와 동시에 가스가 배출된다. 이러한 게터의 활성화 후, 덮개(8)의 펌핑 중에 덮개(8)와 제1 하우징(1) 사이에 있는 밀봉재(9)는 제1 하우징(1)에 밀봉 압착된다. 밀봉재(9)로는 예를 들면 유리 뱀납일 수 있다. 덮개(8)에 대해 게터를 누르고 있는 고정 스프링(11)은 덮개(8)에 대한 게터의 열적 접촉을 양호하게 한다.

[0035] 도 4에 도시되어 있는 게터 장치에 대한 또 다른 변형예에 따르면, 덮개(8)에 대한 게터(10)의 열적 접촉을 보다 개선하기 위해 접속 수단(12), 바람직하게는 뱀납을 게터(10)와 덮개(8) 사이에 설치한다. 이때, 게터(10)가 덮개(8)를 통해 외부로부터 열적으로 활성화될 수 있도록 열전달이 필수적으로 좋아야 한다. 게터 장치는 게터의 활성화 이외에도 작업 공정에서 덮개(8)의 용접이 가능해지도록 하여 게터(10)의 활성화 온도와 뱀납(9)의 용접 온도가 실질적으로 일치하도록 한다.

[0036] 상술한 개념을 토대로 제품으로서 구현되고 부품 수가 많은 시판 중인 측정 셀이 도 5에 예시되어 있다.

[0037] 그러나, 실제로 사용할 때 용량식 멤브레인 진공 셀에 의한 진공에서의 압력 측정과 관련된 다양한 문제가 발생한다.

[0038] 반도체 산업과 코팅 산업에서, 센서는 가열되고 에칭 가스를 처리한다. 이러한 공정 가스 중 일부 및 공정 생

산품은 차가운 표면에서 응축되는 경향이 있다. 이러한 응축을 방지하거나 감소시키기 위해, 멤브레인 측정 셀을 가열함으로써 공정 처리된 멤브레인이 공정 가스보다 높은 온도를 갖도록 하고, 가스가 바람직하게는 감도가 높은 멤브레인이 아닌 시스템 내 다른 부위에서 응축되도록 한다. 따라서, 멤브레인에서 박막의 성장은 멤브레인의 층에서 응력으로 작용하게 되고, 이러한 응력은 멤브레인에 대한 압력 응력 또는 인장 응력으로 유도되어 센서의 드리프트(drift)를 초래한다. 그 때문에, 전체 공정 시스템을 가열하여 응축이 발생하지 않도록 할 수 있다.

- [0039] 상기 용량식 측정 기술은 고감도 기술로서 장시간 안정성을 가진 측정 기술이며, 전자파 간섭(EMI)에 대해 감도가 매우 높다. 이러한 이유로, 예비 증폭기 또는 커패시터와 같은 프론트-엔드 전자 부품(front-end electronics)을 주파수 변환기, 바람직하게는 용량식 구성 요소에 매우 근접하여 배치한다.
- [0040] 300°C 이상의 공정 온도와 주위 온도는 전기 장치에서는 까다로운 요건이다. 통상적으로, 전자 장치는 80°C 이하의 주위 온도에 대해 실현되어야 하거나 특별한 경우에만 예를 들면 군사적인 용도에서는 120°C 이하이다.
- [0041] 200°C 이하의 온도에서는 원격형 CDG 센서의 사용이 일반적이다(상기 전자 부품은 케이블에서 가열된 센서로부터 분리된다). 이러한 해결책은 연결 케이블이 센서 헤드부와 전자 부품 사이에 형성되는 감도가 높은 용량식 측정 구역의 일부를 이루고 있기 때문에, 온도 구배와 관련하여 용량식 측정 방법의 문제점을 피할 수 없으며, 나아가 EMI(전자파 간섭)에 대한 민감도 증가의 문제점을 갖는다. 실제로, 이러한 2개의 효과는 바람직하지 않은 방법으로 CDG의 품질을 악화시킨다.

**발명의 상세한 설명**

- [0042] 본 발명의 과제는 상술한 종래 기술의 단점을 해결하는 장치를 제공하는 데 있다. 이 외에도, 상기 장치는 경제적으로 제조할 수 있어야 한다.
- [0043] 본 발명에 따르면, 상기 과제는 청구범위 제1항의 장치 및 제21항의 진공 측정 셀의 제조 방법에 의해 해결된다. 기타 종속항들은 유리한 또 다른 실시형태들을 정의한다.
- [0044] 광학 멤브레인 측정 셀(ODG)을 구성함으로써 상술한 CDG의 중요한 단점을 해결한다. 이러한 경우, 멤브레인의 압력 의존적 휨 현상(deflection)은 광학계에 의해 측정되며, 측정된 신호는 광섬유에 의해 광신호 처리부로 전송된 다음, 광신호는 전기 신호로 전환된다.
- [0045] 상기 광신호는 주로 전자파 교란, 진동 및 주위 온도의 변화와 같은 주위 교란에 의한 약화 및 변조없이 장거리(십자어는 킬로미터)에 걸쳐서 전송될 수 있다.
- [0046] 광학 멤브레인 측정 셀은 문헌[예를 들면, Lopez-Higuera, 2002; Totsu et al., 2003]에 기재되어 있다. 이러한 멤브레인 측정 셀의 기본 원리가 본 명세서에 기재되어 있다. 상기 셀은 광학적으로 선택된다. 2개 부분의 거리를 측정하기 위한 광학적 측정법이 다수 공지되어 있다. 압력 측정에서 실제 거리를 수십 옴스트롬( $10^{-10}$  m)의 범위에서 측정하여야 하는 경우, 페브리-페로(Fabry-Perot) 측정 원리가 주로 적용될 수 있다. 이때, 중요한 용도는 화학 공정 및 생의학 분야에서 동작을 모니터링하는 것이다. 이러한 공지의 센서는 대기압 이상의 전형적인 압력에서 작동한다.
- [0047] 550°C 이상의 온도에서 멤브레인 휨 현상을 측정하기 위한 광학적 방법은 몇몇 시판품, 예를 들면 페브리-페로 간섭계를 사용하는 "Luna Innovations Fiber Optic Pressure Sensor"에서 구현되고 있다. Davidson Instruments사의 FISO 기술을 사용하는 타이테크(Taitech)사의 센서는 규소-MEMS 기술을 채용하고 있다.
- [0048] 이러한 경우, 램프의 광이 유리 섬유로 유도된다. 유도된 광은 센서 헤드부로 진행하고, 반투과성 거울을 관통하고, 멤브레인상의 반사성 거울에 도달한다. 반사된 광은 다시 부분 반사성 거울을 통과하여 간섭계로 유도되는데, 이때 반사성 거울은 유리 섬유에 초점을 맞추고 있다.
- [0049] 본 발명에 따르는 ODG-센서 구조는 산화알루미늄으로 구성된 상술한 CDG-센서를 기본 구성으로 한다. 기본적으로, 산화알루미늄 센서 개념은 더욱 발전하여 멤브레인 휨 현상을 광학적으로 선택할 수 있다. 페브리-페로 기술을 토대로 산화알루미늄 센서 개념과 광학적 선택 원리를 조합하면 우수한 결과가 얻어짐을 알 수 있다.

**실시 예**

- [0063] 멤브레인을 중심으로 거의 완전히 대칭적으로 배치된 구성을 가진  $Al_2O_3$ 로 제조된 본 발명에 따른 용량식 측정

셀의 단면도가 도 10에 도시되어 있다. 제1 하우징(1)은 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 제조된 세라믹 판으로 구성되고, 제1 하우징(1)은 세라믹 멤브레인(2)에 대해 2 $\mu$ m 내지 50 $\mu$ m의 거리를 두고 가장자리 영역에서 밀봉 결합되며, 기준 진공 챔버(25)를 포함한다. 상기 두 면 사이의 거리는 일반적으로 멤브레인 가장자리와 하우징 가장자리 사이에 위치하는 밀봉재(3, 3')에 설치할 때 직접 조절된다. 이러한 방법으로, 완전 평면인 하우징 판(1)이 사용될 수 있다. 동일한 기술과 방법으로, 제2 하우징(4)에는 대향 멤브레인 측에 하우징(4)에서 접촉 수단(5)상에 개구부를 통해 측정 대상 매체가 도달할 수 있는 측정 진공 챔버(26)를 형성한다.

[0064] 멤브레인(2)의 양측에 설치된 밀봉재(3, 3')가 상술한 바와 같이 2개의 하우징(1, 4) 사이의 간격을 한정한다. 밀봉재는 예를 들면 취급이 간단하고 예를 들면 스크린 인쇄법에 의해 도포될 수 있는 유리 뿔납이 바람직하다. 이러한 유리 페이스트의 용융 온도 또는 소결 온도는 675 내지 715 $^{\circ}$ C의 범위 내이다. 용융 온도는 바람직하게는 600 내지 630 $^{\circ}$ C의 범위 내이다.

[0065] 외부 직경 38(5-50)mm와 자유 멤브레인 내부 직경 30(4-45)mm의 전형적인 측정 셀에서, 간격(3)은 약 2 내지 50 $\mu$ m, 바람직하게는 12 내지 35 $\mu$ m이다. 이때, 예를 들면 제1 하우징(1)의 두께는 제2 하우징(4)과 같이 2 내지 10mm이다. 제1 하우징(1)과 제2 하우징(2)은 팽창 계수가 멤브레인의 재료와 유사한 재료로 제조되어야 한다. 매우 적합한 조합은 고순도의 산화알루미늄 세라믹(순도 > 96%, 바람직하게는 > 99.5%), 사팔(Sapphal) 세라믹(순도 99.9%가 넘는 산화알루미늄) 및 사파이어(결정성 고순도 산화알루미늄, 인조 강옥)로 구성된다.

[0066] 도 1에 도시되어 있는 바와 같이, 제2 하우징(4)의 내부 영역에 바람직하게는 깊이 약 0.5mm의 홈이 제공되어 측정 진공 챔버(26)을 확장시킬 수 있다.

[0067] 멤브레인(2)의 기준 진공 챔버 측에는 도전성 층이 코팅되어 거울층(31)을 형성한다. 패브리-페로 간섭계를 형성하기 위해, 멤브레인과 윈도우 또는 제1 하우징의 코팅에 대한 두 가지 가능성이 있다. 패브리-페로에서 사용 가능한 코팅의 기본적인 이해가 문헌에 잘 기재되어 있다(참고: Vaughan JM, The Fabry-Perot interferometer, Adam Hilger Bristol and Philadelphia, 2002). 2개의 기본적인 가능성이 도 9에 개략적으로 도시되어 있다. 완전 금속성이거나 또는 유전성 구조가 선택된다. 금속성 코팅은 보다 단순한 다른 공정을 위해 대해 유전층에 의해 보호될 수 있다.

[0068] 금속성 거울은 바람직하게는 완전 반사층으로서 형성된다. 거울층(31)은 바람직하게는 브러싱, 인쇄, 분무 또는 진공법에 의해 도포될 수 있다. 바람직하게는, 상기 층은 주성분으로 금으로 구성되고, 인쇄법에 의해 도포되며, 두께 범위는 0.3 내지 10 $\mu$ m이다. 접촉 라인(14)은 제1 하우징 본체(1)를 관통하여 기준 진공 챔버(25)를 게터 챔버(13)와 결합시키며, 게터 챔버에는 게터(10, 도 10에는 미도시)를 포함하는 게터 장치가 배치되어 있다. 게터 장치는 도 3 및 도 4와 관련하여 상술한 CDG 측정 셀의 게터 장치와 동일하다.

[0069] 제1 하우징(1)은 완전히 광학적으로 투명한 재료로만 제조되거나 이의 중앙에 광학 윈도우(33)로서 사용되는 투명한 영역을 포함할 수 있다. 광학 시스템은 투명한 제1 하우징(1) 또는 광학 윈도우(33) 후방에 직접 또는 일정 거리를 두고 배치되어 측정할 압력에 따른 멤브레인 휨 정도를 측정하기 위해 패브리-페로 간섭계 및 멤브레인(2)의 반사성 표면에 연결된다. 광 및 광신호는 하나 이상의 유리 섬유(37, 37')에 의해 간섭계로부터 측정 셀로 유도된다. 투명한 제1 하우징(1)의 멤브레인(2)의 거울(31) 또는 광학 윈도우(33)에 대해 기준 진공 챔버의 내부에서 내면(34)이 부분 투명층, 바람직하게는 반투명층으로 코팅되는 것이 바람직하다. 이러한 코팅은 CDG 설치 절차에 대해 상술한 바와 같이 측정 셀의 설치 및 베이킹시 수백  $^{\circ}$ C의 베이킹 온도에서 견딜 수 있어야 한다. 사파이어가 투명한 제1 하우징(1) 또는 광학 윈도우(33)에 대해 사용될 때 광학 특성 및 정확도를 달성할 수 있어서 유리하다. 상기 재료는 고가이지만, 광학 윈도우(33)로서의 사용은 저가이며, 추가로 상기 측정 시스템의 양호한 신호 품질을 얻기 위해 각도가 조절 및 최적화될 수 있다. 이러한 기술과 방법으로 광학 윈도우(33)가 밀봉재(32)와 함께 사용될 때, 상술한 바와 같이 밀봉재(3, 3')와 함께 멤브레인(2)의 밀봉을 위해 사용된다. 밀봉재 재료는 바람직하게는 수백  $^{\circ}$ C로 페이스트를 가열함으로써 베이킹된 유리 페이스트로 이루어진다.

[0070] 도 10에 도시된 바와 같이, 바람직한 측정 셀 장치는 고정 장치(28)와 가열 장치(30)에 의해 둘러싸여 있다. 측정 셀은 가열 장치(30)에 의해 측정할 진공 공정에 포함된 물질에 따라 응축 온도 이상으로 가열된다. 이러한 경우, 셀의 온도는 바람직하게는 응축 온도보다 최소 10 $^{\circ}$ C 이상이다. 바람직한 실제 온도 범위는 100 내지 600 $^{\circ}$ C이다. 이러한 종류의 화학 물질은 부식성이 클 수 있으며, 이로 인해 가열은 측정 셀의 감도가 높은 부분을 유지하기 위해 효과적인 조치이다. 이러한 처리는 측정 셀이 장시간 수행되는 공정 중에 높은 정밀도 및 재현성으로 신뢰성 있게 작동되도록 한다.

[0071] 이러한 가열된 측정 셀에서 유의할 점은 유리 섬유가 높은 온도에 이르지 못하게 하거나 완전히 분쇄되지 않도록 하고, 상기 시스템의 광학적 측정 정밀도가 나쁜 영향을 받지 않도록 하는 것이 중요하다. 도 10에 도시되어 있는 바와 같이, 상기 문제점은 유리 섬유(37, 37')가 측정 셀로부터 충분한 거리를 두고 연결부와 함께 배치하여 상기 섬유의 온도를 100℃ 이하로 함으로써 해결할 수 있다. 예를 들면, 온도를 감소시키기 위해 상기 섬유는 셀로부터 수 cm 떨어져 배치될 수 있으며, 스테인레스 강으로 제조된 관과 같은 고정 장치(28')를 통해 고정된다. 이러한 경우, 상기 섬유 및 제1 하우징(1) 또는 윈도우(33) 사이에는 렌즈(35)를 배치하여 상기 멤브레인에 대한 광신호의 결합을 최적화한다.

[0072] 전체적인 측정 셀 장치는 그 주위를 둘러싸고 있는 코팅(29)에 의해 보호될 수 있다. 유리한 점은, 상기 셀의 측정 진공 챔버(26)와 멤브레인(2)에 의해 접속 수단(5)이 플라즈마 방전, 화학 물질 등과 같은 부식성 조건이 유지되고 있는 공정 챔버에 직접 노출되지 않는다는 점이다. 이러한 경우, 접속 수단(5)은 플랜지(40)에서 중공실(42)과 지지판(41) 형태의 배플(차폐물)을 포함하는 공정 챔버와 결합한다.

[0073] 멤브레인:

[0074] 멤브레인의 기준 진공 챔버 측의 부분은 이의 표면에서 광에 대해 광학적으로 반사하도록 형성된다. 이를 위해, 바람직한 방법이 다수 제공되어 있다: 산화알루미늄 멤브레인에 얇은 반사성 패널(31)을 고정시키는 것이 바람직한 방법 중의 하나이다. 또 다른 바람직한 방법은 금으로 제조된 거울(31)을 사파이어 멤브레인에 증착시키는 것이다. 사파이어와 금 사이에 크롬층을 배치하여 금과 사파이어의 점착을 증가시킨다. 또 다른 방법은 브러싱, 인쇄 또는 분무이다. 유전체 코팅이 금속층 대신에 도포되거나 추가적으로 금속층에 도포될 수도 있다.

[0075] 사파이어 멤브레인:

[0076] 멤브레인(2)을 사파이어로 제조하는 것이 바람직하다. 사파이어는 소정의 결정 배향을 가진 결정성 산화알루미늄( $Al_2O_3$ : 인조 강옥)으로서 정의된다. 물성 중 많은 특성이 이러한 배향에 따라 다르다.

[0077] 재료로서 사파이어의 선택은 다음과 같은 장점을 갖는다:

[0078] - 반도체 산업에서 사용되는 공정 가스, 예를 들면 불화물( $NF_3$ ,  $CH_2F_2$ ,  $SF_6$ ,  $CF_4$ ,  $CHF_3$ ) 또는 염화물(예를 들면  $Cl_2$ ,  $HCl$ ) 또는 브롬화물(예를 들면  $HBr$ ) 가스 또는 수증기에 대한 높은 내부식성.

[0079] - 사파이어는 단결정성이기 때문에, 이의 표면은 다결정성 산화알루미늄 세라믹보다 미세하다.

[0080] - 미세 단결정성 표면은 표면에 응결 미립자 형성 위치의 수를 추가로 감소시킨다. 그 결과, 멤브레인(2)의 공정 위치에서의 층 증착이 감소되어 센서 드리프트가 적어지고, 따라서 코팅에 의해 응력 생성이 서서히 이루어진다.

[0081] - 사파이어는 굽힘성이 클 수 있다. 이로 인해, 멤브레인(2)의 휨 현상이 커질 수 있어서 측정 셀의 측정 범위를 확장시키고 매우 낮은 압력 범위에서 높은 정밀도가 달성된다.

[0082] 하기 표는 산화알루미늄 대비 측정값을 보여주고 있다.

[0083]

두께 $Al_2O_3$ [ $\mu m$ ]	편차(deflection) $Al_2O_3$ [ $\mu m$ ]	두께 사파이어 [ $\mu m$ ]	편차 사파이어 [ $\mu m$ ]
765	5.73	706	6.46
150.4	264*	151.6	240
55	293*	44.6	413

[0084] 상기 표로부터 두께 150 $\mu m$  미만의 사파이어 멤브레인은  $Al_2O_3$ 에 비해 2배까지 큰 편차를 가질 수 있음을 알 수 있다. 하단의  $Al_2O_3$  멤브레인(\*)은 휘어질 때 유연성의 한계에 도달되기 때문에 깨졌다.

[0085] 멤브레인(2)은 바람직하게는 사파이어 결정으로부터 절단하여 C-축에 대해 직각(구조 지수 0001)으로 위치시킨다. 이러한 배향은 멤브레인 면 방향보다는 멤브레인에 대해 직각 방향으로 더 큰 열팽창계수를 제공한다. 축

배향의 선택에 의해 수직 편차에서 더 높은 열팽창 및 보상이 더 용이한 온도 함수에서 더 큰 센서 드리프트가 유도된다. 따라서, 이러한 선택은 얇은 멤브레인의 원치 않는 요철 형성을 감소시킬 수 있다.

[0086] 사파이어 멤브레인(2)은 5 내지 80mm, 바람직하게는 5 내지 40mm 범위의 직경 및 0.04 내지 0.76mm, 바람직하게는 0.07 내지 1.0mm의 두께를 가짐으로써, 요철 형성 문제를 해결할 수 있다. 상부면과 하부면은 거울(31)의 영역에서 0.005mm 또는 이보다 우수한 평행성 및 N4 또는 Ra 0.35 또는 이보다 우수한 표면 조도를 갖는다.

[0087] 완전 반사성 거울:

[0088] 멤브레인(2)의 기준 진공 챔버 쪽에 거울(31)을 귀금속, 바람직하게는 금으로 구성한다. 크롬층을 사용하여 사파이어에 대한 금의 부착성을 증가시킨다. 금 또는 은과 같은 귀금속 코팅을 위한 소결 온도는 850°C 이하이다.

[0089] 반사성이 감소되는 경우, 개별적인 크롬층이면 충분할 수 있다. 유전체 물질로 구성된 단일층 또는 다중층이 사용되기도 한다.

[0090] 제1 하우징 본체:

[0091] 제1 하우징 본체(1)는 산화알루미늄 세라믹 또는 사파이어로 구성될 수 있다. 상기 멤브레인을 가진 기관의 적절한 열팽창계수를 고려하면 사파이어가 바람직하다. 비용을 고려하면, 제1 하우징 본체에 대해 산화알루미늄을 사용할 수도 있다. 상기 하우징 본체에는 개구부가 천공될 수 있으며, 그 안에 부분 반사성 거울과 광섬유를 위한 고정 부재가 설치된다.

[0092] 부분 투과성 거울(도 8, 도 9 및 도 10):

[0093] 윈도우(33)의 내면(34)에 대한 부분 투과성 거울의 재료를 선택하는 것은 특히 어렵다. 셀의 제조 공정 중에, 소결 온도와 결합 온도가 700°C 이하에서 얻어진다. 이 온도에서 거울 재료가 확산 또는 승화되는 문제가 방지된다.

[0094] 부분 반사성 거울은 투명한 사파이어 윈도우 표면(34)에 크롬을 증착시킴으로써 제조된다. 크롬층의 두께는 예를 들면 약 5nm이다. 크롬층을 산화로부터 더 잘 보호하기 위해, 크롬층의 표면에 산화탄탈륨( $Ta_2O_5$ )으로 제조된 보호층을 선택적으로 도포할 수 있다. 사파이어 윈도우는 멤브레인의 설치와 관련된 상술한 바와 동일한 방법으로 하우징 본체에 유리 용접물을 베이킹하여 설치된다.

[0095] ODG 중공의 평행성

[0096] 양호한 감도를 얻기 위해, 멤브레인(2) 위의 거울(31)과 제1 하우징 본체(1)의 부분 투과성 거울(34)은 정확히 평행한 방향이어야 한다. 도 8에 따르면, 최대 허용되는 각도의 기울기  $|\alpha + \beta + \gamma|$ 는 0.05mrad이다.

[0097] 배플:

[0098] 도 10에 도시되어 있는 바와 같이, 바람직하게는 센서 헤드부 전방에는 배플(41)이 배치되어 있다. 배플은 최소 2개의 과제를 수행한다. 감도가 높은 멤브레인(2)에 직접적인 연통이 존재하지 않음을 의미한다. 이러한 이유로 가스 입자는 멤브레인(2)에 도달하기 전에 측정 셀의 다른 부분에 대해 최소 2번 접촉하게 된다. 쉽게 응축되는 가스 입자는 바람직하게는 배플 표면에서 응축되기 전에 멤브레인 표면에 대해 아래로 충격을 줄 수 있다. 이는 센서 드리프트를 더욱 감소시키고, 센서의 수명을 연장시킨다. 배플은 보다 적은 전하 세기를 갖는 가스로의 플라즈마 전환, 바람직하게는 강제적인 벽 접촉에 의한 중성 상태로의 플라즈마 전환을 수행한다.

[0099] 투입 센서:

[0100] ODG 센서-개념은 투입 장치로서 사용될 수도 있다. ODG 센서의 또 다른 바람직한 형태가 도 11에 도시되어 있다.

[0101] 상기 장치에서, 센서 셀은 주 진공 챔버로부터 관으로 회수되지 않는다. 센서 헤드부는 플랜지(40, 40')에 직접 배치될 수 있다. 이러한 경우, 센서는 진공 챔버의 진공으로 직접 투입될 수 있다. 멤브레인과 센서 하우징은 내식성 재료로 구성된다.

[0102] 다중 센서 헤드부:

[0103] 광신호 편차는 다중 센서 헤드부의 사용을 필요로 하며, 신호 편차는 각 분광계에 의해 가능하다. 이는 분광계의 도입부에서 평행하게 배치되는 다수의 분리된 섬유를 사용하거나 갈라진 섬유 또는 섬유 스위치를 사용함으

로써 구현될 수 있다. 센서 헤드부는 시스템 또는 장치 내 다양한 위치에 배치될 수 있다.

[0104] 다중 센서가 플랜지(40, 40') 위에 직접적으로 나란히 배치될 수 있다는 점이 실질적으로 중요하다. 도 11에는 다중 헤드부를 가진 삽입 센서가 개략적으로 도시되어 있다. 헤드부는 동일한 유형으로 나열되거나, 중복 또는 인접한 압력 범위를 측정할 수 있도록 상이한 유형일 수 있다. 이는 챔버에 플랜지 연결부만을 사용하여 넓은 측정 영역을 포함할 수 있게 한다.

[0105] 지금까지의 용량식 멤브레인 압력계는 40개의 역학적 범위를 갖는다. 예를 들면,  $10^{-5}$  mbar 내지 대기압 범위를 포함하기 위해 각각 고유의 분리된 진공 챔버 연결부를 필요로 하는 2개 이상의 서로 다른 측정 관을 사용할 수 있다. 이와 반대로, 각각의 플랜지(40, 40')에 다수 개의 센서가 고정 수단(43)과 함께 배치될 때, 각 센서는 멤브레인의 치수를 조정하여 다른 압력 범위를 위해 제공될 수 있다. 이후, 진공 챔버에 연결부를 사용함으로써 동일한 압력 범위를 포함하게 할 수 있다. 이는 사용자에게 있어서 비용 절감을 의미한다. 플랜지의 용접 시간 및 날짜 기록 시스템에 상기 센서의 결합 시간이 감소된다.

### 산업상 이용 가능성

[0106] 본 발명에 따른 센서의 실질적인 특성은, 센서가 고온 및 현대 반도체 제조 장치에 존재하는 강력한 EMI(전자파 간섭) 영향을 가진 환경에서 내부식성 있게 사용할 수 있다는 점이다.

### 도면의 간단한 설명

[0050] 첨부되어 있는 개략도를 참조하여 본 발명을 보다 상세히 예시적으로 설명한다.

[0051] 도 1a는 반도체 산업에서 사용되는 공정에서의 전형적인 압력 범위를 나타내는 도면이다.

[0052] 도 1은 종래 기술에 따른 용량식 진공 측정 셀의 단면도이다.

[0053] 도 2는 도 1에 따른 단면도의 일부 확대도이다.

[0054] 도 3은 종래 기술에 따른 게터 장치의 단면도이다.

[0055] 도 4는 종래 기술에 따른 또 다른 게터 장치를 나타내는 도면이다.

[0056] 도 5는 종래 기술에 따른 게터 장치와 용량식 진공 측정 셀의 단면도이다.

[0057] 도 6a 및 도 6b는 CDG-측정 셀에서 압력 조건하에서 멤브레인 휨 현상을 나타내는 단면도이다.

[0058] 도 7은 본 발명에 따른 간접계 압력 측정 장치의 개략도이다.

[0059] 도 8은 본 발명에 따른 멤브레인, 하우징 본체 및 윈도우의 각 정밀도를 정의하기 위한 광학 멤브레인 측정 셀의 단면도이다.

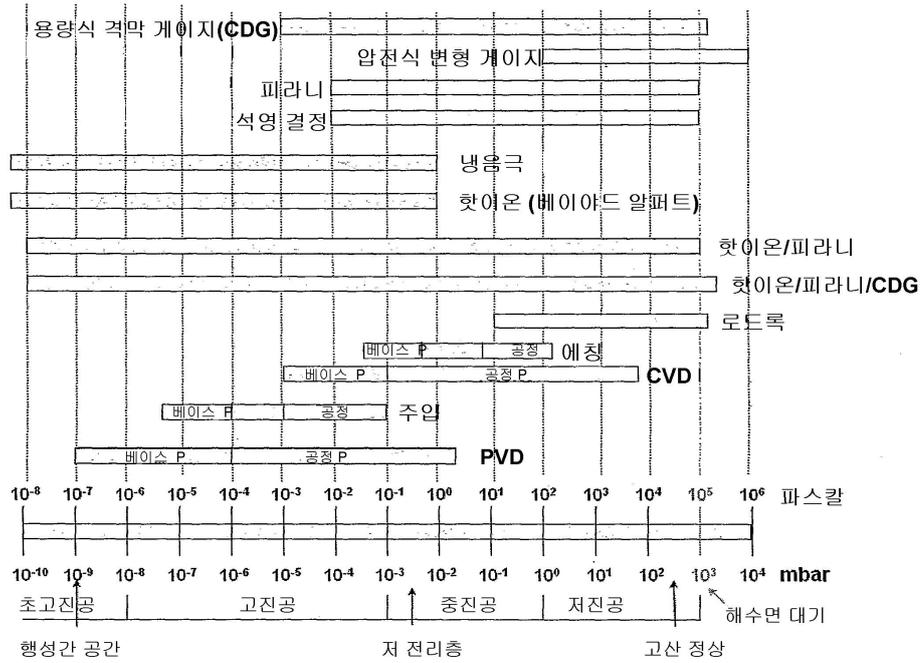
[0060] 도 9는 본 발명에 따른 바람직한 거울층 구조의 단면도이다.

[0061] 도 10은 초점 거리가 큰 멤브레인 거울 및 이격된 이중 유리 섬유 장치를 갖는 광학 멤브레인 측정 셀 장치의 단면도이다.

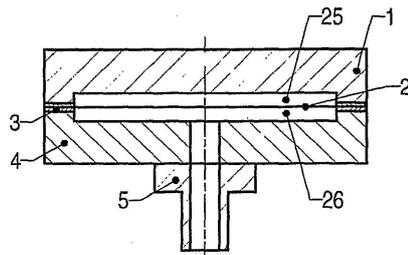
[0062] 도 11은 개별 기관 상에 다중 센서를 가진 투입 센서(immersion sensor) 장치의 단면도이다.

도면

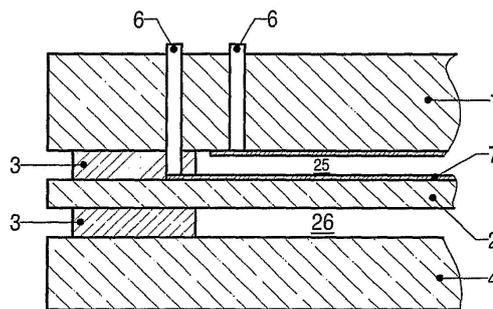
도면1a



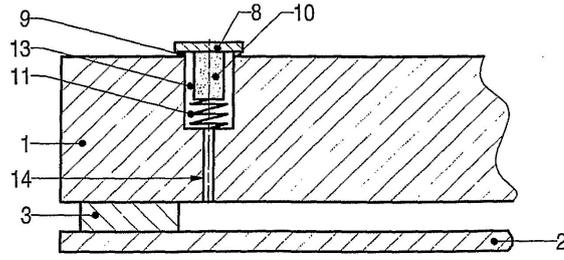
도면1



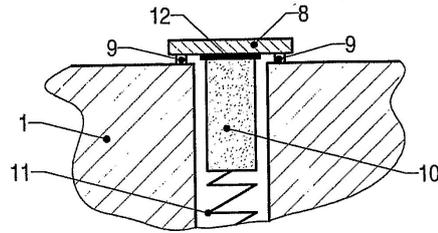
도면2



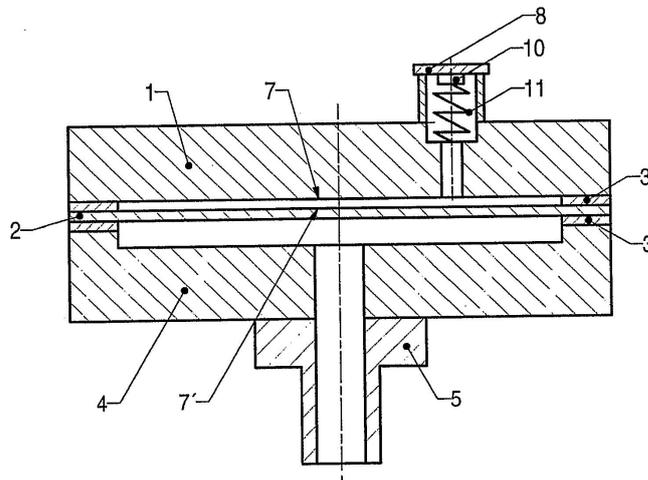
도면3



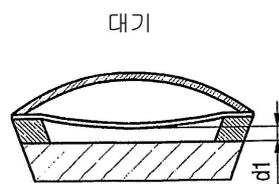
도면4



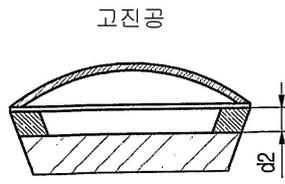
도면5



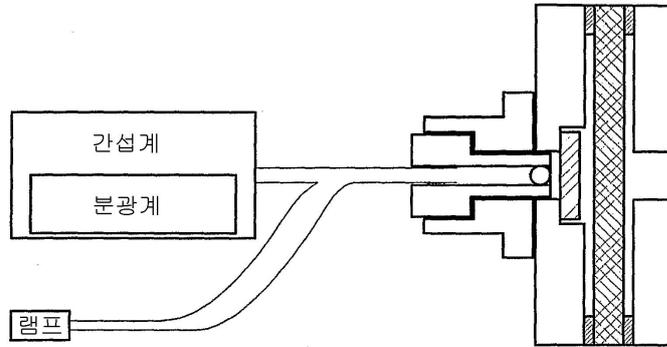
도면6a



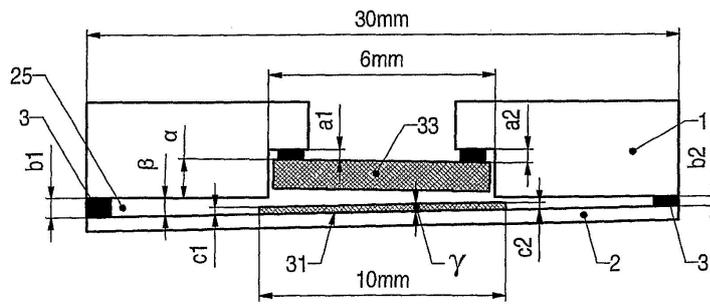
도면6b



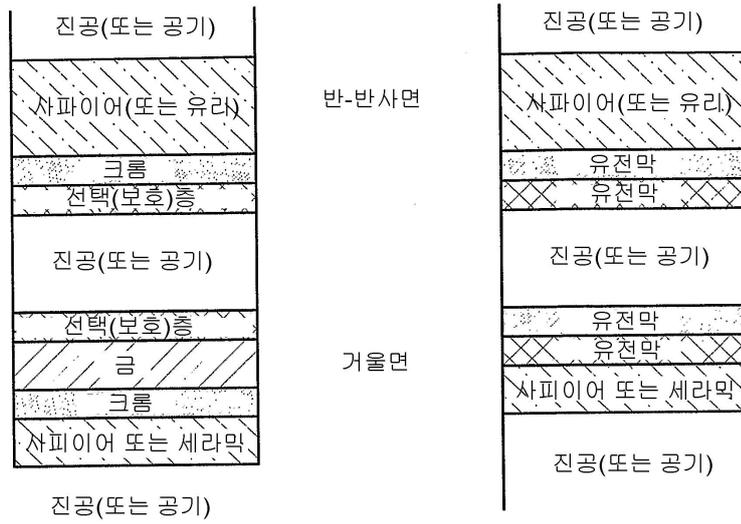
도면7



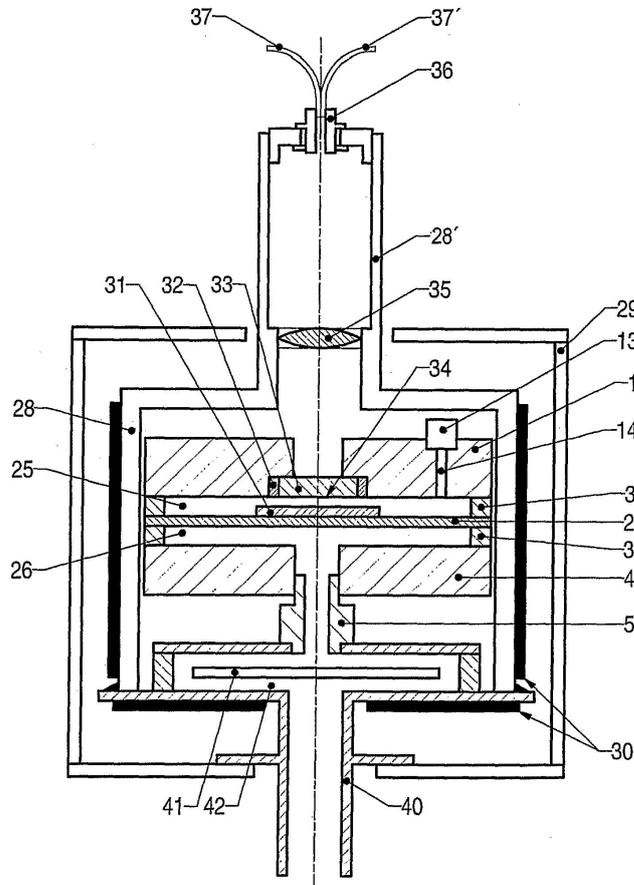
도면8



도면9



도면10



도면11

