

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. ⁷ B81C 1/00	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2005년07월04일 10-0499118 2005년06월24일
---	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자	10-2000-0009103 2000년02월24일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2001-0084239 2001년09월06일
------------------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------

(73) 특허권자 삼성전자주식회사
 경기도 수원시 영통구 매탄동 416

(72) 발명자 이은성
 대전광역시중구오류동삼성아파트28동409호

 김현철
 서울특별시서초구방배3동삼익아파트5동908호

 오용수
 경기도성남시분당구분당동셋별동성아파트206동307호

 송기무
 경기도용인시기홍읍농서리산14번지

(74) 대리인 이영필
 이혜영

심사관 : 정진수

(54) 단결정 실리콘 웨이퍼를 이용한 일체형 유체 노즐어셈블리 및 그 제작방법

요약

본 발명은 단결정 실리콘 웨이퍼를 이용한 일체형 마이크로 유체 노즐 어셈블리 및 그 제작 방법을 기재한다. 본 발명에 따른 (100)면 단결정 실리콘 웨이퍼를 이용한 일체형 마이크로 유체 노즐 어셈블리는 기존의 여러 장의 웨이퍼 및 판을 사용하여 적층하던 복잡한 구조를 단순화하여 한 장의 (100)면 실리콘 단결정 웨이퍼를 이용하여 엇갈림이 없이 일체형으로 구현함으로써 대량생산을 가능케 하고, 더욱이 웨이퍼의 결정면을 이용한 이방성 에칭공정과 LOCOS 공정을 이용한 적절 한 마스크 형성 공정 등을 이용하는 일괄 자동 정렬 공정으로 제작함으로써 웨이퍼의 수를 줄일 수 있다. 즉, 일반적인 실리콘 포토리소그래피 공정을 활용하여 이들의 얼라인 오차를 수 미크론 이하로 줄일 수 있을 뿐 만 아니라 복잡하지도 않고 경제성이 탁월하며 수율도 좋다.

대표도

도 13b

명세서

도면의 간단한 설명

도 1a 및 도 1b는 각각 종래의 잉크젯 헤드용 노즐 어셈블리의 구조를 나타내는 단면도 및 분해 사시도,
 도 2a 내지 도 2f는 또 다른 종래의 노즐 어셈블리(U.S. 3,921,916)의 적층 방법을 나타내는 도면들,
 도 3 내지 도 5는 각각 종래의 마이크로 노즐 어셈블리의 다양한 형성 방법을 설명하는 도면들,

도 6a 및 도 6b는 종래의 실리콘 노즐 어셈블리의 형성 방법 중 노즐부 부착에 의한 형성 방법을 설명하는 도면,

도 7a 내지 도 7d는 종래의 실리콘 노즐 어셈블리의 형성 방법 중 노즐판 부착후 노즐을 형성하는 방법을 설명하는 도면,

도 8a 내지 도 8c는 단결정 실리콘 기판을 결정면을 이용하여 이방성 습식 에칭한 결과를 보여주는 도면들,

도 9는 건식에칭 공정을 설명하는 도면,

도 10a 내지 도 10k는 단차 있는 구조의 실리콘 노즐 어셈블리를 포토리소그래피(Photolithography)법으로 에칭하는 방법을 공정 단계별로 보여주는 도면들,

도 11a 내지 도 11i는 각각 본 발명에 따른 노즐과 챔퍼만을 구비한 (100)면 단결정 실리콘 웨이퍼를 이용한 유체 노즐 어셈블리의 자동 정렬 공정에 의한 제작 방법을 공정 단계별로 설명하는 단면도들,

도 12a 내지 도 12y(y')는 각각 각각 본 발명에 따른 노즐과 챔퍼 및 다단계의 유로를 구비한 (100)면 단결정 실리콘 웨이퍼를 이용한 유체 노즐 어셈블리의 자동 정렬 공정에 의한 제작 방법을 공정 단계별로 설명하는 단면도들,

도 13a 및 도 13b는 각각 도 11a 내지 도 11i 및 도 12a 내지 도 12y(y')의 공정에 의해 제작된 유체 노즐과 챔퍼의 모양을 개략적으로 보여주는 평면도 및 사시도,

그리고 도 14a 및 도 14b는 각각 SOI 웨이퍼 및 에칭 정지층이 본딩된 웨이퍼를 사용하여 챔퍼를 형성하는 방법을 설명하는 도면들이다.

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

- 10. 제1마스크 11. 개구부
- 12. 챔퍼 13, 13'. 측벽 보호용 마스크
- 14. 개구부 15. 노즐 원추부
- 16. 개구부 17. 노즐 배출구
- 200. 실리콘 기판 210. 제1마스크
- 211. 개구부 212. 제2마스크
- 213. 포토레지스트 제3마스크 214, 214', 214". 제4마스크
- 215. 제5마스크 216, 216'. 개구부
- 217. 챔퍼 구조 218, 218'. 측벽 보호막
- 219. 개구부 220. 노즐 원추부
- 221. 원추부 코팅 마스크 222. 제1단차부
- 223. 단차부 224. 포토레지스트 마스크 패턴
- 225, 225', 225". 개구부 226. 제6마스크
- 227. 포토레지스트 마스크 패턴 228. 노즐 배출구
- 229. 소수성 벽면층 230. 노즐 배출구

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 단결정 실리콘 웨이퍼를 이용한 일체형 유체 노즐 어셈블리 및 일괄 자동 정렬 공정에 의한 그 제작 방법 (Monolithic Fluidic Nozzle Assembly using Mono-crystalline Silicon wafer and Method for manufacturing the same by Self-aligned integrable formation process)에 관한 것이다.

도 1a는 유럽 특허 제 0 659 562 A2 호에 기재된 라미네이티드 잉크젯 기록 헤드(a laminated inkjet recording head)의 단면도이다. 도시된 바와 같이, 라미네이티드 잉크젯 기록 헤드는 기본적으로 노즐(100)이 형성된 노즐판(101), 3개의 커뮤니케이션 홀 형성 보드(201a, 201b, 201c), 압력 발생 챔버 형성용 보드(301) 및 진동판(400)이 순차로 겹쳐진 (laminated) 구조로 되어 있다. 압력 발생 챔버(300)에는 잉크 저장 용기(800)에 저장된 잉크가 인입구(700)를 지나 저장 챔버(600a)에 일시 저장되었다가 잉크 주입구(600c) 및 커뮤니케이션홀(600b)를 통하여 채워지게 된다. 잉크 저장 용기(800)에는 외부의 잉크통으로부터 제공되는 잉크가 필터(900)를 통하여 유입된다. 진동판(400)에는 압전 진동자(500)가 부착되어 인가되는 전압 신호에 따라 압력 발생 챔버(300)에 채워진 잉크에 압력을 발생시키게 된다. 압력을 받은 잉크는 커뮤니케이션 홀들(200a, 200b, 200c)을 지나 노즐(100)을 통하여 토출된다. 이와 같은 구조의 라미네이티드 잉크젯 기록 헤드는 각 박판들을 따로 따로 제작하여 정렬 본딩(align-bonding)으로 제조하고 있다. 즉, 도 1b에 도시된 바와 같이, 각각의 박판을 가공하여 붙이는 매우 복잡한 공정을 선택하고 있다. 이는 공정에 많은 노하우가 필요하게 되며 경제성 및 그 수율이 매우 나쁘게 된다. 각각을 정렬하는 과정에서 정렬오차가 크게 된다. 특히, 도 1a에 도시된 "A" 영역과 같은 노즐 어셈블리 부분은 유체의 흐름에 대한 댐퍼 역할을 하는 부분과 노즐의 형성을 여러 크기의 박판의 적층으로 해결하고 있다. 이와 같이 유체의 유로 형성에서부터 유체 분사에 이르기 까지 직접 관계되는 노즐 어셈블리를 제작하는 기존의 방법은 각각의 구조물을 따로 따로 제작하여 적층하는 방법을 사용하므로 정렬오차로 인한 매끄럽지 못한 유체흐름 때문에 박판의 경계면은 유체의 흐름을 흐트러뜨린다.

이와 같은 노즐 어셈블리의 형성 방법도 도 2a 내지 도 2f 및 도 3 내지 도 5에 도시된 바와 같이 다양하다. 도 2a 내지 도 2f 및 도 3 내지 도 5에 도시된 예는 대표적인 것들로 이들은 모두 노즐부만 국한해서 형성시킬 수 있는 방법이고 댐퍼가 필요할 경우 적층하여야 한다. 물론 적층 방법도 큰 문제가 되며 경제성, 수율에 문제가 있다.

먼저, 도 2a 내지 도 2f는 US 3,921,916호에 기재된 노즐부 형성 방법으로, 도 2a 내지 도 2c에 도시된 바와 같이 선택적 부분 도핑을 한 후, 도 2d에 도시된 바와 같이 서로 반대면에서 습식에칭을 실시하여 도핑된 실리콘만이 습식에칭에 선택 비를 가져 도 2e 및 도 2f에 도시된 바와 같은 노즐부를 형성한다. 이는 도핑 깊이에 한계가 있는 단점과 공정이 다소 복잡한 문제점이 있다.

도 3은 기계적 펀칭에 의한 노즐 형성 방법으로 면이 매끄럽지 못하고 수율이 떨어지며 적층하는 방법에만 사용 가능하다.

도 4는 "Sensors and Actuators A 65 (1998) 221-227"에 기재된 노즐 형성 방법으로, 양면 정렬을 하여 시간 조절에 의한 습식에칭으로 노즐을 형성하는 방법을 나타낸다. 원래 습식에칭은 그 에칭 깊이와 패턴의 크기에 따라 노즐의 크기가 결정되므로 그 균일성에 문제가 있고 특히 시간 조절에 의한 공정 중단을 시도해야 하는 큰 단점이 있다.

도 5는 "G. Siewell et al., H.P. journal, vol36, no.5, pp 33~37 (1985)"에 기재된 노즐 형성 방법으로, 도 a)에 도시된 바와 같이 포토레지스트 패턴으로 노즐부를 제외한 나머지 부분에 도 b)에 도시된 바와 같이 니켈 전기도금을 하여 도 c)에 도시된 바와 같이 떼어냄으로써 노즐을 형성한다. 이는 노즐 크기가 일반적으로 수 마이크로 이상 불균일하게 형성되고 노즐부의 경사각 조절도 어려우며 불균일하다.

도 6a와 도 6b 및 도 7a 내지 도 7d는 각각 실리콘으로 댐퍼 구조와 노즐 구조를 만든 후 적층하여 노즐 어셈블리를 제작하는 방법을 나타낸다. 전자는 도 6a에 도시된 바와 같은 댐퍼(21)가 형성된 벌크 실리콘(20)과 노즐(31)이 형성된 노즐판(30)을 부착함으로써 도 6b에 도시된 바와 같은 노즐 어셈블리를 형성한다. 후자는 도 7a에 도시된 바와 같이 벌크 실리콘(40)에 댐퍼(41) 구조를 형성한 후에, 도 7b에 도시된 바와 같이, 노즐판(50)을 구비하는 동시에 벌크 실리콘(40)에 형성된 댐퍼(41)의 측벽에 습식 마스크(42)를 증착하고, 도 7c에 도시된 바와 같이, 두 웨이퍼(40, 50)를 적층하며, 도 7d에 도시된 바와 같이, 댐퍼(41)에 대응하는 노즐판(50)에 습식 에칭을 실시하여 노즐(51)을 형성한다.

상기 두 방법 다 얇은 노즐판(30, 50)의 웨이퍼를 사용해야 하므로 취급상 파손이 쉬운점 등의 커다란 문제가 있다. 도 6a와 도 6b의 경우 적층시 정렬은 필수이다. 도 7a 내지 도 7d의 방법에서는 정렬이 필요가 없으나 웨이퍼 두 장이 필요하고 웨이퍼 취급상의 문제는 여전히 남는다.

도 8a 내지 도 8c는 실리콘 결정면을 이용한 습식 에칭법을 설명하는 도면이다. 여기서, 도 8a는 실리콘의 결정면을 나타내는 도면이다. TMAH 등 여러 습식 에칭액에 있어서 실리콘의 (111)면은 그 에칭 속도가 매우 느리다. 이로 말미암아 결정면에 따른 에칭 속도 때문에 (100)실리콘 웨이퍼의 에칭 양상은 도 8b 나 도 8c에 도시된 바와 같이 나타난다.

도 9는 건식에칭 공정을 설명하는 도면이다. 도시된 바와 같이, 플라즈마를 이용한 건식에칭을 행하는 경우 벽면 코팅막 c의 두께가 코팅막 a의 두께 보다 두껍기 때문에 훨씬 더 건식에칭 공정으로 에칭하기 어렵다.

그리고 LOCOS(LOCAl Oxidation of Silicon)란 실리콘을 부분적으로 산화시키는 방법을 일컫는 말이다. 실리콘 열 산화막은 실리콘 원자가 고온에서 산소 원자를 만나 반응하여 실리콘 산화물인 SiO₂를 생성하면서 산화막이 성장하여 형성된다. 따라서 아무리 고온에서라도 표면에 실리콘 원자가 노출되지 않으면 이 열산화막은 성장하지 않으므로 이런 원리로 부분적 산화를 할 수 있으며 이를 LOCOS라 한다. 일반적인 방법으로 질화막과 같은 열역학적으로 안정한 막을 확산 방지막으로 실리콘에 입히고 이들이 실리콘 원자의 노출을 막고 또는 산소의 침입을 막아줌으로써 실리콘을 노출된 부분만 산화시킬 수 있다. 질화막을 패터닝하여 질화막과 부분 산화막의 연속적으로 만들 수 있다.

한편, 노즐 어셈블리를 구성하는 배출구 댐퍼(outlet damper)와 노즐은 유체의 흐름을 지정해주고 분사할 수 있도록 유체를 안내하는 역할을 한다. 노즐은 주로 도포 헤드의 분사구 및 밸브의 구조체 등으로 사용되고 배출구 댐퍼는 유체의 흐름의 방향성을 향상시킬 뿐 만 아니라 외압에 대한 댐퍼 역할을 해줌으로써 유체 분사의 보조 장치 역할을 하는 것이다.

이러한 노즐과 배출구 댐퍼를 구비한 노즐 어셈블리를 실리콘을 이용한 MEMS 공정의 차원에서 다단층(수십 마이크로 이 상의 단차) 구조물로 형성할때 일반적으로 생각될 수 있는 방법이 도 10a 내지 도 10k에 도시되어 있다. 이들의 방법은 근본적으로 포토 리소그라피에 근본적인 문제가 있어서 SU-8(IBM; US 4,882,245 참조)과 같은 특수 PR을 사용하는 방법이 시도되고 있으나 여러 면에서 그 실용화에 따른 문제점 해결을 위한 마스크(masking) 방법이 될 수는 없다. 즉, 도 10a 및 도 10b는 각각 다단 구조의 어셈블리를 보여주는 기관의 단면도이고, 도 10c 및 도 10d는 각각 상기 다단 구조를 형성 하기 위한 공정을 나타내는 도면이며, 도 10e 내지 도 10k는 각각 도 10a의 구조를 얻기 위해 다층 마스크를 이용하는 제 작공정을 공정 단계별로 나타낸 단면도이다. 즉, 도 10a에 도시된 바와 같은 구조를 얻기 위해서는 먼저, 도 10e에 도시된 바와 같은 벌크 실리콘(80)을 구비하고, 그 위에 도 10f에 도시된 바와 같은 제1마스크(60)를 형성한 다음, 도 10g에 도시 된 바와 같이 전면적으로 제2마스크막(70)을 도포한다. 다음에, 도 10h에 도시된 바와 같이 댐퍼 형성을 위한 개구부(71a) 를 형성하고, 이 개구부(71a)를 통하여 도 10i에 도시된 바와 같이 댐퍼(75)를 형성한다. 다음에, 도 10j에 도시된 바와 같 이, 벌크 실리콘(80) 상면에 존재하는 제2마스크막을 제거하고 벌크 실리콘(80)의 상면부를 식각하여 도 10k에 도시된 바 와 같은 구조를 얻는다.

이러한 구조의 노즐 어셈블리를 제작하기 위해서는 포토레지스트 도포에 치명적인 문제가 있다. 도 10c에 도시된 바와 같은 경우 포토레지스트 회전도포시 원심력에 의한 포토레지스트 도포의 불균일함이 있다. 도 10d에 도시된 바와 같은 경 우, 포토레지스트 도포시 기포(5)가 형성되어 이들이 베이킹시 터져 코팅막이 깨지는 경우가 발생된다. 이런 경우, 도 10e 내지 도 10k에 도시된 바와 같이, 일반적인 다층 마스크를 쓰면 해결이 가능하지만 도 10b에 도시된 바와 같은 원추형의 구조를 얻기 위해선 다층 마스크를 이용할 수 없다. 이는 도 10b의 3rd pattern과 1st pattern/2nd pattern의 구조에칭시 그 양상이 다르기 때문인데 3rd pattern을 얻을 때 1st pattern와 2nd pattern이 3rd pattern에칭시 에칭 보호되어야 하 고, 1st pattern / 2nd pattern에칭시 3rd pattern이 에칭 보호되어야 하는 이유에서다. 이런 점에서 도 10e 내지 도 10k의 다층 마스크를 이용한 공정으로는 이를 해결할 수 없다.

또한, 노즐과 같은 유체 분사구에는 친수성(hydro-philic)/소수성(hydro-phobic)의 표면처리가 필요하지만 기존의 방법 (대부분 기계적인 방법)으로는 이 경계를 조절하기가 거의 불가능한 문제점이 있었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기와 같은 문제점을 개선하고자 창안한 것으로, 기존의 고비용 저효율의 복잡한 구조 및 제조 방법을 개선하 기 위하여 단지 실리콘 웨이퍼 한장에 실리콘 반도체 공정과 MEMS 공정을 이용하여 모든 구조를 집적시킨 단결정 실리콘 웨이퍼를 이용한 일체형 마이크로 유체 노즐 어셈블리 및 그 제작 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

발명의 구성 및 작용

상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 단결정 실리콘 웨이퍼를 이용한 일체형 마이크로 유체 노즐 어셈블 리는, 인입되는 유체를 일시적으로 저장하는 댐퍼; 및 상기 댐퍼에 저장된 유체를 토출하는 배출구와 상기 댐퍼에 저장된 유체가 상기 댐퍼 내의 압력 보다 고압으로 상기 배출구로 인입되도록 유도하는 원추부로 이루어진 노즐;을 구비한 유체 노즐 어셈블리에 있어서, 상기 댐퍼 및 상기 노즐의 원추부와 배출구가 순차로 연속적으로 배치되어 하나의 단결정 실리콘 기관에 의해 일체형으로 구성된 것을 특징으로 한다.

본 발명에 있어서, 상기 댐퍼 및 노즐 외에도 상기 댐퍼에 유체를 공급하는 통로 구실을 하는 유로; 및 유로에서 상기 댐퍼 에 유체가 인입되도록 하는 채널;이 더 구비된 구조가 상기 단결정 실리콘 기관에 의해 일체형으로 구성되고, 상기 단결정 실리콘 기관은 (100)면 단결정 실리콘 기관인 것이 바람직하다.

또한, 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 단결정 실리콘 웨이퍼를 이용한 일체형 마이크로 유체 노즐 어셈블리는, 인입되는 유체를 일시적으로 저장하는 댐퍼; 및 상기 댐퍼에 저장된 유체를 토출하는 배출구와 상기 댐퍼에 저장된 유체가 상기 댐퍼 내의 압력 보다 고압으로 상기 배출구로 인입되도록 유도하는 원추부로 이루어진 노즐;을 구비한 유체 노즐 어셈블리의 제작 방법에 있어서, (가) (100)면 단결정 실리콘 기관의 표면에 제1마스크를 증착하는 단계; (나) 포토리 소그라피 공정으로 상기 댐퍼 및 노즐이 형성될 부분에 대응하는 영역에 제1개구부를 형성하는 단계; (다) 상기 제1개구부 를 통하여 상기 실리콘 기관에 에칭 공정을 실시하여 댐퍼를 형성하는 단계; (라) 상기 댐퍼의 측벽이 습식 에칭시 보호받 을 수 있도록 측벽 보호용 제2마스크를 증착하는 단계; (마) 이방성 건식 에칭을 실시하여 상기 댐퍼 밑바닥의 상기 측벽 보호용 제2마스크 막을 제거하여 노즐 형성을 위한 제2개구부를 형성하는 단계; (바) 상기 (100)면 Si 웨이퍼에 노즐 원추 부 형성을 위한 습식 에칭을 시행하는 단계; (사) 상기 기관의 배면에 코팅된 상기 제1마스크에 노즐 배출구 형성을 위한 제3개구부를 형성하는 단계; (아) 상기 제3개구부를 이용하여 노즐 배출구를 형성하는 단계; 및 (자) 상기 제1마스크 및 제 2마스크를 제거하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

본 발명에 있어서, 상기 (나) 단계의 제1개구부 및 상기 (사) 단계의 제3개구부 형성은 포토리소그라피 공정을 이용하고, 상기 (가) 단계에서 상기 제1마스크는 산화막, 질화막 및 금속막 중 어느 하나이며, 상기 (나) 단계에서 상기 제1개구부는 원형으로 형성하며, 상기 (다) 단계는 ICP RIE, Plasma-tourch, Laser Punching 중 어느 한 식각 장비를 사용하여 이방성 건식 에칭으로 이루어지며, 상기 (다) 단계를 위하여 상기 (100)면 단결정 실리콘 기관은 에칭 정지층이 있는 웨이퍼(SOI or Bonded wafer)를 이용하며, 상기 (라) 단계에서, 상기 측벽 보호용 제2마스크는 상기 (가) 단계에서 형성된 상기 제1마 스크와 막간 두께 단차가 상대적으로 큰 동일한 물질로 형성하거나 혹은 상기 (가) 단계의 제1마스크와 건식 에칭에 대하 여 에칭 선택비가 큰 이중막으로 형성하며, 상기 이중막을 형성하는 경우, 상기 (가) 단계의 제1마스크는 질화막으로 형성 하고 상기 측벽 보호용 제2마스크는 산화막으로 형성하는 것이 바람직하다.

또한, 본 발명에 있어서, 상기 (바) 단계에서 상기 노즐 원추부는 상기 실리콘 기관의 (100) 결정면과 (111) 결정면의 이방성 습식 에칭 특성을 이용하여 형성하고, 상기 (아) 단계는 건식 이방성 에칭법으로 이루어지는 것이 바람직하다.

이하 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 단결정 실리콘 웨이퍼를 이용한 일체형 마이크로 유체 노즐 어셈블리 및 그 제작 방법을 상세하게 설명한다.

도 11a 내지 도 11i(제1실시예) 및 도 12a 내지 도 12y(y')(제2실시예)는 연속 공정으로 (100)면 실리콘 웨이퍼를 사용하여 배출구 댐퍼(12)와 노즐(15, 17)을 웨이퍼 상에 형성하여 제조하는 방법을 제시하는 도면들로서, 구조의 스펙이 수 마이크로 이하로 정확하고 두 개체가 정렬이 자동 정렬 될 수 있음을 보여 준다. 더욱이, 다단층 구조물을 형성하기 위해 수 마이크로 이하의 다중 마스크(multiple mask)를 이용하면 수십 수백 마이크로 이하의 단차를 극복해야 하는 포토리소그라피의 문제를 단차 수 마이크로 이내의 표면 단차의 문제로 해결하고 보다 정확한 구조물을 형성할 수 있게 될 뿐만 아니라 공정을 단순화시킬 수 있다. 하지만 일반적인 다중 마스크(multiple mask)를 이용할 경우 본 발명의 노즐 어셈블리 처럼 에칭 양상이 다른(결정방향에 따른 이방성 에칭 등) 구조물 에칭을 필요로 하는 공정에는 단순한 다중 마스크(multiple mask) 방법은 적용할 수가 없다. 본 실시예에 적용되는 LOCOS(LOCAL Oxidation of Silicon) 공정은 특히 제2실시예에서 처럼 수백 마이크로 단차로 에칭 양상이 다른 복잡한 구조물을 보호하는 패터닝으로 노즐 형상을 포함한 구조 에칭을 할 수 있는 유일한 마스크(masking) 방법이 될 수 있다. 이러한 실시예들을 상세하게 소개하면 다음과 같다.

도 11a 내지 도 11i는 본 발명에 따른 (100)면 단결정 실리콘 웨이퍼를 이용한 일체형 마이크로 유체 노즐 어셈블리를 일괄 자동 정렬 공정에 의하여 제작하는 방법을 나타내는 도면들이다(제1실시예).

먼저, 도 11a에 도시된 바와 같이, (100)면 실리콘 기관(100)의 표면에 제1마스크(10)를 증착(deposition)한다. 이 제1마스크(10)는 도 11c에 도시된 Si 딥(deep) 에칭 공정과 도 11f에 도시된 습식 에칭 공정에서 마스크 역할을 할 수 있는 재료를 선택한다. 그 재료로는 산화막, 질화막, 금속막 등이 사용된다.

다음에, 도 11b에 도시된 바와 같이, 포토리소그라피 공정으로 댐퍼 및 노즐이 형성될 부분에 개구부(11)를 형성한다. 이 개구부(11)는 원형 패턴이 유리한데, 도 11g의 공정에서 실리콘 습식 에칭의 결정 방향에 따른 이방성 에칭 특성 때문에 방향성을 갖지 않는 패턴 정렬시 원형 패턴이 유리하기 때문이다(Self-alignment). 각진 모서리 부분에서 유체의 와류를 방지할 수도 있고 설계상 유체 해석이 용이하다. 각진 패턴의 경우에는 이 공정에서 결정면 방향 정렬이 필요할 수 있다.

다음에, 도 11c에 도시된 바와 같이, 댐퍼(12) 형성을 위한 실리콘 딥(deep) 에칭을 실시한다. ICP RIE, Plasma-tourch, Laser Punching 등 초고속 에처를 사용하여 이 에칭 공정을 실시한다. 단, 도 11f의 노즐 형성 공정 시점까지의 깊이는 장비의 에칭 균일성에 따라 달라져 노즐 사이즈 및 균일성에 영향을 주므로 장비의 에칭 균일성이 우선시 된다. 이방성 건식 에칭을 통하여 큰 종횡비의 배출구 댐퍼(12)를 형성한다. 에칭속도가 문제가 되는 경우도 도 14a 및 도 14b에 도시된 바와 같은 에칭 정지층이 있는 웨이퍼(SOI or Bonded wafer)를 이용하면 동일한 효과를 얻을 수 있다. 하지만 추가 비용이 많이 들어가는 단점이 있다. 한장의 웨이퍼로 댐퍼 구조를 형성할 경우는 에칭 균일성이 좋아야 노즐의 형성에도 균일성을 갖게 되므로 ICP RIE를 이용하여 에칭 균일성을 얻음으로써 한장의 웨이퍼로 위의 구조를 구현하기 쉽게 된다.

다음에 도 11d 및 도 11da에 도시된 바와 같이, 습식 에칭시 측벽 보호를 위한 마스크(13, 13')를 증착한다. 이 측벽 보호용 마스크(13, 13')는 도 11d에 도시된 바와 같이 제1마스크(10)와 동일막(13)을 형성할 수도 있고 도 11da에 도시된 바와 같이 이중막(13')을 형성할 수도 있는데, 다만, 도 11f의 습식 에칭 공정에서 마스크 역할을 할 수 있으면 된다. 마스크 물질을 대한 건식 에칭 방법이 있어야 한다. 동일막의 경우 막간 두께 단차가 클수록 좋고 이중막의 경우 막의 건식에칭시 두 막간의 선택비가 우수할수록 좋다. 특히, 도 11da에 도시된 바와 같이 이중막(13')인 경우 제1마스크(10)가 질화막이고 측벽 보호용 마스크(13')가 산화막인 LOCOS 현상이 이루어지는 경우로 두 마스크 막간 건식 에칭 선택비가 좋아야 한다.

다음에, 도 11e에 도시된 바와 같이, 이방성 건식 에칭을 실시하여 댐퍼(12) 밑바닥의 막을 제거하여 노즐 형성을 위한 개구부(14)를 형성한다. 도시된 바와 같이, 깊은 곳에 있는 측벽 보호용 마스크(13, 13')의 댐퍼 밑바닥 면을 에칭하여 개구부(14)를 형성하여야 한다. 매우 깊은 곳에 위치하므로 에칭 플라즈마의 산란현상으로 개구부(14)가 불균일할 수 있으므로 딥(deep) 에칭용 장비를 이용할수록 유리하다. 그리고 측벽 보호가 충분해야 하므로 이방성 특성이 우수한 에칭 장비를 활용한다.

다음에, 도 11f에 도시된 바와 같이, (100)면 Si 웨이퍼에 노즐 형성을 위한 습식 에칭을 시행한다. 이 에칭 공정에는 일반적인 실리콘 습식 에칭 방법(제 1-5도)을 이용한다. (100) 실리콘 결정면과 (111) 결정면의 이방성 습식 에칭 특성에 의해 웨이퍼 면에 대해 54.73도의 경사면을 가지며 노즐 원추부(15)를 형성한다. 형성된 노즐부를 위에서 본 모양이 도 13a에 도시되어 있다. 도 11f에서 노즐 원추부(15)는 그 모양이 댐퍼(12)의 패턴(원형)의 외접 사각형을 기준으로 (111)면 오목부(Concave)로 만나 에칭 정지되어 댐퍼 밑바닥 개구부(14)의 크기나 모양에 큰 관계없이 비교적 균일한 노즐부 원추부(15)가 형성된다.

다음에 도 11g에 도시된 바와 같이, 기관(100)의 배면(Back-side)에 코팅된 마스크(10, 13)에 노즐 배출구 형성을 위한 개구부(16) 패터닝을 실시한다. 도 11f의 공정에서 형성된 노즐 원추부(15)는 습식 에칭 공정의 특성상 (111) 접사면 방향의 사각 패턴이 형성된다. 그리고 그 크기(h)도 댐퍼(12) 밑바닥에 도 11e 공정에 의해서 개구된 개구부(14)의 크기에 따라 달라진다. 원하는 노즐의 모양(역시 원형 패턴이 선호됨)으로 아랫 면에 노즐 배출구 형성을 위한 개구부(16)를 형성한다.

다음에, 도 11h에 도시된 바와 같이, 개구부(16)를 이용하여 건식 이방성 에칭으로 노즐 배출구(17)를 형성한다. 도 11g의 정교한 포토리소그라피 작업과 종횡비가 우수한 건식 에칭법을 이용하면 노즐 배출구 사이즈를 서브 마이크로(sub-micron) 이하로 공차를 줄일 수 있다.

다음에, 도 11i에 도시된 바와 같이, 마스크 막(10, 13 혹은 13')들을 제거한다. 원하는 경우 마스크 막을 모두 제거하여 실리콘 만의 준비상태를 갖는다. 도 13a 및 도 13b는 각각 노즐 어셈블리를 위에서 내려다 본 평면도 및 입체적 모습을 상세하게 나타내는 사시도이다.

한편, 도 12a 내지 12y(y)는 노즐과 챔퍼 뿐 만 아니라 유로부나 유체 인입 채널을 포함하는 보다 복잡한 구조의 노즐 어셈블리를 제작하는 방법(제2실시예)을 설명하기 위한 도면들이다.

먼저, 도 12a에 도시된 바와 같이, (100)면 실리콘 기판(200)의 표면에 제1마스크(210)를 증착(deposition)한다. 이 제1마스크(210) 재료로는 산화막, 질화막, 금속막 등 도 12j의 Si 딥(deep) 에칭 공정과 도 12n의 습식 에칭 공정에서 마스크 역할을 할 수 있는 재료로 증착한다.

다음에, 도 12b에 도시된 바와 같이, 일반 포토리소그라피 공정으로 제1마스크(210)에 개구부(211)를 형성한다. 이 개구부(211)는 도 12s의 공정에서 유로부 혹은 채널부가 되는 단차부(223) 에칭용 마스크로 이용한다.

다음에, 도 12c에 도시된 바와 같이, 제2마스크(212)를 증착한다. 이 제2마스크(212)는 도 12q의 단차부(222) 에칭시 마스크 역할을 할 수 있어야 하고 도 12o의 원추부 코팅 마스크(221) 물질과 에칭 선택비가 커서 도 12s의 단차부(223)의 에칭을 위해 막을 제거할 때 원추부 코팅 마스크(221) 물질이 충분히 남아 도 12s의 공정에서 원추부 코팅 마스크(221) 물질이 마스크 역할을 할 수 있도록 한다.

다음에, 도 12d에 도시된 바와 같이, 제3마스크 패턴(213)을 형성한다. 제1,2마스크(210, 212)와 나중에(도 12g의 공정) 형성될 제4마스크(214)와 원추부 코팅 마스크(221) 물질과의 에칭 선택비가 매우 큰 경우 이 제3마스크(213) 패턴링 공정이 필요 없으나 포토레지스트로 마스크(213) 패턴링 작업을 함으로써 에칭 선택비의 효과를 크게 가져온다. 도 12h에서 챔퍼에 대응하는 딥 에칭 공정을 위하여 개구할 영역(216)과 도 12g에서 형성될 단차 영역(222)에 대응하는 영역은 포토레지스트 마스크(213)에서 개구한다.

다음에, 도 12e에 도시된 바와 같이, 제3마스크(213)의 개구된 영역(딥 에칭과 단차 형성을 위한 영역)에 의하여 노출된 제2마스크(212) 부분을 에칭하여 개구한다.

다음에, 포토레지스트로된 제3마스크(213)를 제거하고, 도 12f에 도시된 바와 같이, 도 12g에 도시된 바와 같은 제4마스크를 증착할 준비를 한다.

다음에, 도 12g에 도시된 바와 같이, 전면적으로 제4마스크 물질막(214)을 증착한다. 제4마스크 물질 막(214)은 도 12o의 노즐 원추부 코팅 마스크(221) 증착 공정에서 LOCOS 현상이 생기도록 질화막과 같은 재료를 선택하여 증착한다.

다음에, 도 12h에 도시된 바와 같이, 제4마스크 물질막(214) 상에 개구부(216) 형성을 위한 제5마스크(215)를 형성한다.

다음에, 도 12i에 도시된 바와 같이, 제5마스크(215)를 이용하여 제4마스크 물질막(214)을 에칭함으로써 챔퍼 형성을 목적으로 하는 딥 에칭 공정을 위한 개구부(216')를 형성하여 제4마스크(214')를 형성한다. 중형비가 우수한 건식 에칭법을 사용하는 것이 바람직하다.

다음에, 도 12j에 도시된 바와 같이, 제4마스크(214')의 개구부를 통하여 챔퍼 구조(217) 형성을 위한 딥 에칭 공정을 실시한다. 이 딥 에칭 공정은 중형비가 우수한 에칭법을 이용함으로써, 도 12m의 챔퍼 밀면 개구 공정에서 제4마스크(214')의 개구부의 테두리 부분이 에칭되어 개구부가 확장되는 문제를 최소화한다.

다음에, 도 12k에 도시된 바와 같이, 바로 다음 공정을 위해 포토레지스트로된 제5마스크(215)를 제거한다.

다음에, 도 12l 및 도 12la에 도시된 바와 같이, 챔퍼 구조의 측벽 보호를 위한 보호막(218, 218') 형성 공정을 실시한다. 도 12l은 보호막이 제4마스크(214)와 동일한 물질로 형성된 막인 경우로 제4마스크(214)가 질화막이면, 보호막(218)으로 질화막을 형성한 경우를 나타낸다. 도 12la는 보호막이 제4마스크(214)와 다른 물질로 형성된 막인 경우로 제4마스크(214)가 질화막이면, 보호막(218)으로 열 산화막을 형성한 경우를 나타낸다. 이는 질화막과 열 산화막으로 LOCOS 현상이 나타나는 경우이다.

다음에, 도 12m에 도시된 바와 같이, 측벽 보호막(218, 218')에 대한 이방성 건식 에칭을 행하여 챔퍼 밀면의 보호막을 제거하여 개구부(219)를 형성한다. 이 에칭 공정에 사용되는 에칭액은 제4마스크(214')와 측벽 보호막(218, 218') 사이의 선택비가 우수할수록 유리하고 이방성 특성이 좋아야 한다. 그리고 도 12i 및 도 12j에 도시된 공정에서 마스크 패턴을 넘어서는 에칭(과도 에칭)이 이루어지는 경우 과도하게 개구된 부분이 본 공정에서 더욱 확장되므로 바로 다음의 노즐 원추부 공정에서 뜻하지 않는 에칭이 이루어질 수 있다. 따라서, 도 12i 및 도 12j에 도시된 공정(챔퍼 형성 공정)에서는 상당한 주의가 필요하게 된다.

다음에, 도 12n에 도시된 바와 같이, 보호막(218, 218')의 밀면 개구부(219)를 통해 노출된 실리콘 기판(200)을 습식 에칭함으로써 원하는 노즐 원추부(220)의 모양을 얻는다. 이는 (100) 실리콘 결정면에 대해 54.73°의 경사면을 갖게 된다.

다음에, 도 12o에 도시된 바와 같이, 노즐 원추부 코팅 마스크(221)를 증착한다. 노즐 원추부 코팅 마스크(221)는 제4마스크(214')가 질화막인 경우 열 산화법을 이용함으로써 LOCOS를 형성한다. 챔퍼 측벽 보호막(218, 218')이 질화막인 경우 노즐 원추부(220)의 결정면 부분만 LOCOS가 형성된다. 이는 이후의 도 12p 내지 도 12s에 도시된 공정들에 까지 에칭 마스크로서의 역할을 한다.

다음에, 도 12p에 도시된 바와 같이, 제4마스크(214')의 개구부를 더욱 확장하여 다음 공정의 제1단차부(222) 형성을 위한 제4마스크(214'')를 형성한다. 제4마스크(214')와 챔퍼 측벽 보호막(218)이 질화막이면 제4마스크(214')에 대하여 건식 에칭을 행하는 것이 바람직하고, 제4마스크(214')가 질화막이고 챔퍼 측벽 보호막(218')가 열산화막이면 제4마스크(214')를 습식 에칭을 행하는 것이 바람직하다.

다음에, 도 12q에 도시된 바와 같이, 개구부가 확장된 제4마스크(214'')를 이용하여 실리콘 기판(200)을 에칭함으로써 제1단차부(222)를 형성한다.

다음에, 도 12r에 도시된 바와 같이, 다음 공정의 제2단차부 형성을 위해 기판 상면의 제4마스크(214'')를 제거하여 제1마스크(210)을 노출시킨다.

다음에, 도 12s에 도시된 바와 같이, 기판 상면에 노출된 제1마스크(210)를 이용하여 실리콘 기판을 에칭하여 제2단차부를 형성하는 동시에 제1단차부의 깊이를 더욱 깊게한다.

다음으로 노즐 어셈블리 완성시 까지 진행되는 공정들에 있어서 나중에 도시된 도 12ta 내지 도 12ya의 공정들은 각각 도 12t 내지 도 12y에 도시된 공정들에 대응하는 공정들로서, 다만 남아있는 제1,2,4마스크(210, 212, 214) 막을 모두 제거한 후 제6마스크를 증착한 후에 동일한 공정으로 진행된다는 것이 다를 뿐이다. 도 12ta 내지 도 12ya의 공정들은 각각 도 12t 내지 도 12y에 도시된 공정들을 설명한 다음에 설명하기로 한다.

다음에, 도 12t에 도시된 바와 같이, 노즐 원추부의 꼭지점에 대응하는 기판 배면의 제1,2,4마스크(210, 212, 214)에 노즐 배출구 형성용 개구부 형성을 위한 포토레지스트 마스크 패턴(224)을 형성한다. 도 12n에 도시된 공정에서 형성된 노즐 원추부(222)의 밑면은 항상 사각 윤곽을 형성하도록 에칭된다. 그러나 이들의 크기는 챔퍼 밑면의 개구부(219; 도 12m 참조)의 크기나 모양 및 도 12j의 챔퍼 형성을 위한 딥 에칭 공정에서 형성된 챔퍼의 깊이에 따라 달라지므로 이들 크기 및 모양을 정확히 결정하기 위해서는 양면 정렬을 통한 포토리소그래피 공정을 수행한다. 이에 따라, 포토레지스트 마스크 패턴(224)의 개구부(225)의 크기와 모양이 결정되며, 그 공차는 서브 미크론(sub-micron) 단위이다.

다음에, 도 12u에 도시된 바와 같이, 상기 포토레지스트 마스크 패턴(224)을 이용하여 기판 배면의 제1,2,4마스크(210, 212, 214)에 노즐 배출구 형성용 개구부(225')를 형성한다.

다음에, 도 12v에 도시된 바와 같이, 앞서의 공정에서 사용된 포토레지스트 마스크 패턴(224)을 깨끗이 제거한다.

다음에, 도 12w에 도시된 바와 같이, 노즐 원추부 코팅 마스크(221)를 에칭정지층으로 이용하여 실리콘 기판을 건식 에칭하여 노즐 배출구(228)를 형성한다.

다음에, 도 12x에 도시된 바와 같이, 노즐 배출구(228) 벽면에 소수성 표면처리를 한다. 기계적인 방법이 아닌 가스화된 물질의 CVD법을 이용하여 증착하는 방법으로 소수성 벽면층(229)을 입힌다.

다음에, 도 12y에 도시된 바와 같이, 노즐 원추부 코팅 마스크(221)의 꼭지점 부분을 제거하여 노즐 배출구(230) 부분을 완성한다. 이와 같이 하면 소수성 벽면 처리가 이루어진 영역은 노즐 부의 깊이 방향으로 v 만큼의 길이를 갖게된다. 이 길이 v 는 기계적인 방법으로 형성되는 노즐 배출구 길이에 비해 매우 균일한 값을 얻을 수 있다.

한편, 앞서 예시한 바와 같이, 도 12t 내지 도 12y에 도시된 공정들에 대응하는 도 12ta 내지 도 12ya의 공정들은 다음과 같이 진행된다.

도 12ta에서는, 기판(200)의 표면에 남아있는 모든 마스크들 즉 제1,2,4마스크(210, 212, 214)를 에칭하여 모두 제거한다.

다음에, 도 12ua에 도시된 바와 같이, 도 12w의 노즐 배출구 형성 공정에서 에칭 정지층으로 쓰일 제6마스크(226)을 증착한 후, 양면 정렬을 통한 포토리소그래피 공정을 행하여 기판 배면의 제6마스크(226) 상에 포토레지스트 마스크 패턴(227)을 형성하고 이를 이용하여 제6마스크(226)에 노즐 배출구 형성을 위한 개구부(225'')를 형성한다.

다음에, 도 12va에 도시된 바와 같이, 노즐 배출구 형성을 위한 개구부(225'') 형성용 포토레지스트 마스크 패턴(227)을 깨끗이 제거한다.

다음에, 도 12wa에 도시된 바와 같이, 제6마스크(226)를 에칭정지층으로 이용하여 실리콘 기판을 건식 에칭하여 노즐 배출구(228)를 형성한다.

다음에, 도 12xa에 도시된 바와 같이, 노즐 배출구(228) 벽면에 소수성 표면처리를 한다. 기계적인 방법이 아닌 가스화된 물질의 CVD법을 이용하여 증착하는 방법으로 소수성 벽면층(229)을 입힌다.

다음에, 도 12ya에 도시된 바와 같이, 제6마스크(226)의 노즐 원추부 꼭지점 부분을 제거하여 노즐 배출구(230) 부분을 완성한다. 이와 같이 하면 소수성 벽면 처리가 이루어진 영역은 노즐 부의 깊이 방향으로 v 만큼의 길이를 갖게된다. 이 길이 v 는 기계적인 방법으로 형성되는 노즐 배출구 길이에 비해 매우 균일한 값을 얻을 수 있다.

이상과 같은 도 11a 내지 도 11i 및 도 12a 내지 도 12s에 제시된 공정들은 (100)면 실리콘 웨이퍼를 사용하여 아웃렛 챔퍼와 노즐의 형성을 한 웨이퍼 상에 연속공정으로 구조체를 제조하는 방법을 제안하는 것으로 구조의 스펙이 수 미크론 이

하로 정확하고 두 개체가 정렬이 자동정렬 될 수 있음을 보여 준다. 이에 다단층 구조물을 형성하기 위해 수 마이크론 이하의 다중 마스크(multiple mask)를 이용하면 수십 수백 마이크론의 단차를 극복해야 하는 포토리소그래피 공정의 문제를 단지 수 마이크론 이내의 표면 단차의 문제로 해결하고 보다 정확한 구조물을 형성할 수 있게 될 뿐만 아니라 공정을 단순화시킬 수 있다. 하지만 일반적인 다중 마스크를 이용할 경우 이 제안에서 소개된 노즐처럼 에칭 양상이 다른(결정방향에 따른 이방성 에칭 등) 구조물 에칭이 필요로 하는 공정에는 단순한 다중 마스크 방법은 적용할 수가 없다. 도 12a 내지 도 12y에 도시된 바와 같이, LOCOS(LOCAl Oxidation of Silicon) 현상은 수백 마이크론 단차로 에칭 양상이 다른 복잡한 구조물을 보호하는 패터닝으로 노즐 형상을 포함한 구조 에칭을 할 수 있는 유일한 마스크(masking) 방법이 될 수 있다.

발명의 효과

이상 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 (100)면 단결정 실리콘 웨이퍼를 이용한 일체형 마이크로 유체 노즐 어셈블리는 기존의 여러 장의 웨이퍼 및 판을 사용하여 적층하던 복잡한 구조를 단순화하여 한 장의 (100)면 실리콘 단결정 웨이퍼를 이용하여 엇갈림이 없이 일체형으로 구현함으로써 대량생산을 가능케 하고, 더욱이 웨이퍼의 결정면을 이용한 이방성 에칭공정과 LOCOS 공정을 이용한 적절한 마스크 형성 공정 등을 이용하는 일괄 자동 정렬 공정으로 제작함으로써 웨이퍼의 수를 줄일 수 있다. 즉, 일반적인 실리콘 포토리소그래피 공정을 활용하여 이들의 얼라인 오차를 수 마이크론 이하로 줄일 수 있을 뿐 만 아니라 복잡하지도 않고 경제성이 탁월하며 수율도 좋다. 특히, 양면 정렬로 웨이퍼(기판)의 배면에서 에칭하여 노즐 크기를 서브 마이크론(sub-micron) 이하로 뚫을 수 있고, 표면 처리의 경계를 명확히 구분짓게 할 수 있다. 또한, 실리콘의 반도체 공정기술을 이용함으로써 대량 생산 뿐 만 아니라 핵심 노즐의 집적화도 가능하게 되고 친수/소수성 표면처리 효과도 용이하게 얻을 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

인입되는 유체를 일시적으로 저장하는 챔퍼; 및

상기 챔퍼에 저장된 유체를 토출하는 배출구와 상기 챔퍼에 저장된 유체가 상기 챔퍼 내의 압력 보다 고압으로 상기 배출구로 인입되도록 유도하는 원추부로 이루어진 노즐;을 구비한 유체 노즐 어셈블리에 있어서,

상기 챔퍼 및 상기 노즐의 원추부와 배출구가 순차로 연속적으로 배치되어 하나의 단결정 실리콘 기판에 의해 일체형으로 구성된 것을 특징으로 하는 일체형 유체 노즐 어셈블리.

청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 챔퍼 및 노즐 외에도 상기 챔퍼에 유체를 공급하는 통로 구실을 하는 유로; 및 유로에서 상기 챔퍼에 유체가 인입되도록 하는 채널;이 더 구비된 구조가 상기 단결정 실리콘 기판에 의해 일체형으로 구성된 것을 특징으로 하는 일체형 유체 노즐 어셈블리.

청구항 3.

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 단결정 실리콘 기판은 (100)면 단결정 실리콘 기판인 것을 특징으로 하는 일체형 유체 노즐 어셈블리.

청구항 4.

인입되는 유체를 일시적으로 저장하는 챔퍼; 및 상기 챔퍼에 저장된 유체를 토출하는 배출구와 상기 챔퍼에 저장된 유체가 상기 챔퍼 내의 압력 보다 고압으로 상기 배출구로 인입되도록 유도하는 원추부로 이루어진 노즐;을 구비한 유체 노즐 어셈블리의 제작 방법에 있어서,

- (가) (100)면 단결정 실리콘 기판의 표면에 제1마스크를 증착하는 단계;
- (나) 포토리소그래피 공정으로 상기 챔퍼 및 노즐이 형성될 부분에 대응하는 영역에 제1개구부를 형성하는 단계;
- (다) 상기 제1개구부를 통하여 상기 실리콘 기판에 에칭 공정을 실시하여 챔퍼를 형성하는 단계;
- (라) 상기 챔퍼의 측벽이 습식 에칭시 보호받을 수 있도록 측벽 보호용 제2마스크를 증착하는 단계;
- (마) 이방성 건식 에칭을 실시하여 상기 챔퍼 밑바닥의 상기 측벽 보호용 제2마스크 막을 제거하여 노즐 형성을 위한 제2개구부를 형성하는 단계;

(바) 상기 (100)면 Si 웨이퍼에 노즐 원추부 형성을 위한 습식 에칭을 시행하는 단계;

(사) 상기 기관의 배면에 코팅된 상기 제1마스크에 노즐 배출구 형성을 위한 제3개구부를 형성하는 단계;

(아) 상기 제3개구부를 이용하여 노즐 배출구를 형성하는 단계; 및

(자) 상기 제1마스크 및 제2마스크를 제거하는 단계;를

포함하는 것을 특징으로 하는 일체형 유체 노즐 어셈블리의 제작 방법.

청구항 5.

제4항에 있어서,

상기 (나) 단계의 제1개구부 및 상기 (사) 단계의 제3개구부 형성은 포토리소그래피 공정을 이용하는 것을 특징으로 하는 일체형 유체 노즐 어셈블리의 제작 방법.

청구항 6.

제4항에 있어서,

상기 (가) 단계에서 상기 제1마스크는 산화막, 질화막 및 금속막 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 일괄 자동 정렬 공정에 의한 일체형 유체 노즐 어셈블리의 제작 방법.

청구항 7.

제4항에 있어서,

상기 (나) 단계에서 상기 제1개구부는 원형으로 형성하는 것을 특징으로 하는 일체형 유체 노즐 어셈블리의 제작 방법.

청구항 8.

제4항에 있어서,

상기 (다) 단계는 ICP RIE, Plasma-touch, Laser Punching 중 어느 한 식각 장비를 사용하여 이방성 건식 에칭으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 일체형 유체 노즐 어셈블리의 제작 방법.

청구항 9.

제4항에 있어서,

상기 (다) 단계를 위하여 상기 (100)면 단결정 실리콘 기관은 에칭 정지층이 있는 웨이퍼(SOI or Bonded wafer)를 이용하는 것을 특징으로 하는 일체형 유체 노즐 어셈블리의 제작 방법.

청구항 10.

제4항에 있어서,

상기 (라) 단계에서, 상기 측벽 보호용 제2마스크는 상기 (가) 단계에서 형성된 상기 제1마스크와 막간 두께 단차가 상대적으로 큰 동일한 물질로 형성하거나 혹은 상기 (가) 단계의 제1마스크와 건식 에칭에 대하여 에칭 선택비가 큰 이종막으로 형성하는 것을 특징으로 하는 일체형 유체 노즐 어셈블리의 제작 방법.

청구항 11.

제10항에 있어서,

상기 이중막을 형성하는 경우, 상기 (가) 단계의 제1마스크는 질화막으로 형성하고 상기 측벽 보호용 제2마스크는 산화막으로 형성하는 것을 특징으로 하는 일체형 유체 노즐 어셈블리의 제작 방법.

청구항 12.

제4항에 있어서,

상기 (바) 단계에서 상기 노즐 원추부는 상기 실리콘 기판의 (100) 결정면과 (111) 결정면의 이방성 습식 에칭 특성을 이용하여 형성하는 것을 특징으로 하는 일체형 유체 노즐 어셈블리의 제작 방법.

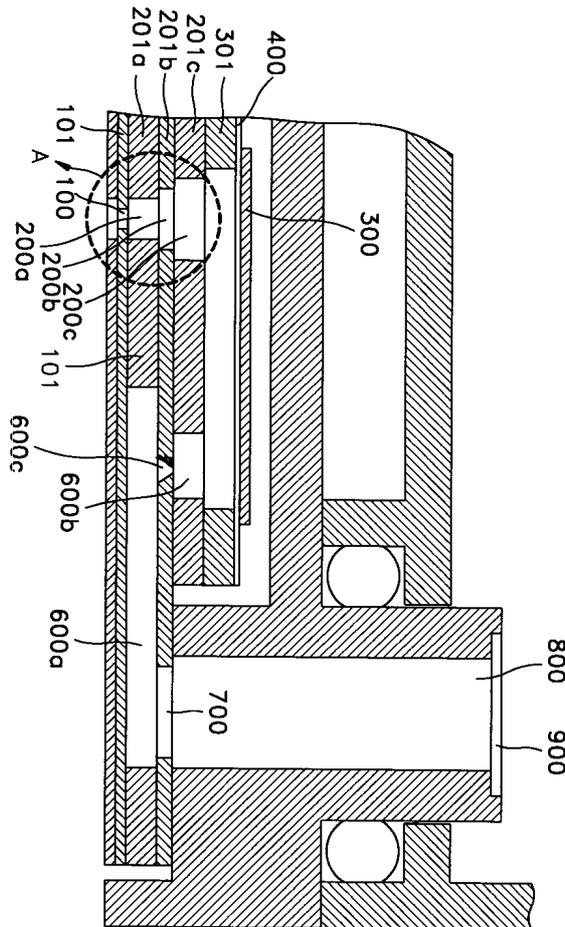
청구항 13.

제4항에 있어서,

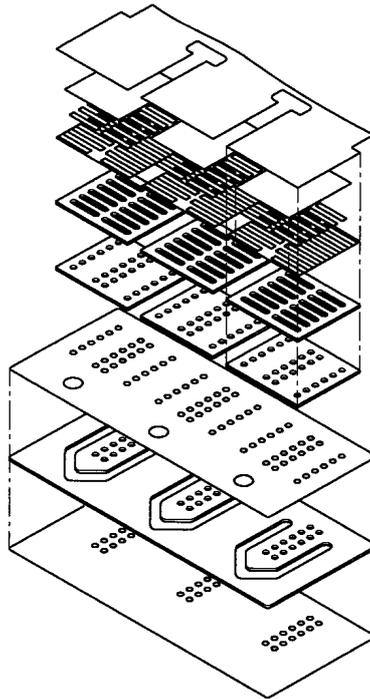
상기 (아) 단계는 건식 이방성 에칭법으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 유체 노즐 어셈블리의 제작 방법.

도면

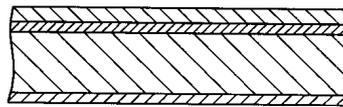
도면1a



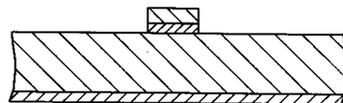
도면1b



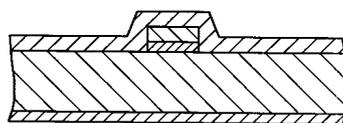
도면2a



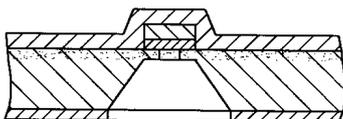
도면2b



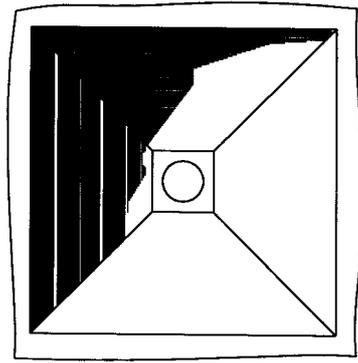
도면2c



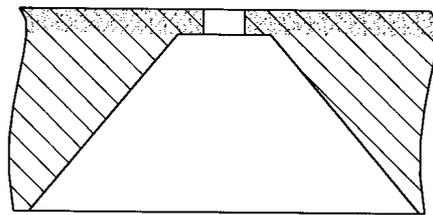
도면2d



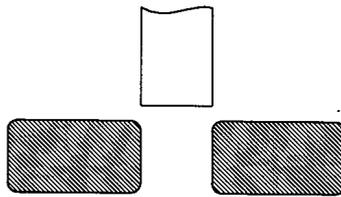
도면2e



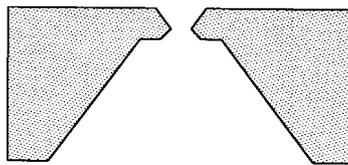
도면2f



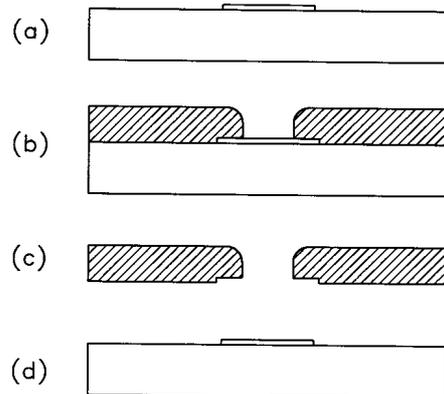
도면3



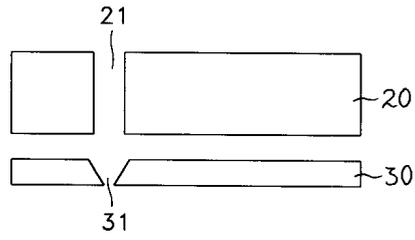
도면4



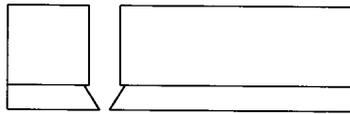
도면5



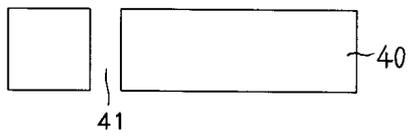
도면6a



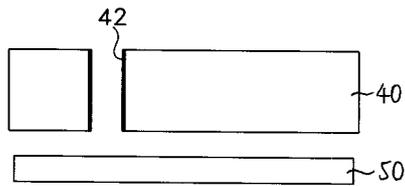
도면6b



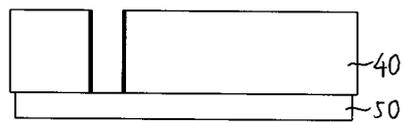
도면7a



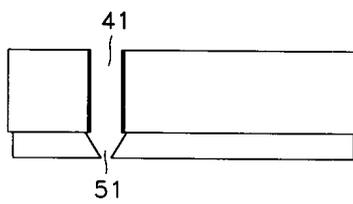
도면7b



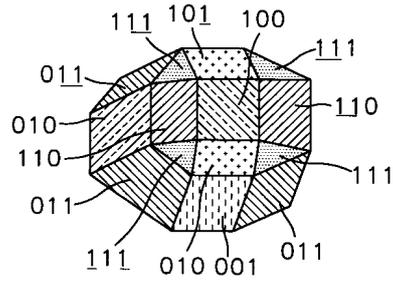
도면7c



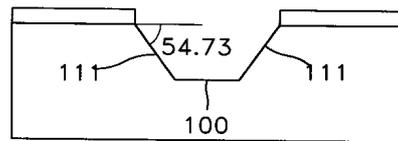
도면7d



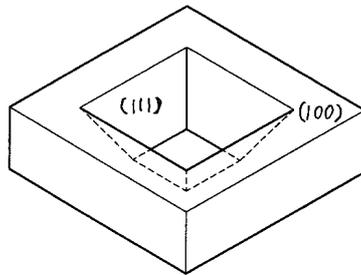
도면8a



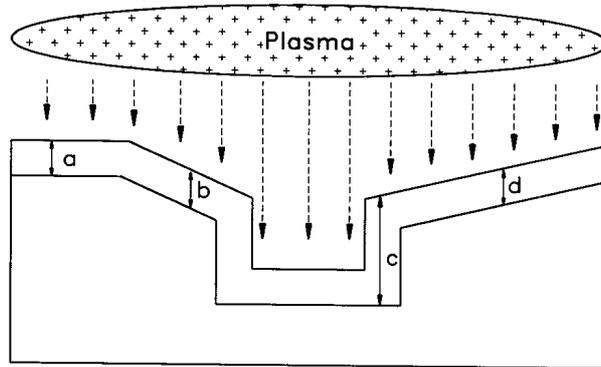
도면8b



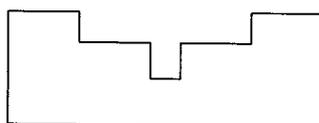
도면8c



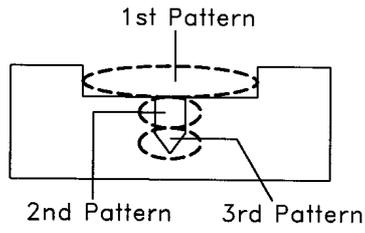
도면9



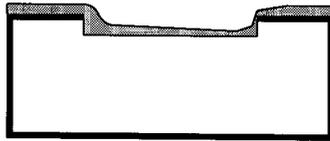
도면10a



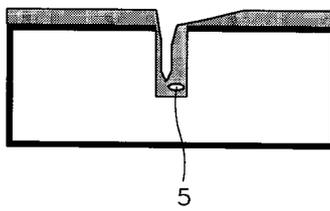
도면10b



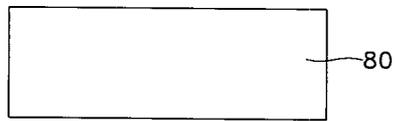
도면10c



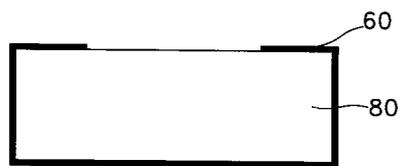
도면10d



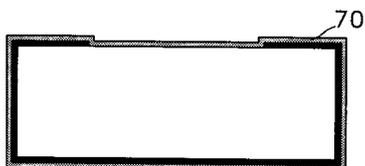
도면10e



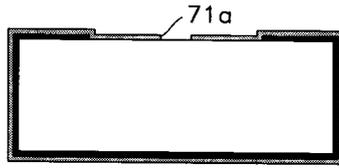
도면10f



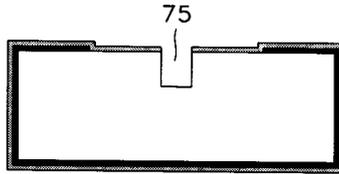
도면10g



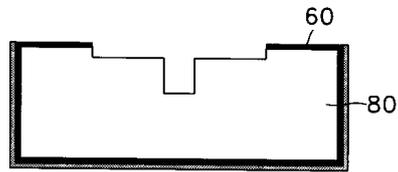
도면10h



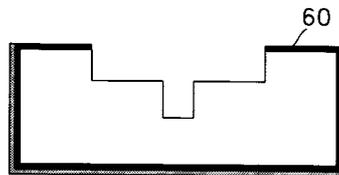
도면10i



도면10j



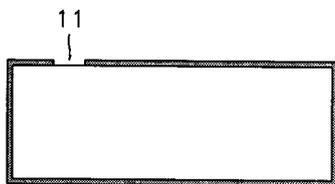
도면10k



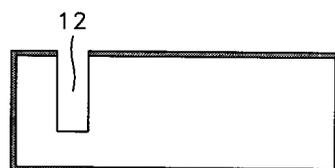
도면11a



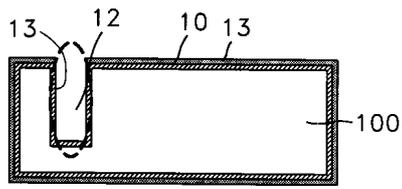
도면11b



도면11c



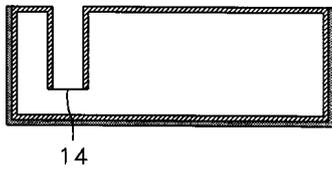
도면11d



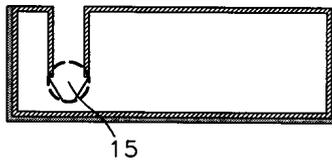
도면11da



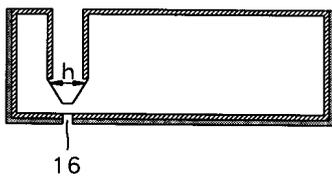
도면11e



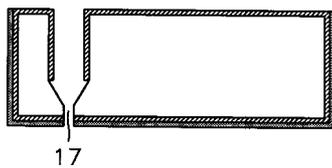
도면11f



도면11g



도면11h



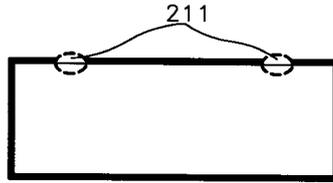
도면11i



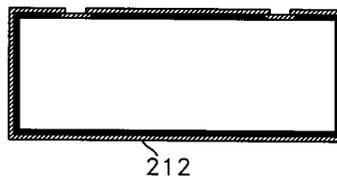
도면12a



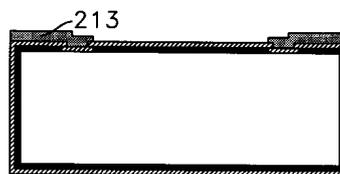
도면12b



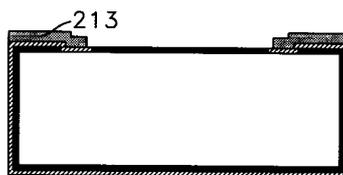
도면12c



도면12d



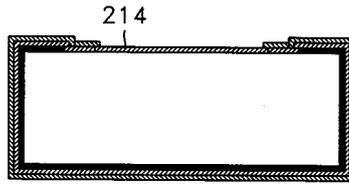
도면12e



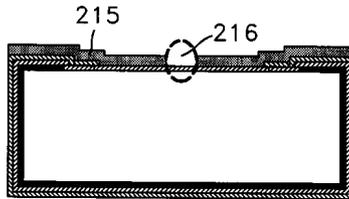
도면12f



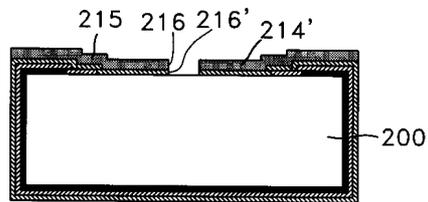
도면12g



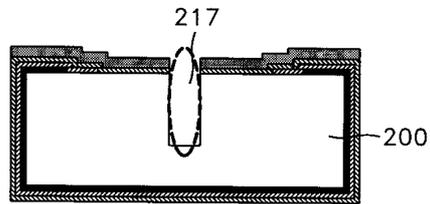
도면12h



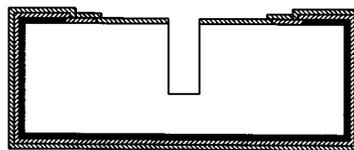
도면12i



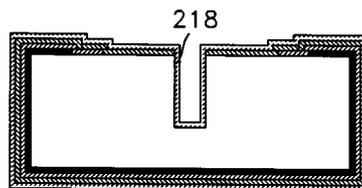
도면12j



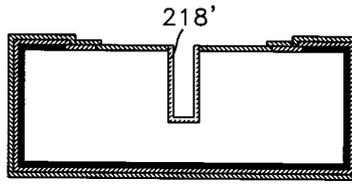
도면12k



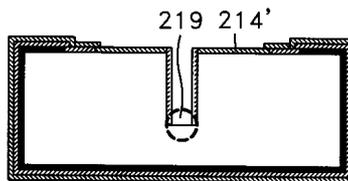
도면12l



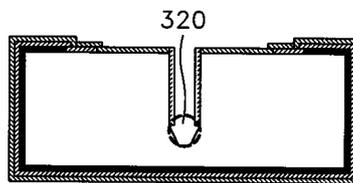
도면12la



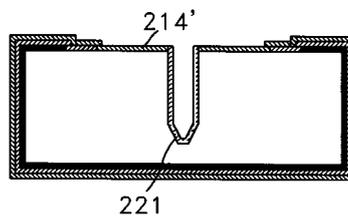
도면12m



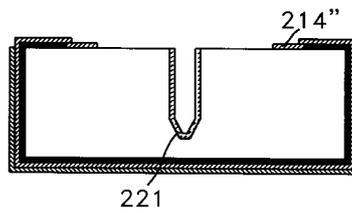
도면12n



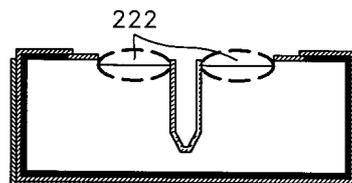
도면12o



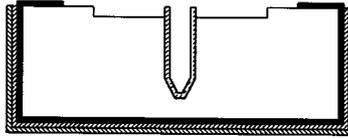
도면12p



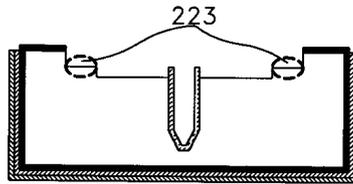
도면12q



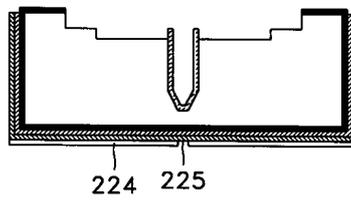
도면12r



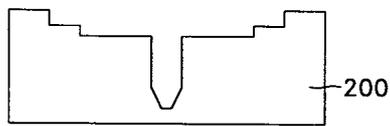
도면12s



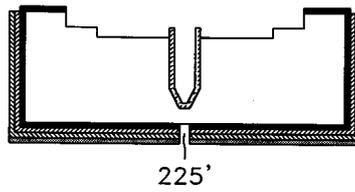
도면12t



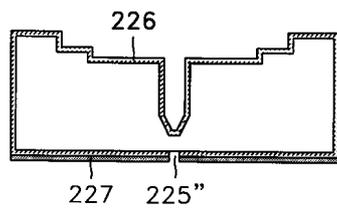
도면12ta



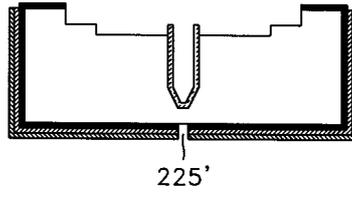
도면12u



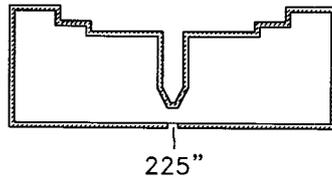
도면12ua



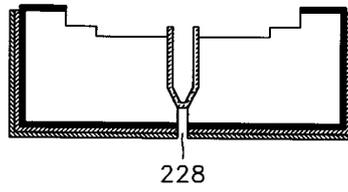
도면12v



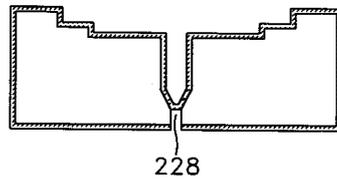
도면12va



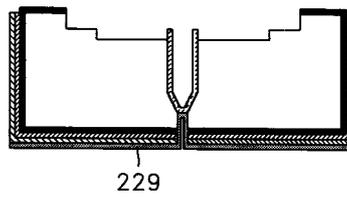
도면12w



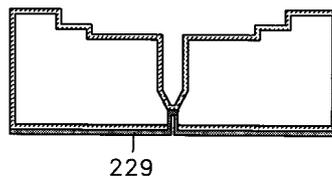
도면12wa



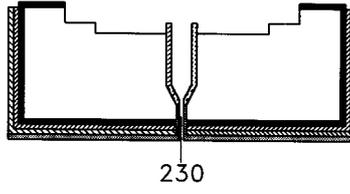
도면12x



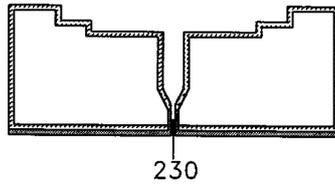
도면12xa



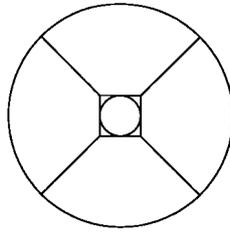
도면12y



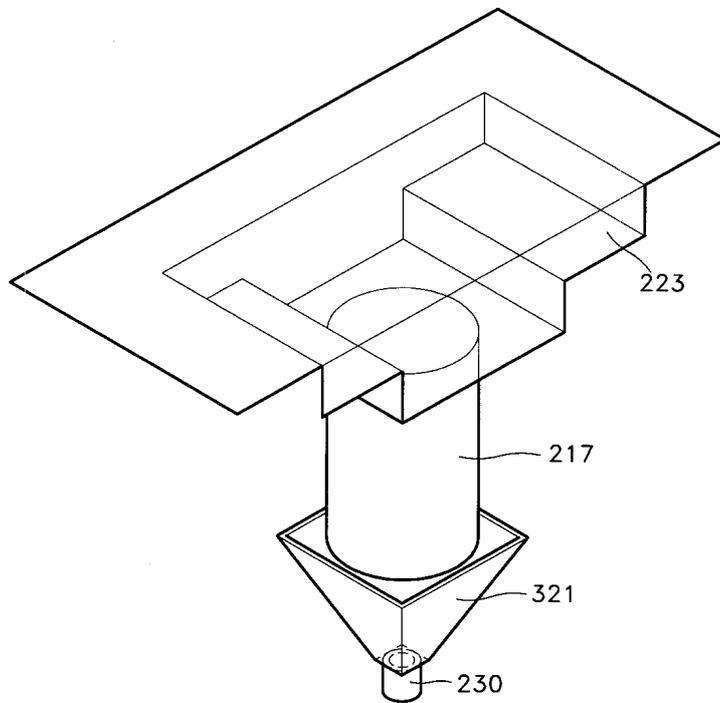
도면12ya



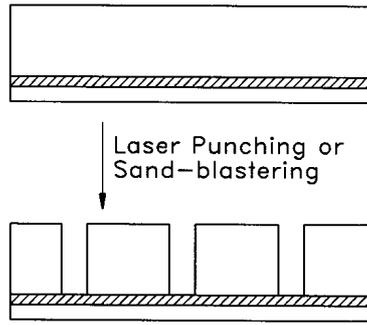
도면13a



도면13b



도면14a



도면14b

