



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년07월26일  
(11) 등록번호 10-2559949  
(24) 등록일자 2023년07월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C03C 17/245 (2006.01) C03B 33/07 (2006.01)  
C03C 15/00 (2006.01) C03C 17/00 (2006.01)  
H05K 3/12 (2006.01) H05K 3/42 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
C03C 17/245 (2013.01)  
C03B 33/074 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0175724

(22) 출원일자 2022년12월15일

심사청구일자 2022년12월15일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020150128802 A\*

KR1020160013066 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

주식회사 에프엠에스

경기도 안산시 상록구 한양대학로 55, 522호(사동, 창업보육센터)

(72) 발명자

서종현

경기도 안양시 동안구 평촌대로180번길 28, 309동 603호(평촌동, 향촌롯데아파트)

최동권

경기도 화성시 안녕북길 95-16, A동 102호(안녕동)

노경환

경기도 안산시 상록구 선진로 108, 101동 805호(사동, 본오1차아파트)

(74) 대리인

박상열, 최내윤, 정우상

전체 청구항 수 : 총 6 항

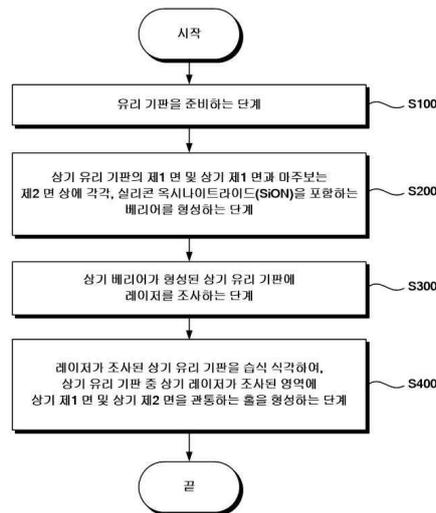
심사관 : 김준규

(54) 발명의 명칭 유리 기판을 관통하는 홀의 형성 방법 및 금속 플러그 형성 방법

(57) 요약

유리 기판을 관통하는 홀의 형성 방법이 제공된다. 상기 유리 기판을 관통하는 홀의 형성 방법은, 유리 기판을 준비하는 단계, 상기 유리 기판의 제1 면 및 상기 제1 면과 마주보는 제2 면 상에 각각, 실리콘 옥시나이트라이드(SiON)을 포함하는 베리어를 형성하는 단계, 상기 베리어가 형성된 상기 유리 기판에 레이저를 조사하는 단계, 및 레이저가 조사된 상기 유리 기판을 습식 식각하여, 상기 유리 기판 중 상기 레이저가 조사된 영역에 상기 제1 면 및 상기 제2 면을 관통하는 홀을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

*C03C 15/00* (2013.01)

*C03C 17/002* (2013.01)

*H05K 3/12* (2019.01)

*H05K 3/421* (2013.01)

*H05K 2203/095* (2013.01)

*H05K 2203/108* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1425164203

과제번호 S3221144

부처명 중소벤처기업부

과제관리(전문)기관명 중소기업기술정보진흥원

연구사업명 창업성장기술개발

연구과제명 고방열 전자부품 패키징용 TGV(글라스 관통형 전극)기관 제조기술개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 주식회사 에프엠에스

연구기간 2022.04.01 ~ 2022.12.31

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

유리 기판을 준비하는 단계;

상기 유리 기판의 제1 면 및 상기 제1 면과 마주보는 제2 면 상에 각각, 실리콘 옥시나이트라이드(SiON)을 포함하는 베리어를 형성하는 단계;

상기 베리어가 형성된 상기 유리 기판에 레이저를 조사하는 단계; 및

레이저가 조사된 상기 유리 기판을 습식 식각하여, 상기 유리 기판 중 상기 레이저가 조사된 영역에 상기 제1 면 및 상기 제2 면을 관통하는 홀을 형성하는 단계를 포함하되,

상기 베리어를 형성하는 단계는,

상기 유리 기판을 열처리하는 단계;

열처리된 상기 유리 기판의 상기 제1 면 및 상기 제2 면을 각각 수소 플라즈마 처리하는 단계;

수소 플라즈마 처리된 상기 제1 면 및 상기 제2 면 상에 각각, 실리콘 질화물(SiN)을 포함하는 베리어를 형성하는 단계; 및

상기 베리어가 포함하는 상기 실리콘 질화물(SiN)을 상기 실리콘 옥시나이트라이드로 변화시키는 단계를 포함하는, 유리 기판을 관통하는 홀의 형성 방법.

#### 청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 베리어가 포함하는 상기 실리콘 질화물(SiN)을 상기 실리콘 옥시나이트라이드로 변화시키는 단계는,

상기 베리어가 형성된 상기 유리 기판을 물유리에 침지시켜 상기 실리콘 질화물을 상기 실리콘 옥시나이트라이드로 변화시키는 단계를 포함하는, 유리 기판을 관통하는 홀의 형성 방법.

#### 청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 실리콘 질화물의 빈 공간으로 상기 물유리가 침투하여, 상기 실리콘 질화물과 상기 물유리가 반응하여 상기 실리콘 옥시나이트라이드로 변화되는 것을 포함하는, 유리 기판을 관통하는 홀의 형성 방법.

#### 청구항 4

제2 항에 있어서,

상기 베리어가 형성된 상기 유리 기판을 물유리에 침지시켜 상기 실리콘 질화물을 상기 실리콘 옥시나이트라이드로 변화시키는 단계에서 상기 베리어 내에 원소들의 농도 구배가 발생되되,

상기 베리어 중 상기 유리 기판과 인접한 제1 베리어 영역에는 상대적으로 질소의 농도가 높아지고, 상기 제1 베리어 영역을 제외한 제2 베리어 영역에는 상대적으로 산소의 농도가 높아지는 것을 포함하는, 유리 기판을 관통하는 홀의 형성 방법.

**청구항 5**

삭제

**청구항 6**

유리 기판을 준비하는 단계;

상기 유리 기판의 제1 면 및 상기 제1 면과 마주보는 제2 면 상에 각각, 실리콘 옥시나이트라이드(SiON)을 포함하는 베리어를 형성하는 단계;

상기 베리어가 형성된 상기 유리 기판에 레이저를 조사하는 단계; 및

레이저가 조사된 상기 유리 기판을 습식 식각하여, 상기 유리 기판 중 상기 레이저가 조사된 영역에 상기 제1 면 및 상기 제2 면을 관통하는 홀을 형성하는 단계를 포함하고,

상기 제1 면 및 상기 제2 면을 관통하는 상기 홀을 형성하는 단계 이후,

상기 베리어 상에 씨드층을 형성하는 단계; 및

상기 씨드층을 성장시켜 상기 홀의 내부를 채우는 금속 플러그(plug)를 형성하는 단계를 더 포함하되,

상기 베리어 상에 상기 씨드층을 형성하는 단계는,

상기 베리어 상에 금속 이온을 포함하는 전도성 MOD(Metal Organic Decomposition) 잉크 조성물을 도포하는 단계; 및

상기 전도성 MOD 잉크 조성물에 레이저를 조사하여 상기 금속 이온이 환원된 금속 입자를 포함하는 상기 씨드층을 형성하는 단계를 포함하는, 관통홀 내 금속 플러그 형성 방법.

**청구항 7**

제6 항에 있어서,

상기 전도성 MOD 잉크 조성물에 레이저를 조사하여 상기 금속 이온이 환원된 금속 입자를 포함하는 씨드층을 형성하는 단계는,

상기 전도성 MOD 잉크 조성물이 도포된 상기 베리어 상에 제1 출력을 갖는 제1 레이저를 조사하여, 상기 금속 이온이 환원된 금속 입자를 포함하는 예비 씨드층을 형성하는 단계; 및

상기 예비 씨드층이 형성된 상기 베리어 상에 상기 제1 출력보다 높은 제2 출력을 갖는 제2 레이저를 조사하여, 상기 금속 이온이 환원된 금속 입자 중 일부가 상기 베리어 내로 침투된 씨드층을 형성하는 단계를 포함하는, 관통홀 내 금속 플러그 형성 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 유리 기판을 관통하는 홀을 형성하는 TGV(Through Glass Via) 기술에 관련된 것이다.

**배경 기술**

[0002] TGV(Through Glass Via)는 유리 기판에 관통홀을 형성하는 기술로서, 이와 관련된 다양한 기술이 개발되고 있지만 최근 LIE(Laser Induced Etching) 기술이 주목되고 있다.

[0003] LIE 기술은, 도 1에 도시된 바와 같이, 유리 기판(100) 상에 레이저(L)를 조사한 후 레이저가 조사된 영역을 습식 식각 함으로써 유리 기판(100)에 관통홀(TH)을 형성하는 기술이다.

[0004] 이러한 LIE 기술은 유리의 안정성을 유지하면서도 마이크로칩과 디스플레이 등에 최적화된 유리 기판을 대량 생산할 수 있는 장점이 있다. 하지만, 도 1에 도시된 바와 같이, 습식 식각 과정에서 유리 기판의 전체 두께가 감

소되고, 유리 기판의 표면에 가까운 부분이 더 많이 식각됨으로 관통홀의 직경이 일정하지 못한 문제점이 있다.

[0005] 즉, 기존에는 관통홀 에칭시 등방성에칭에 의해 홀입구가 상대적으로 커져서 홀의 중앙부와 입구의 직경차이가 발생되었다. 이로 인해, 더 작은 홀을 뚫기 어려운 문제점이 있다.

[0006] 이러한 문제점을 극복하여 현재의 사이즈보다 더 작은 홀을 형성하기 위해서는 홀의 중앙부 직경과 입구 직경이 일정하도록 제조하여야 한다. 또한, 홀의 중앙부 직경과 입구 직경이 일정할수록 유리 관통전극 기판을 이용하여 반도체 패키징용 인터포저로 쓸 수 있는 가능성이 커지게 된다.

[0007] 이는 인터포저의 역할상 반도체 칩레벨의 작은 pitch와 하부의 PCB 배선상 30마이크로 이상의 큰 pitch간의 완충배선의 역할을 하기위해서는 상부, 즉 표면에서 칩의 미세피치를 받아주기 위해 작은 Pad가 미세하게 형성되어야 하고 그 내부는 가급적 표면형성 직경을 유지하면서 안정하게 전기적인 Interconnection 전극을 만들어내야 하기 때문이다.

[0008] 따라서, 유리 기판을 관통하는 홀을 형성하되, 중앙부의 직경과 입구의 직경을 일정하게 형성하기 위한 연구들이 다양하게 이루어지고 있다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0009] 본 발명이 해결하고자 하는 일 기술적 과제는, 유리 기판 내 관통홀을 형성하기 위한 습식 식각 과정에서 유리 기판의 전체 두께가 일정하게 유지될 수 있는 방법을 제공하는 데 있다.

[0010] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 기술적 과제는, 유리 기판을 관통하는 홀의 직경을 일정하게 형성하는 방법을 제공하는 데 있다.

[0011] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 유리 기판에 형성된 관통홀 내에 금속 플러그를 용이하게 형성하는 방법을 제공하는 데 있다.

[0012] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 관통홀 내 형성된 금속 플러그의 신뢰성을 향상시키는 방법을 제공하는 데 있다.

[0013] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 상술된 것에 제한되지 않는다.

#### 과제의 해결 수단

[0014] 상기 기술적 과제들을 해결하기 위하여, 본 발명은 유리 기판을 관통하는 홀의 형성 방법을 제공한다.

[0015] 일 실시 예에 따르면, 상기 유리 기판을 관통하는 홀의 형성 방법은, 유리 기판을 준비하는 단계, 상기 유리 기판의 제1 면 및 상기 제1 면과 마주보는 제2 면 상에 각각, 실리콘 옥시나이트라이드(SiON)을 포함하는 베리어를 형성하는 단계, 상기 베리어가 형성된 상기 유리 기판에 레이저를 조사하는 단계, 및 레이저가 조사된 상기 유리 기판을 습식 식각하여, 상기 유리 기판 중 상기 레이저가 조사된 영역에 상기 제1 면 및 상기 제2 면을 관통하는 홀을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0016] 일 실시 예에 따르면, 상기 베리어를 형성하는 단계는, 상기 유리 기판을 열처리하는 단계, 열처리된 상기 유리 기판의 상기 제1 면 및 상기 제2 면을 각각 수소 플라즈마 처리하는 단계, 수소 플라즈마 처리된 상기 제1 면 및 상기 제2 면 상에 각각, 실리콘 질화물(SiN)을 포함하는 베리어를 형성하는 단계, 및 상기 베리어가 포함하는 실리콘 질화물(SiN)을 실리콘 옥시나이트라이드로 변화시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0017] 일 실시 예에 따르면, 상기 베리어가 포함하는 실리콘 질화물(SiN)을 실리콘 옥시나이트라이드로 변화시키는 단계는, 상기 베리어가 형성된 상기 유리 기판을 물유리에 침지시켜 상기 실리콘 질화물을 상기 실리콘 옥시나이트라이드로 변화시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0018] 일 실시 예에 따르면, 상기 베리어가 형성된 상기 유리 기판을 물유리에 침지시켜 상기 실리콘 질화물을 상기 실리콘 옥시나이트라이드로 변화시키는 단계에서 상기 베리어 내에 원소들의 농도 구배가 발생되되, 상기 베리어 중 상기 유리 기판과 인접한 제1 베리어 영역에는 상대적으로 질소의 농도가 높아지고, 상기 제1 베리어 영역을 제외한 제2 베리어 영역에는 상대적으로 산소의 농도가 높아지는 것을 포함할 수 있다.

[0020] 상기 기술적 과제들을 해결하기 위하여, 본 발명은 관통홀 내 금속 플러그 형성 방법을 제공한다.

[0021] 일 실시 예에 따르면, 상기 관통홀 내 금속 플러그 형성 방법은, 상기 실시 예에 따른 유리 기판을 관통하는 홀의 형성 방법 중 상기 제1 면 및 상기 제2 면을 관통하는 홀을 형성하는 단계 이후, 상기 베리어 상에 씨드층을 형성하는 단계, 및 상기 씨드층을 성장시켜 상기 홀의 내부를 채우는 금속 플러그(plug)를 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0022] 일 실시 예에 따르면, 상기 베리어 상에 씨드층을 형성하는 단계는, 상기 베리어 상에 금속 이온을 포함하는 전도성 MOD(Metal Organic Decomposition) 잉크 조성물을 도포하는 단계, 및 상기 전도성 MOD 잉크 조성물에 레이저를 조사하여 상기 금속 이온이 환원된 금속 입자를 포함하는 씨드층을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0023] 일 실시 예에 따르면, 상기 전도성 MOD 잉크 조성물에 레이저를 조사하여 상기 금속 이온이 환원된 금속 입자를 포함하는 씨드층을 형성하는 단계는, 상기 전도성 MOD 잉크 조성물이 도포된 상기 베리어 상에 제1 출력을 갖는 제1 레이저를 조사하여, 상기 금속 이온이 환원된 금속 입자를 포함하는 예비 씨드층을 형성하는 단계, 및 상기 예비 씨드층이 형성된 상기 베리어 상에 상기 제1 출력보다 높은 제2 출력을 갖는 제2 레이저를 조사하여, 상기 금속 이온이 환원된 금속 입자 중 일부가 상기 베리어 내로 침투된 씨드층을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

**발명의 효과**

[0024] 본 발명의 실시 예에 따른 관통홀의 형성 방법은, 유리 기판을 준비하는 단계, 상기 유리 기판의 제1 면 및 상기 제1 면과 마주보는 제2 면 상에 각각, 실리콘 옥시나이트라이드(SiON)을 포함하는 베리어를 형성하는 단계, 상기 베리어가 형성된 상기 유리 기판에 레이저를 조사하는 단계, 및 레이저가 조사된 상기 유리 기판을 습식 식각하여, 상기 유리 기판 중 상기 레이저가 조사된 영역에 상기 제1 면 및 상기 제2 면을 관통하는 홀을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0025] 이에 따라, 상기 베리어는 상기 유리 기판을 식각하기 위한 에칭 용액으로부터 상기 유리 기판을 보호할 수 있으므로, 습식 식각 과정에서 발생하는 상기 유리 기판의 두께 감소 문제 및 일정하지 않은 직경으로 인한 홀의 신뢰성 저하 문제가 해결될 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0026] 도 1은 종래의 LIE(Laser Induced Etching) 기술 및 이에 따른 문제점을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 관통홀의 형성 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 관통홀의 형성 방법 중 S200 단계를 구체적으로 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 관통홀의 형성 방법 중 S100 단계 및 S230 단계를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 관통홀의 형성 방법 중 S230 단계 및 S240 단계를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 관통홀의 형성 방법 중 베리어 내의 농도 구배를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 관통홀의 형성 방법 중 S300 단계 및 S400 단계를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 금속 플러그 형성 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 9는 본 발명의 실시 예에 따른 금속 플러그 형성 방법 중 S500 단계 및 S600 단계를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 10은 본 발명의 실시 예에 따른 금속 플러그 형성 방법 중 S600 단계 및 S700 단계를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 11은 본 발명의 제1 변형 예에 따른 금속 박막 형성 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 12는 본 발명의 제2 변형 예에 따른 금속 박막 형성 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 13 및 도 14는 본 발명의 제1 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 15는 본 발명의 제2 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 16은 본 발명의 제3 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 17은 본 발명의 제4 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 18은 본 발명의 제5 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 19는 본 발명의 제1 변형 예에 따른 금속 박막 형성 방법을 통해 형성된 씨드층 및 금속 박막을 촬영한 사진이다.

도 20은 본 발명의 제1 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법을 통해 금속 배선이 형성되는 과정을 촬영한 사진이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0027] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 상세히 설명할 것이다. 그러나 본 발명의 기술적 사상은 여기서 설명되는 실시 예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화 될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시 예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다.

[0028] 본 명세서에서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소 상에 있다고 언급되는 경우에 그것은 다른 구성요소 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 구성요소가 개재될 수도 있다는 것을 의미한다. 또한, 도면들에 있어서, 막 및 영역들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다.

[0029] 또한, 본 명세서의 다양한 실시 예들에서 제1, 제2, 제3 등의 용어가 다양한 구성요소들을 기술하기 위해서 사용되었지만, 이들 구성요소들이 이 같은 용어들에 의해서 한정되어서는 안 된다. 따라서, 어느 한 실시 예에 제 1 구성요소로 언급된 것이 다른 실시 예에서는 제 2 구성요소로 언급될 수도 있다.

[0030] 여기에 설명되고 예시되는 각 실시 예는 그것의 상보적인 실시 예도 포함한다. 또한, 본 명세서에서 '및/또는'은 전후에 나열한 구성요소들 중 적어도 하나를 포함하는 의미로 사용되었다.

[0031] 명세서에서 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함한다. 또한, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징이나 숫자, 단계, 구성요소 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 배제하는 것으로 이해되어서는 안 된다.

[0032] 또한, 하기에 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략할 것이다.

**[0034] 실시 예에 따른 관통홀 형성 방법**

[0035] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 관통홀의 형성 방법을 설명하기 위한 순서도이고, 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 관통홀의 형성 방법 중 S200 단계를 구체적으로 설명하기 위한 순서도이고, 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 관통홀의 형성 방법 중 S100 단계 및 S230 단계를 설명하기 위한 도면이고, 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 관통홀의 형성 방법 중 S230 단계 및 S240 단계를 설명하기 위한 도면이고, 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 관통홀의 형성 방법 중 베리어 내의 농도 구배를 설명하기 위한 도면이고, 도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 관통홀의 형성 방법 중 S300 단계 및 S400 단계를 설명하기 위한 도면이다.

[0036] 도 2 및 도 4를 참조하면, 유기 기관(100)이 준비될 수 있다(S100). 일 실시 예에 따르면, 상기 유기 기관(100)은 4 ppm/K 미만의 열팽창률을 가질 수 있다. 이와 달리, 상기 유기 기관(100)이 4 ppm/K 이상의 열팽창률을 갖는 경우, 후술되는 레이저 조사 단계 및 씨드층 형성 단계에서 조사되는 레이저에 의해 손상되는 문제점이 발생될 수 있다.

[0037] 상기 유기 기관(100) 상에 베리어(BL)가 형성될 수 있다(S200). 상기 베리어(BL)를 형성하는 단계는, 도 3 내지 도 6을 참조하여 구체적으로 설명된다.

[0038] 도 3을 참조하면, 상기 유기 기관(100)이 열처리될 수 있다(S210). 또한, 열처리된 상기 유기 기관(100)은 제1 면(100a) 및 제2 면(100b)에 각각 수소 플라즈마 처리가 이루어질 수 있다(S220). 일 실시 예에 따르면, 상기 제2 면(100b)은 상기 제1 면(100a)과 마주보는 면일 수 있다. 예를 들어, 상기 제1 면(100a)은 상기 유기 기관(100)의 상부면일 수 있다. 이와 달리, 상기 제2 면(100b)은 상기 유기 기관(100)의 하부면일 수 있다. 상기 제1 면(100a) 및 상기 제2 면(100b)이 수소 플라즈마 처리됨에 따라, 상기 제1 면(100a) 및 상기 제2 면(100b) 상에는 질화막이 용이하게 형성될 수 있다.

[0039] 도 3 내지 도 5를 참조하면, 수소 플라즈마 처리된 상기 제1 면(100a) 및 상기 제2 면(100b) 상에 각각 베리어

(BL)가 형성될 수 있다(S230). 일 실시 예에 따르면, 상기 베리어(BL)는 실리콘 질화물(SiN)을 포함할 수 있다. 또한, 일 실시 예에 따르면, 상기 베리어(BL)는 화학 기상 증착법(Cheical Vapor Deposition, CVD)으로 형성될 수 있다. 구체적으로, SiH<sub>4</sub> 및 NH<sub>3</sub>의 혼합 가스를 이용한 화학 기상 증착법을 통해 상기 제1 면(100a) 및 상기 제2 면(100b) 상에 각각 상기 베리어(BL)가 형성될 수 있다.

[0040] 상기 베리어(BL)가 형성된 상기 유리 기판(100)은 물유리에 침지될 수 있다. 이에 따라, 상기 베리어(BL)가 포함하는 실리콘 질화물(SiN)은 실리콘 옥시나이트라이드(SiON)로 변화될 수 있다(S240). 구체적으로, 상기 베리어(BL)가 형성된 상기 유리 기판(100)이 물유리에 침지되는 경우, 상기 베리어(BL) 내의 빈 공간으로 물유리가 침투된 후 실리콘 질화물(SiN)과 반응될 수 있다. 이에 따라, 물유리와 반응된 실리콘 질화물(SiN)은 실리콘 옥시나이트라이드(SiON)로 변화될 수 있다. 또는, 이와 달리, 다른 실시 예에 따르면, PEALD(Plasma Enhanced Atomic Layer Deposition) 방법을 통해 실리콘 질화물(SiN)을 실리콘 옥시나이트라이드(SiON)로 변화시킬 수 있다. 또는, 이와 달리, 또 다른 실시 예에 따르면, 상기 베리어에 N<sub>2</sub>O 가스를 투입시킴으로써 실리콘 질화물(SiN)을 실리콘 옥시나이트라이드(SiON)로 변화시킬 수 있다. 상기 베리어 내 실리콘 질화물(SiN)을 실리콘 옥시나이트라이드(SiON)로 변화시키는 방법은 제한되지 않는다.

[0041] 일 실시 예에 따르면, 상기 베리어(BL) 내의 실리콘 질화물(SiN) 중 일부는 실리콘 옥시나이트라이드(SiON)로 변화되는 반면 나머지 일부는 실리콘 질화물(SiN)로 잔존될 수 있다. 이에 따라, 상기 베리어(BL) 내에는 원소들의 구배가 발생될 수 있다.

[0042] 구체적으로, 도 6에 도시된 바와 같이, 제1 베리어 영역(BL<sub>1</sub>)에는 상대적으로 질소(N)의 농도가 높을 수 있다. 상기 제1 베리어 영역(BL<sub>1</sub>)은 상기 베리어(BL) 중 상기 유리 기판(100)과 인접한 영역으로 정의될 수 있다. 이와 달리, 제2 베리어 영역(BL<sub>2</sub>)에는 상대적으로 산소(O)의 농도가 높을 수 있다. 상기 제2 베리어 영역(BL<sub>2</sub>)은 상기 베리어(BL) 중 상기 제1 베리어 영역(BL<sub>1</sub>)을 제외한 영역으로 정의될 수 있다.

[0043] 즉, 상기 유리 기판(100)의 상기 제1 면(100a) 및 상기 제2 면(100b) 상에 형성된 상기 베리어(BL)는 실리콘 질화물(SiN) 및 실리콘 옥시나이트라이드(SiON)를 포함하되, 상기 제1 베리어 영역(BL<sub>1</sub>)에는 상대적으로 질소(N)의 농도가 높은 반면 상기 제2 영역(BL<sub>2</sub>)에는 상대적으로 산소(O)의 농도가 높을 수 있다. 이에 따라, 상기 베리어(BL)는 상기 유리 기판(100)과 유사한 굴절률을 가질 수 있다. 이로 인해, 상기 유리 기판(100)에 형성되는 관통홀(TH)의 수율이 향상되고 오차가 감소될 수 있다.

[0044] 이와 달리, 상기 베리어(BL)가 실리콘 질화물(SiN) 및 실리콘 옥시나이트라이드(SiON) 중 어느 하나만을 포함하거나, 상술된 바와 같은 원소(N, O)의 농도 구배가 형성되지 않는 경우, 상기 베리어(BL)의 굴절률과 상기 유리 기판(100)의 굴절률 차이가 크게 발생될 수 있다. 이 경우, 후술되는 레이저 조사 단계에서 레이저가 상기 베리어(BL)를 통과하는 과정에서 굴절이 크게 발생됨으로, 원하는 영역이 아닌 다른 영역에 홀이 형성되는 문제점이 발생될 수 있다. 즉, 상기 유리 기판(100)에 형성되는 관통홀(TH)의 수율이 저하되고 오차가 크게 발생될 수 있다.

[0045] 도 2 및 도 7을 참조하면, 상기 베리어(BL)가 형성된 상기 유리 기판(100)에 레이저(L)가 조사될 수 있다(S300). 이후, 레이저(L)가 조사된 상기 유리 기판(100)을 습식 식각하여, 상기 유리 기판(100) 중 상기 레이저가 조사된 영역에 상기 제1 면(100a) 및 상기 제2 면(100b)을 관통하는 홀(TH)을 형성할 수 있다(S400).

[0046] 상기 유리 기판(100)을 습식 식각하는 과정에서, 상기 베리어(BL)는 에칭 용액으로부터 상기 유리 기판(100)을 보호할 수 있다. 이에 따라, 상기 유리 기판(100)의 두께는 실질적으로 일정하게 유지될 수 있다. 즉, 상기 유리 기판(100)의 두께 감소 문제가 해결될 수 있다. 또한, 상기 베리어(BL)에 의해 상기 유리 기판(100)의 두께 방향 식각률이 일정하게 유지될 수 있다. 즉, 상기 유리 기판(100)에 형성되는 홀(TH)은 연장되는 방향을 따라 일정한 직경을 갖도록 형성될 수 있다.

[0047] 결과적으로, 본 발명의 실시 예에 따른 관통홀의 형성 방법은, 유리 기판(100)을 준비하는 단계, 상기 유리 기판(100)의 제1 면(100a) 및 상기 제1 면(100a)과 마주보는 제2 면(100b) 상에 각각, 실리콘 옥시나이트라이드(SiON)을 포함하는 베리어(BL)를 형성하는 단계, 상기 베리어(BL)가 형성된 상기 유리 기판(100)에 레이저(L)를 조사하는 단계, 및 레이저(L)가 조사된 상기 유리 기판(100)을 습식 식각하여, 상기 유리 기판(100) 중 상기 레이저(L)가 조사된 영역에 상기 제1 면(100a) 및 상기 제2 면(100b)을 관통하는 홀(TH)을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

- [0048] 이에 따라, 상기 베리어(BL)는 상기 유리 기판(100)을 식각하기 위한 에칭 용액으로부터 상기 유리 기판(100)을 보호할 수 있으므로, 습식 식각 과정에서 발생하는 상기 유리 기판(100)의 두께 감소 문제 및 일정하지 않은 직경으로 인한 홀(TH)의 신뢰성 저하 문제가 해결될 수 있다.
- [0050] 이상, 본 발명의 실시 예에 따른 관통홀 형성 방법이 설명되었다. 이하, 본 발명의 실시 예에 따른 금속 플러그 형성 방법이 설명된다.
- [0051] **실시 예에 따른 금속 플러그 형성 방법**
- [0052] 본 발명의 실시 예에 따른 금속 플러그 형성 방법은, 도 2 내지 도 7을 참조하여 설명된 상기 실시 예에 따른 관통홀 형성 방법과 결합되어 사용될 수 있다. 즉, 상기 실시 예에 따른 관통홀 형성 방법의 S400 단계에 이어 상기 금속 플러그 형성 방법이 수행될 수 있다. 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 금속 플러그 형성 방법을 수행함으로써, 상기 유리 기판(100)에 형성된 상기 홀(TH) 내에 금속 플러그가 형성될 수 있다.
- [0053] 도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 금속 플러그 형성 방법을 설명하기 위한 순서도이고, 도 9는 본 발명의 실시 예에 따른 금속 플러그 형성 방법 중 S500 단계 및 S600 단계를 설명하기 위한 도면이고, 도 10은 본 발명의 실시 예에 따른 금속 플러그 형성 방법 중 S600 단계 및 S700 단계를 설명하기 위한 도면이다.
- [0054] 도 8 및 도 9를 참조하면, 상기 베리어(BL) 상에 금속 이온을 포함하는 전도성 MOD(Metal Organic Decomposition) 잉크 조성물(IK)이 도포될 수 있다(S500). 상기 베리어(BL) 및 상기 유리 기판(100)에 홀(H)이 형성되어 있음에도 불구하고, 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK)의 점도로 인하여, 상기 베리어(BL) 상에 도포된 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK)은 상기 홀(H)의 내부로 유입되지 않을 수 있다. 특히, 상기 홀(H)의 직경이 넓게 형성된 경우에도, 메니스커스 현상에 의해 상기 홀(H)의 내부로 상기 전도성 MOD 잉크 조성물이 유입되지 않을 수 있다.
- [0055] 일 실시 예에 따르면, 상기 금속 이온은 구리(Cu) 이온을 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 상기 전도성 MOD 잉크 조성물은 구리 전구체와 포름산이 반응하여 형성된 구리 포메이트, 및 리간드로서 아민기를 포함하는 구리 포메이트-아민 잉크를 포함할 수 있다.
- [0056] 예를 들어, 상기 구리 전구체는 산화구리, 수산화구리, 질산구리, 탄산구리, 황산구리, 염화구리 및 아세트산구리 중 어느 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 아민기를 형성하는 화합물은 부틸아민, 헥실아민, 옥틸아민, 다이부틸 아민, 트리에틸 아민, 디에틸렌트리아민(Diethylenetriamine), 에틸렌 다이아민, 사이클로헥실아민 및 아미노 메틸 프로판올 중 어느 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 용매는 물(H<sub>2</sub>O), 알코올계 용매, 글리콜계 용매, 아세테이트계 용매, 에테르계 용매, 케톤계 용매, 탄화수소계 용매, 방향족계 용매, 할로겐 치환 용매, 아세토니트릴, 디메틸술폰사이드 또는 이들의 혼합물 등을 포함할 수 있다. 상기 알코올계 용매로는 메탄올, 에탄올, 이소프로판올, 1-메톡시프로판올, 부탄올, 에틸헥실 알코올, 테르피네올 또는 이들의 혼합물을 포함할 수 있다. 상기 글리콜계 용매로는 에틸렌글리콜, 글리세린 또는 이들의 혼합물을 포함할 수 있다. 상기 아세테이트계 용매로는 에틸아세테이트, 부틸아세테이트, 메톡시프로필아세테이트, 카비톨아세테이트, 에틸카비톨아세테이트 또는 이들의 혼합물을 포함할 수 있다. 상기 에테르계 용매로는 메틸셀로솔브, 부틸셀로솔브, 디에틸에테르, 테트라히드로퓨란, 디옥산 또는 이들의 혼합물을 포함할 수 있다. 상기 케톤계 용매로는 메틸에틸 케톤, 아세톤, 디메틸포름아미드, 1-메틸-2-피롤리돈 또는 이들의 혼합물을 포함할 수 있다. 상기 탄화수소계 용매로는 헥산, 헵탄, 도데칸, 파라핀 오일, 미네랄 스피릿 또는 이들의 혼합물을 포함할 수 있다. 상기 방향족계 용매로는 벤젠, 톨루엔, 자일렌 또는 이들의 혼합물을 포함할 수 있다. 상기 할로겐 치환 용매로는 클로로포름, 메틸렌클로라이드, 카본테트라클로라이드 또는 이들의 혼합물을 포함할 수 있다. 상기 용매의 함량에 따라 상기 전도성 MOD 잉크 조성물의 점도가 제어될 수 있다.
- [0057] 상기 구리 포메이트-아민 잉크는 구리 포메이트(Cu formate)와 리간드로서 다양한 아민기의 적용이 가능할 수 있다. 상기 구리 포메이트는 구리 전구체와 포름산을 반응 용기에 넣고 교반하면서 반응시켜 형성할 수 있다. 예를 들어, 반응 용기에 산화구리(CuO)와 포름산을 1:3의 중량비로 넣고 밀폐한 후, 교반하면서 반응시켜 상기 구리 포메이트를 형성할 수 있다.
- [0058] 상기 구리 포메이트, 아민 화합물(아민기를 갖는 화합물) 및 용매를 반응 용기에 첨가하고 혼합하고, 상기 반응 용기를 밀폐한 후, 교반하면서 반응시켜 구리 포메이트-아민 잉크를 형성할 수 있다. 상기 구리 포메이트와 상기 아민 화합물은 1:0.05~1:2의 중량비로 혼합될 수 있다.
- [0059] 일 실시 예에 따르면, 상기 베리어(BL) 상에 도포되는 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK)의 점도가 제어될 수 있

다. 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK)의 점도가 과도하게 높은 경우, 상기 베리어(BL)와의 접촉강이 증가함에 따라 코팅의 균일성이 저하되는 문제점이 발생할 수 있다. 또한, 홀(TH)이 형성된 상기 베리어(BL) 및 상기 유리 기판(100)의 홀(TH) 내로 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK)의 진입이 어려워지는 문제점이 발생할 수 있다. 이와 달리, 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK)의 점도가 과도하게 낮은 경우, 후술되는 예비 씨드층 및 씨드층과 상기 베리어(BL) 사이의 접착력이 감소되는 문제점이 발생할 수 있다.

[0060] 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK)이 도포된 상기 베리어(BL) 상에, 제1 출력을 갖는 제1 레이저가 조사될 수 있다. 이에 따라, 상기 금속 이온(구리 이온)이 환원된 예비 씨드층(미도시)이 형성될 수 있다. 상기 예비 씨드층은, 상기 금속 이온(구리 이온)이 환원된 금속 입자(구리 입자)들로 이루어진 물질층으로 정의될 수 있다.

[0061] 보다 구체적으로, 인쇄 전자 산업의 발달에 따라서 전도성 잉크에 대한 기술 개발은 지속적으로 이루어져 왔다. 전도성 잉크에 대한 기술 개발은 대표적으로 두 가지 방향에서 이루어져 왔는데, 하나는 나노 입자 형태의 잉크와 또 다른 하나는 금속 유기 분해(Metal Organic Decomposition; 이하 'MOD'라 함) 잉크이다. 저 가격화가 가능한 금속재료 잉크에 대한 기술 개발 요구가 지속적으로 있어왔으며, 그 대표적인 것이 구리(Cu)이다. 구리(Cu)는 전기전도도( $1.72 \mu \Omega \cdot \text{cm}$ )가 우수하며, 낮은 가격대에 잉크 제작이 가능하다. 하지만, 구리 잉크의 제작에 있어서 단점인 재료의 산화안정성 때문에 실질적인 제품 개발에 어려움이 있다. 이러한 문제점을 해결할 수 있는 것이 MOD(Metal Organic Decomposition) 잉크이다. 그 이유는 MOD 잉크 자체는 이미 산화되어진 형태로 존재하므로 공기 중에서의 안정성이 확보되기 때문이다.

[0062] 이러한 MOD 잉크의 자체적인 안정성은 확보 가능하지만, 실질적인 구리 박막으로 환원시키기 위해서는 추가적인 열처리나 광처리가 필요하다.

[0063] 이러한 MOD 잉크의 소결 방법으로 열소결 공정이나, 상온/대기압 상태에서의 소결이 가능한 레이저 소결법이 있다. 열소결 공정은 금속 입자를 소결시키기 위하여 비활성 기체 상태에서 약 200~350 °C의 온도로 가열하는 방식이다.

[0064] 최근 플렉서블 폴리머나 유리 위에 도금 패턴을 제작하려는 시도가 이루어지면서 고온 소결 방법은 그 사용에 제한이 있다. 특히, 구리 이온 잉크(구리 전구체를 포함하는 MOD 잉크)를 기판에 도포하고 열소결하는 경우에 열화학적 평형에 의하여 그 표면에 산화층이 형성되어 있어 소결이 매우 어렵고, 소결 후에도 전도성이 떨어지는 단점이 있다.

[0065] 또한, MOD 잉크를 열소결 하는 경우에 산소가 없는 환경에서 처리하여야 하는 단점을 가지고 있으므로 실질적인 양산 시스템 구성에 있어서 제한적인 부분이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해서 레이저 소결 공정을 적용할 경우 구리 박막의 산화반응이 일어나기 전에 순수 구리 박막을 얻을 수 있다.

[0066] 이에 따라, 본 발명의 실시 예에 따른 금속 플러그 형성 방법은, 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK)에 레이저를 조사함으로써, 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK)이 포함하는 금속 이온(구리 이온)을 환원시켜 상기 예비 씨드층을 제조할 수 있다. 예를 들어, 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK)에 조사되는 레이저는, 9,000~11,000nm의 파장을 갖는 CO<sub>2</sub> 레이저를 포함할 수 있다.

[0067] 상기 예비 씨드층이 형성된 상기 베리어(BL) 상에 상기 제1 출력보다 높은 제2 출력을 갖는 제2 레이저가 조사될 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 상기 제2 레이저는 상기 베리어(BL)와 상기 예비 씨드층의 계면에 조사될 수 있다. 이에 따라, 상기 금속 이온(구리 이온)이 환원된 금속 입자(구리 입자) 중 일부가 상기 베리어(BL) 내로 침투된 씨드층(300)이 형성될 수 있다(S600). 상기 씨드층(300)은, 상기 예비 씨드층이 포함하는 금속 입자(구리 입자) 중 일부가 상기 베리어(BL) 내로 침투된 상태로 정의될 수 있다.

[0068] 보다 구체적으로, 상기 베리어(BL)와 상기 예비 씨드층의 계면에 상기 제2 레이저가 조사되는 경우, 상기 베리어(BL)의 표면이 용융될 수 있다. 이에 따라, 용융된 상기 베리어(BL)의 표면을 통해 상기 예비 씨드층의 금속 입자(구리 입자)가 상기 베리어(BL)의 내부로 침투될 수 있다.

[0069] 상기 베리어(BL)의 내부로 침투된 상기 금속 입자(구리 입자)는, 상기 씨드층(300)의 앵커(anchor)로 작용될 수 있다. 즉, 상기 금속 입자(구리 입자)가 상기 베리어(BL)의 내부로 침투됨에 따라, 상기 씨드층(300)과 상기 베리어(BL) 사이의 접착력이 향상될 수 있다. 이에 따라, 상기 씨드층(300)과 상기 베리어(BL) 사이의 접착력은, 상기 예비 씨드층과 상기 베리어(BL) 사이의 접착력보다 강할 수 있다.

[0070] 일 실시 예에 따르면, 상기 제1 레이저 및 상기 제2 레이저는 하나의 레이저로 이루어지고, 상기 레이저가 조사되는 초기 시간 동안 상기 제1 레이저에 의한 효과가 나타나는 것을 포함할 수 있다.

- [0071] 일 실시 예에 따르면, 상기 홀(TH)을 형성하는 단계(S400) 이후 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK)을 도포하는 단계(S500) 이전, 상기 베리어(BL)가 형성된 상기 유리 기판(100)을 UV ozone 처리하는 단계가 수행될 수 있다. 예를 들어, 상기 UV ozone 처리는 UV ozone cleaner를 통해 15분 동안 수행될 수 있다. 이에 따라, 상기 베리어(BL) 상에 잔존된 유기물이 제거되고 상기 베리어(BL)의 표면에 친수성이 확보될 수 있으므로 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK)의 코팅 효율성 및 신뢰성이 향상될 수 있다.
- [0072] 이와 달리, 상기 홀(TH)을 형성하는 단계(S400) 이후 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK)을 도포하는 단계(S500) 이전, 상기 베리어(BL)가 형성된 상기 유리 기판(100)을 UV ozone 처리하는 단계가 수행되지 않는 경우, 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK)의 코팅 효율 및 신뢰성이 저하되는 문제점이 발생될 수 있다.
- [0073] 또한, 일 실시 예에 따르면, 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK)을 도포하는 단계 이후 상기 예비 씨드층을 형성하는 단계 이전, 상기 베리어(BL) 상에 도포된 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK)을 열처리하는 단계가 수행될 수 있다. 구체적으로, 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK)은 90°의 온도에서 20분 동안 열처리될 수 있다. 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK)이 열처리됨에 따라, 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK) 내 용매가 제거될 수 있다. 이로 인해, 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK)의 금속 이온이 환원되어 형성되는 상기 예비 씨드층(200)의 신뢰성이 향상될 수 있다.
- [0074] 이와 달리, 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK)을 도포하는 단계 이후 상기 예비 씨드층을 형성하는 단계 이전, 상기 베리어(BL) 상에 도포된 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK)을 열처리하는 단계가 수행되지 않는 경우, 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK)의 금속 이온이 환원되어 형성되는 상기 예비 씨드층(200)의 신뢰성이 저하되는 문제점이 발생될 수 있다.
- [0075] 상술된 바와 달리, 다른 실시 예에 따르면, 상기 씨드층(300)은 니켈(Ni)과 납(Pd)을 이용한 무전해도금 방법을 통해 형성될 수 있다. 또는, 이와 달리, 또 다른 실시 예에 따르면, 상기 씨드층(300)은 스퍼터(Sputter)를 이용하여 형성될 수 있다. 상기 씨드층(300)을 형성하기 위한 방법은 제한되지 않는다.
- [0076] 도 8 및 도 10을 참조하면, 상기 씨드층(300)을 성장시킴으로써 상기 홀(TH)의 내부를 채우는 금속 플러그(PG)가 형성될 수 있다(S700). 일 실시 예에 따르면, 상기 씨드층(300)은 전해도금법을 통해 성장될 수 있다. 이와 달리, 다른 실시 예에 따르면, 상기 씨드층(300)은 무전해도금법을 통해 성장될 수 있다.
- [0078] 이상, 본 발명의 실시 예에 따른 금속 플러그 형성 방법이 설명되었다. 이하, 본 발명의 변형 예에 따른 금속 박막 형성 방법이 설명된다.
- [0079] 본 발명의 변형 예에 따른 금속 박막 형성 방법은, 도 8 내지 도 10을 참조하여 설명된 상기 실시 예에 따른 금속 플러그 형성 방법 중 씨드층을 성장시켜 금속 플러그를 형성하는 방법에 적용될 수 있다.
- [0080] **제1 변형 예에 따른 금속 박막 형성 방법**
- [0081] 도 11은 본 발명의 제1 변형 예에 따른 금속 박막 형성 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0082] 본 발명의 제1 변형 예에 따른 금속 박막 형성 방법은, 유리 기판 준비 단계(S1000), 전도성 MOD 잉크 조성물(IK) 도포 단계(S2000), 예비 씨드층 형성 단계(S3000), 및 씨드층 형성 단계(S4000)를 포함할 수 있다. 상기 제1 변형 예에 따른 금속 박막이 형성하는 방법의 각 단계들은, 도 8 내지 도 10을 참조하여 설명된 상기 실시 예에 따른 금속 플러그 형성 방법의 각 단계들과 같을 수 있다.
- [0083] 다만, 상기 제1 변형 예에 따른 금속 박막 형성 방법은, 베리어(BL) 형성 단계, 및 홀(TH) 형성 단계가 생략됨으로, 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK)이 상기 유리 기판(100) 상에 바로 도포될 수 있다.
- [0084] 또한, 상기 제1 변형 예에 따른 금속 박막 형성 방법은, 도 11에 도시된 바와 같이, 상기 유리 기판(100) 준비 단계(S1000) 이후 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK) 도포 단계(S2000) 이전, 상기 유리 기판(100)의 표면에 요철 구조를 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다. 상기 유리 기판(100)의 표면에 요철 구조가 형성됨에 따라, 상기 씨드층과 상기 유리 기판(100) 사이의 접합력이 향상될 수 있다. 이로 인해, 씨드층을 통해 상기 유리 기판(100) 상에 형성되는 금속 박막의 신뢰성이 향상될 수 있다.
- [0085] **제2 변형 예에 따른 금속 박막 형성 방법**
- [0086] 도 12는 본 발명의 제2 변형 예에 따른 금속 박막 형성 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0087] 본 발명의 제2 변형 예에 따른 금속 박막 형성 방법은, 유리 기판 준비 단계(S1000), 전도성 MOD 잉크 조성물

(IK) 도포 단계(S2000), 예비 씨드층 형성 단계(S3000), 및 씨드층 형성 단계(S4000)를 포함할 수 있다. 상기 제2 변형 예에 따른 금속 박막이 형성하는 방법의 각 단계들은, 도 11을 참조하여 설명된 상기 제1 변형 예에 따른 금속 박막 형성 방법의 각 단계들과 같을 수 있다.

[0088] 다만, 상기 제2 변형 예에 따른 금속 박막 형성 방법은, 상기 전도성 MOD 잉크 조성물(IK) 도포 단계에서, 상기 유리 기판(100) 상에 제1 전도성 MOD 잉크 조성물(IK<sub>1</sub>) 및 제2 전도성 MOD 잉크 조성물(IK<sub>2</sub>)이 도포될 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 상기 제1 전도성 MOD 잉크 조성물(IK<sub>1</sub>)은 상기 제2 전도성 MOD 잉크 조성물(IK<sub>2</sub>) 보다 점도가 높을 수 있다. 또한, 상기 제1 전도성 MOD 잉크 조성물(IK<sub>1</sub>)은 상기 제2 전도성 MOD 잉크 조성물(IK<sub>2</sub>) 보다 먼저 코팅될 수 있다.

[0089] 즉, 상대적으로 점도가 높은 전도성 MOD 잉크 조성물이 코팅된 후 상대적으로 점도가 낮은 전도성 MOD 잉크 조성물이 다시 코팅될 수 있다. 이에 따라, 상기 유리 기판(100) 상에 코팅되는 전도성 MOD 잉크 조성물의 코팅 효율 및 코팅 신뢰성이 향상될 수 있다.

[0091] 이상, 본 발명의 변형 예들에 따른 금속 박막 형성 방법이 설명되었다. 이하, 본 발명의 변형 예들에 따른 금속 배선 형성 방법이 설명된다.

[0092] 본 발명의 변형 예들에 따른 금속 배선 형성 방법은, 도 8 내지 도 10을 참조하여 설명된 상기 실시 예에 따른 금속 플러그 형성 방법 중 씨드층을 성장시켜 금속 플러그를 형성하는 방법에 적용될 수 있다. 즉, 상기 변형 예들에 따른 금속 배선 형성 방법을 통해 형성되는 금속 배선은, 상기 실시 예에 따른 금속 플러그 형성 방법을 통해 형성된 금속 플러그와 같을 수 있다.

[0093] **제1 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법**

[0094] 도 13 및 도 14는 본 발명의 제1 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0095] 도 13 및 도 14를 참조하면, 본 발명의 제1 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법은, 복수의 관통홀(H)이 형성된 유리 기판(100) 상에 씨드층(300)을 형성하는 단계(S10), 상기 씨드층(300) 상에 마스크(M)를 배치하는 단계(S20), 상기 씨드층(300)을 성장시켜 상기 유리 기판(100)에 형성된 복수의 관통홀(H) 내에 금속 배선(400)을 형성하는 단계(S30), 및 상기 마스크(M)를 제거하는 단계(S40)를 포함할 수 있다. 이에 따라, 유리 기판(100)의 관통홀(H) 내에 금속 배선(400)이 용이하게 형성될 수 있다.

[0096] 일 실시 예에 따르면, 상기 S10 단계에서 상기 유리 기판(100) 상에 형성되는 씨드층(300)은, 도 8 내지 도 10을 참조하여 설명된 씨드층 형성 방법을 통해 형성될 수 있다. 상기 유리 기판(100)에 관통홀(H)이 형성되어 있음에도 불구하고, 상기 전도성 MOD 잉크 조성물의 점도로 인하여, 상기 유리 기판(100) 상에 도포된 상기 전도성 MOD 잉크 조성물은 상기 관통홀(H)의 내부로 유입되지 않을 수 있다. 특히, 도 13에 도시된 바와 같이, 상대적으로 직경이 넓은 관통홀(H)의 경우, 메니스커스 현상에 의해 상기 관통홀(H)의 내부로 상기 전도성 MOD 잉크 조성물이 유입되지 않을 수 있다.

[0097] **제2 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법**

[0098] 도 15는 본 발명의 제2 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0099] 도 15를 참조하면, 본 발명의 제2 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법은, 복수의 관통홀(H)이 형성된 유리 기판(100) 상에 씨드층(300)을 형성하는 단계(S10), 상기 씨드층(300) 상에 마스크(M)를 배치하는 단계(S20), 상기 씨드층(300)을 성장시켜 상기 유리 기판(100)에 형성된 복수의 관통홀(H) 내에 금속 배선(400)을 형성하는 단계(S30), 및 상기 마스크(M)를 제거하는 단계(S40)를 포함할 수 있다. 즉, 상기 제2 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법은, 도 13 및 도 14를 참조하여 설명된 상기 제1 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법과 같을 수 있다.

[0100] 다만, 상기 제2 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법은, 상기 S30 단계에서, 전해도금법을 이용하여 상기 씨드층(300)으로부터 상기 금속 배선(400)을 성장시키되, 전해도금에서 사용되는 전극이 복수의 돌출부를 가질 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 상기 전극의 돌출부는 상기 유리 기판(100)에 형성된 관통홀(H)과 대응되도록 형성될 수 있다. 이에 따라, 상기 관통홀(H)을 따라 성장되는 상기 씨드층(300)의 성장물이 향상될 수 있고, 성장되는 상기 씨드층(300)의 밀도가 향상(보이드 감소)될 수 있다. 이로 인해, 상기 씨드층(300)으로부터 성장된 상기 금속 배선(400)의 신뢰성이 향상될 수 있다.

**[0101] 제3 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법**

[0102] 도 16은 본 발명의 제3 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0103] 도 16을 참조하면, 본 발명의 제3 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법은, 복수의 관통홀(H)이 형성된 유리 기판(100) 상에 씨드층(300)을 형성하는 단계(S10), 상기 씨드층(300) 상에 마스크(M)를 배치하는 단계(S20), 상기 씨드층(300)을 성장시켜 상기 유리 기판(100)에 형성된 복수의 관통홀(H) 내에 금속 배선(400)을 형성하는 단계(S30), 및 상기 마스크(M)를 제거하는 단계(S40)를 포함할 수 있다. 즉, 상기 제2 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법은, 도 13 및 도 14를 참조하여 설명된 상기 제1 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법과 같을 수 있다.

[0104] 다만, 상기 제3 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법은, 상기 S30 단계에서, 전해도금법을 이용하여 상기 씨드층(300)으로부터 상기 금속 배선(400)을 성장시키되, 전해도금에서 사용되는 전극이 복수의 돌출부를 가질 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 상기 전극의 돌출부는 상기 유리 기판(100)에 형성된 복수의 관통홀(H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>) 중 상대적으로 직경이 작은 관통홀(H<sub>2</sub>)에 대응되도록 형성될 수 있다. 구체적으로, 도 9에 도시된 바와 같이, 상기 유리 기판(100)에 상대적으로 직경이 큰 제1 관통홀(H<sub>1</sub>) 및 상대적으로 직경이 작은 제2 관통홀(H<sub>2</sub>)이 형성된 경우 상기 전극의 돌출부는 상기 제2 관통홀(H<sub>2</sub>)과 대응되도록 형성될 수 있다.

[0105] 상대적으로 직경이 큰 제1 관통홀(H<sub>1</sub>)에는 메니스커스 현상이 발생됨으로, 상기 전극의 돌출부가 상기 제1 관통홀(H<sub>1</sub>)과 대응되도록 형성되는 경우, 상기 제1 관통홀(H<sub>1</sub>) 내에 형성되는 금속 배선(400)의 균일성이 저하될 수 있다. 따라서, 상기 제3 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법은 상기 전극에 형성되는 돌출부의 위치를 선택적으로 제어함에 따라 서로 다른 직경을 갖는 관통홀(H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>) 모두에서 상기 금속 배선(400)이 균일하게 성장될 수 있다.

**[0106] 제4 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법**

[0107] 도 17은 본 발명의 제4 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0108] 도 17을 참조하면, 본 발명의 제4 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법은, 복수의 관통홀(H)이 형성된 유리 기판(100) 상에 씨드층(300)을 형성하는 단계(S10), 상기 씨드층(300) 상에 마스크(M)를 배치하는 단계(S20), 상기 씨드층(300)을 성장시켜 상기 유리 기판(100)에 형성된 복수의 관통홀(H) 내에 금속 배선(400)을 형성하는 단계(S30), 및 상기 마스크(M)를 제거하는 단계(S40)를 포함할 수 있다. 즉, 상기 제2 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법은, 도 13 및 도 14를 참조하여 설명된 상기 제1 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법과 같을 수 있다.

[0109] 다만, 상기 제4 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법은, 상기 S30 단계에서, 전해도금법을 이용하여 상기 씨드층(300)으로부터 상기 금속 배선(400)을 성장시키되, 전해도금에서 사용되는 전극이 오목부를 가질 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 상기 전극의 오목부는 상기 유리 기판(100)에 형성된 복수의 관통홀(H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>) 중 상대적으로 직경이 큰 관통홀(H<sub>1</sub>)에 대응되도록 형성될 수 있다. 구체적으로, 도 10에 도시된 바와 같이, 상기 유리 기판(100)에 상대적으로 직경이 큰 제1 관통홀(H<sub>1</sub>) 및 상대적으로 직경이 작은 제2 관통홀(H<sub>2</sub>)이 형성된 경우 상기 전극의 오목부는 상기 제1 관통홀(H<sub>1</sub>)과 대응되도록 형성될 수 있다. 이에 따라, 메니스커스 현상이 발생된 상기 제1 관통홀(H<sub>1</sub>) 내에 형성되는 상기 금속 배선(400)의 균일성이 향상될 수 있다.

**[0110] 제5 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법**

[0111] 도 18은 본 발명의 제5 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0112] 도 18을 참조하면, 본 발명의 제5 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법은, 복수의 관통홀(H)이 형성된 유리 기판(100) 상에 씨드층(300)을 형성하는 단계(S10), 상기 씨드층(300) 상에 마스크(M)를 배치하는 단계(S20), 상기 씨드층(300)을 성장시켜 상기 유리 기판(100)에 형성된 복수의 관통홀(H) 내에 금속 배선(400)을 형성하는 단계(S30), 및 상기 마스크(M)를 제거하는 단계(S40)를 포함할 수 있다. 즉, 상기 제2 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법은, 도 13 및 도 14를 참조하여 설명된 상기 제1 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법과 같을 수 있다.

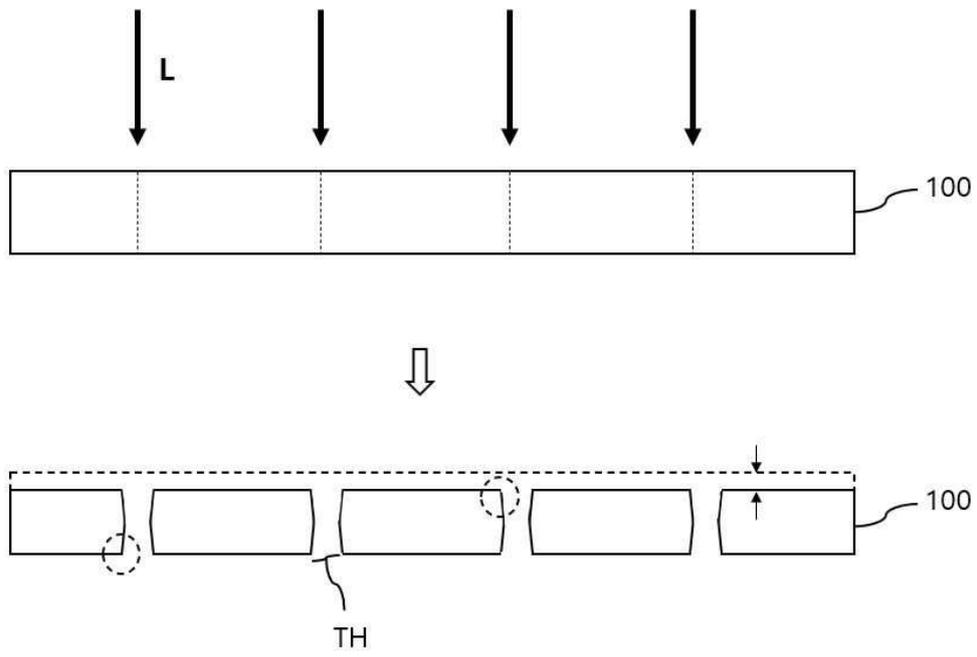
- [0113] 다만, 상기 제5 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법은, 상기 S10 단계에서, 상기 유리 기판(100) 상에 상기 전도성 MOD 잉크 조성물이 도포된 후, 복수의 관통홀(H)을 통해 압력을 인가할 수 있다. 이에 따라, 상기 관통홀(H)에서 발생하는 메니스커스 현상이 감소될 수 있다. 이로 인해, 상기 관통홀(H) 내에 형성되는 금속 배선의 신뢰성이 향상될 수 있다.
- [0114] 도 19는 본 발명의 제1 변형 예에 따른 금속 박막 형성 방법을 통해 형성된 씨드층 및 금속 박막을 촬영한 사진이다.
- [0115] 도 19를 참조하면, 도 11을 참조하여 설명된 방법으로 구리 박막을 형성한 후 촬영하였다. 구체적으로 도 19의 (a)는 유리 기판 상에 형성된 구리 씨드층을 나타내고, 도 19의 (b)는 구리 씨드층을 통해 성장된 구리 박막을 나타낸다. 도 19에서 확인할 수 있듯이, 상기 변형 예에 따른 금속 박막 형성 방법을 통해, 유리 기판 상에 구리 박막이 용이하게 형성될 수 있음을 알 수 있다.
- [0116] 도 20은 본 발명의 제1 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법을 통해 금속 배선이 형성되는 과정을 촬영한 사진이다.
- [0117] 도 20을 참조하면, 도 13 및 도 14를 참조하여 설명된 방법으로 유리 기판의 관통홀 내에 구리 배선을 형성한 후 촬영하였다. 구체적으로, 도 20의 (a)는 관통홀의 표면에 구리 씨드층이 형성된 상태를 나타내고, 도 20의 (b) 및 (c)는 구리 씨드층을 통해 형성된 구리 배선을 나타낸다. 도 20에서 확인할 수 있듯이, 상기 제1 변형 예에 따른 금속 배선 형성 방법을 통해, 유리 기판의 관통홀 내에 구리 배선이 용이하게 형성될 수 있음을 알 수 있다.
- [0119] 이상, 본 발명을 바람직한 실시 예를 사용하여 상세히 설명하였으나, 본 발명의 범위는 특정 실시 예에 한정되는 것은 아니며, 첨부된 특허청구범위에 의하여 해석되어야 할 것이다. 또한, 이 기술분야에서 통상의 지식을 습득한 자라면, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않으면서도 많은 수정과 변형이 가능함을 이해하여야 할 것이다.

**부호의 설명**

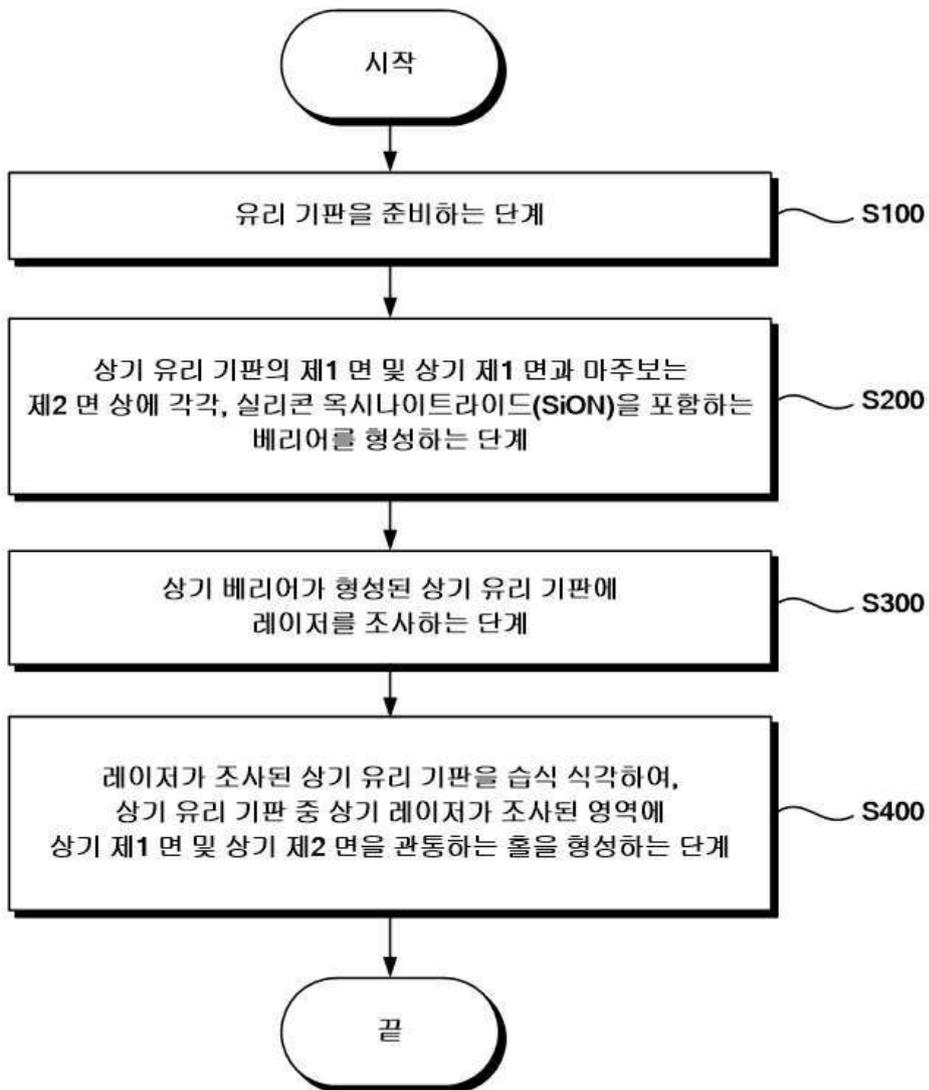
- [0120] 100: 유리 기판
- 300: 씨드층
- 400: 금속 배선
- BL: 베리어
- PG: 플러그
- IK: 전도성 MOD 잉크 조성물
- M: 마스크
- H: 홀, 관통홀

도면

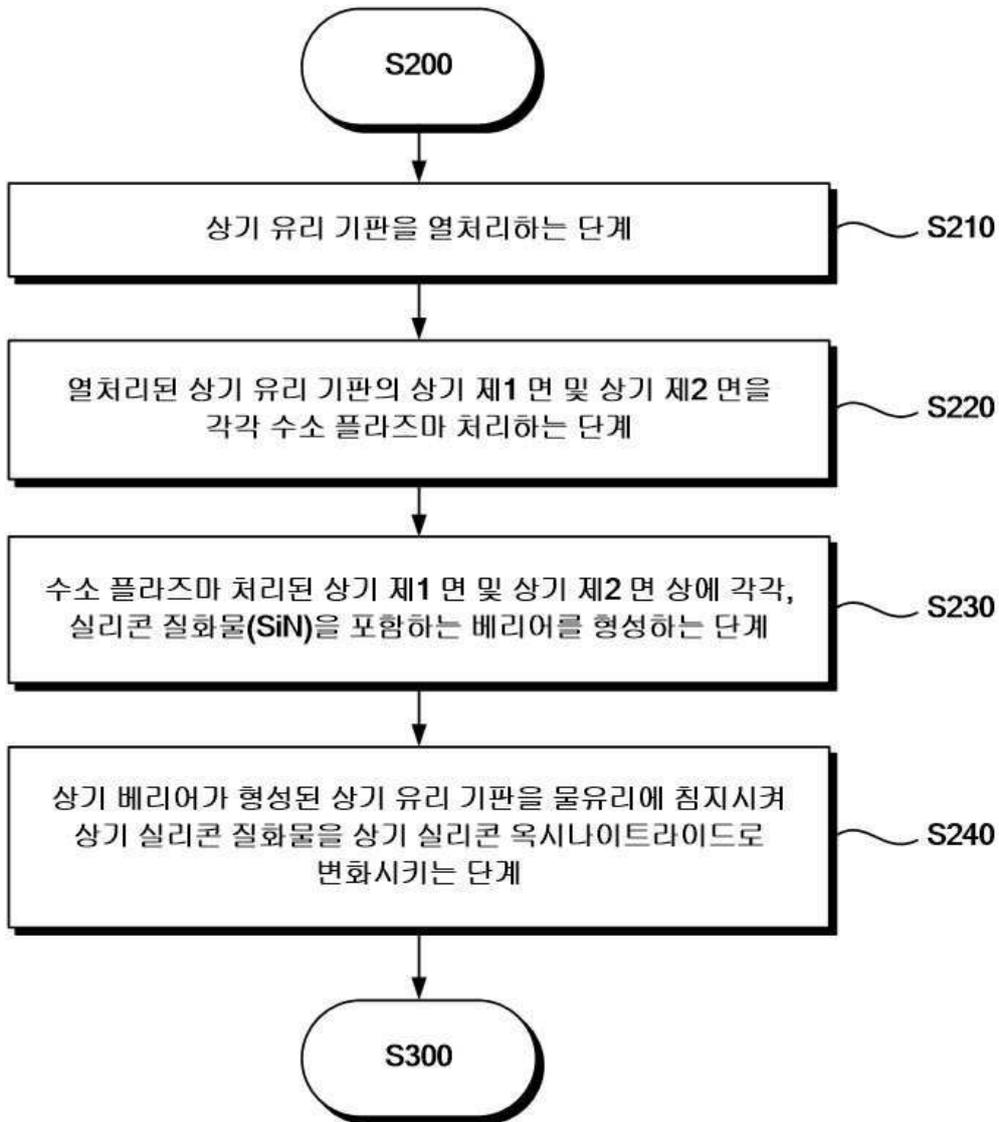
도면1



도면2



도면3

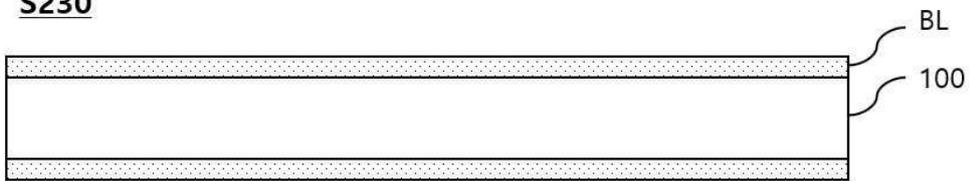


도면4

**S100**

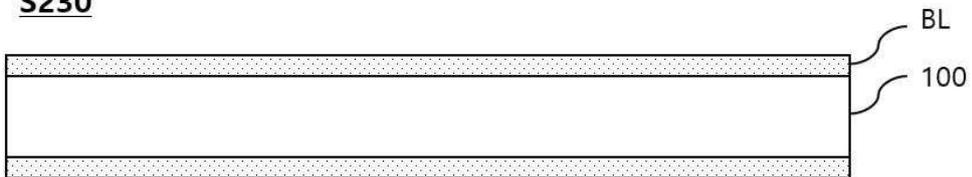


**S230**

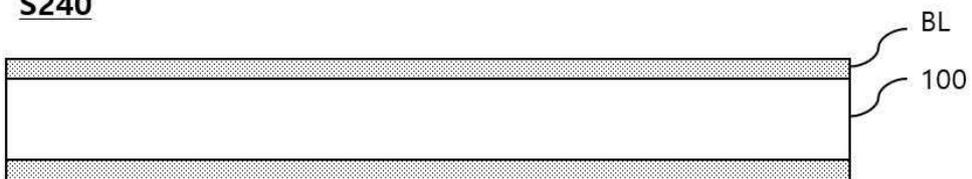


도면5

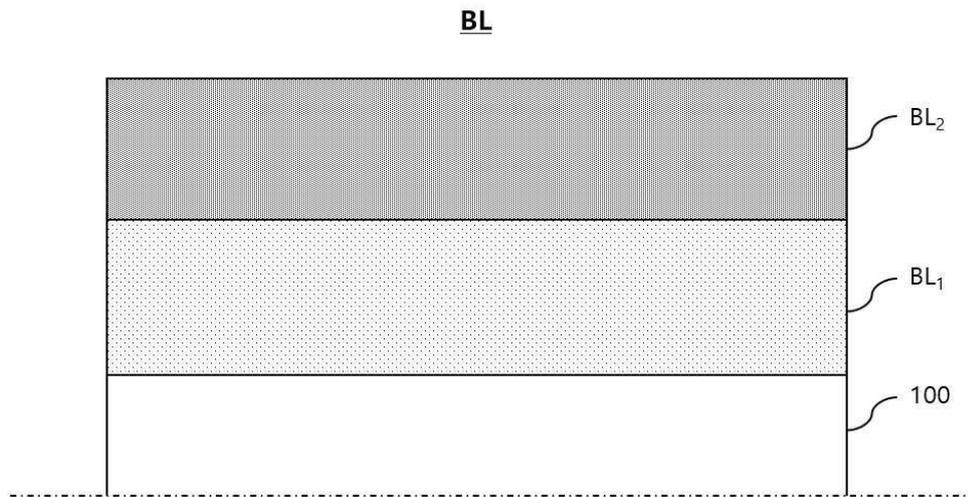
**S230**



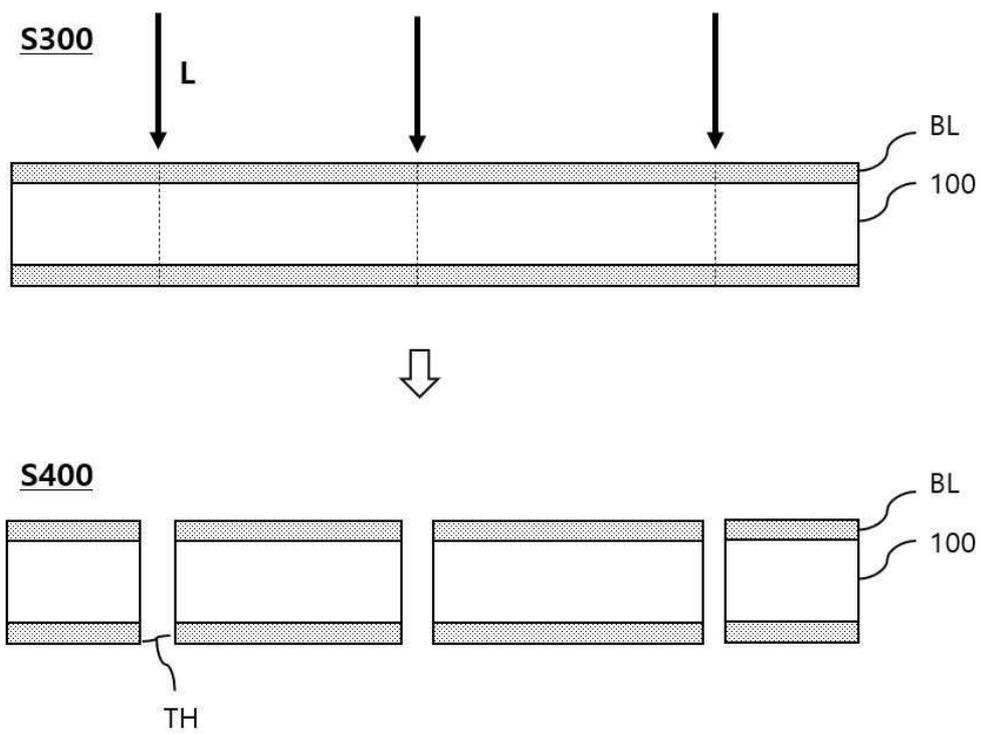
**S240**



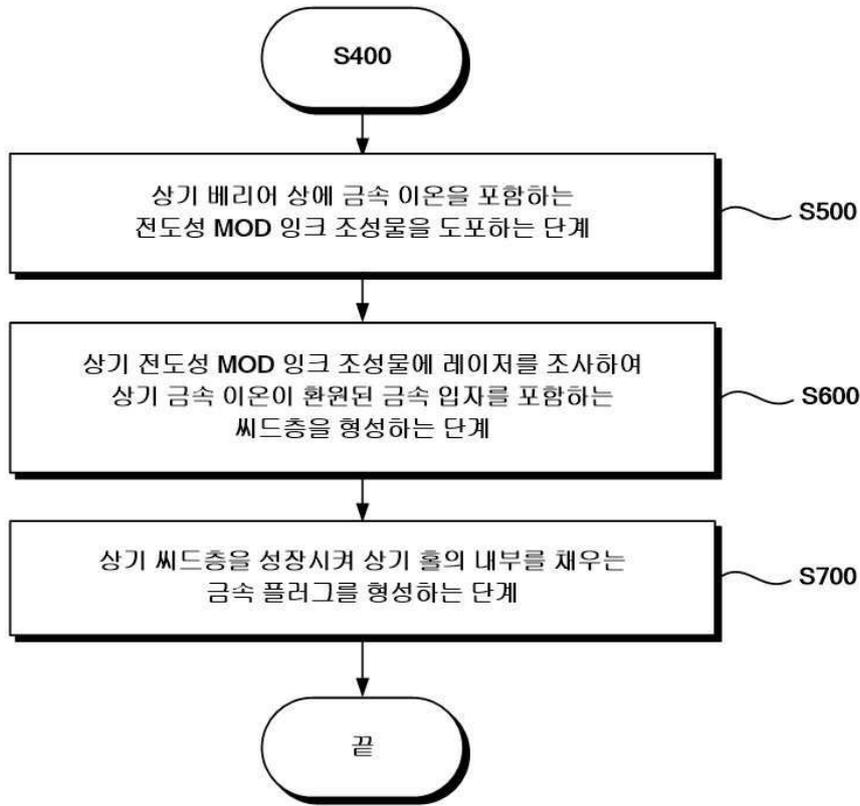
도면6



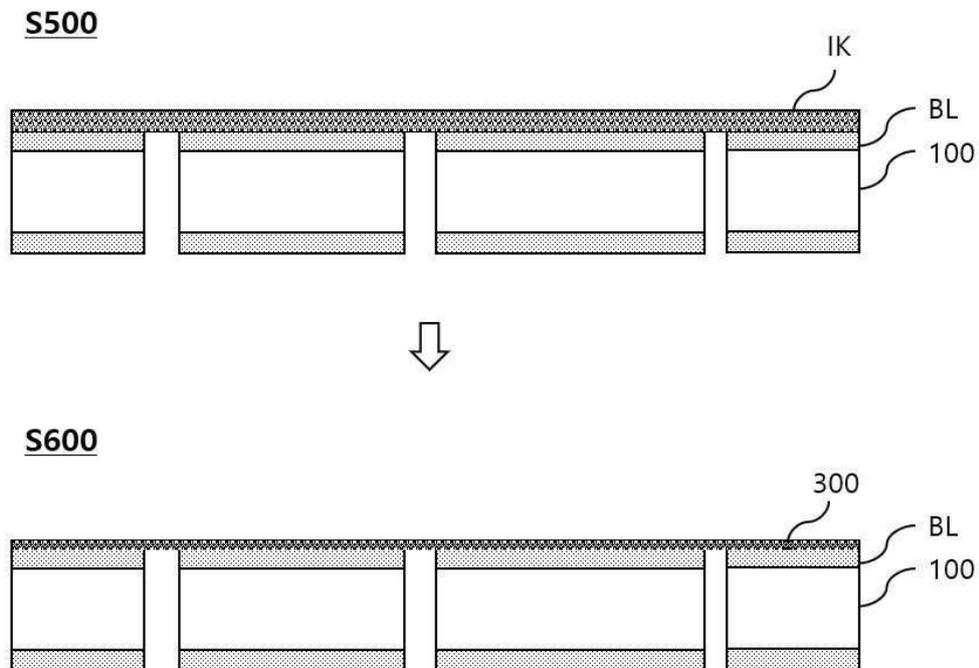
도면7



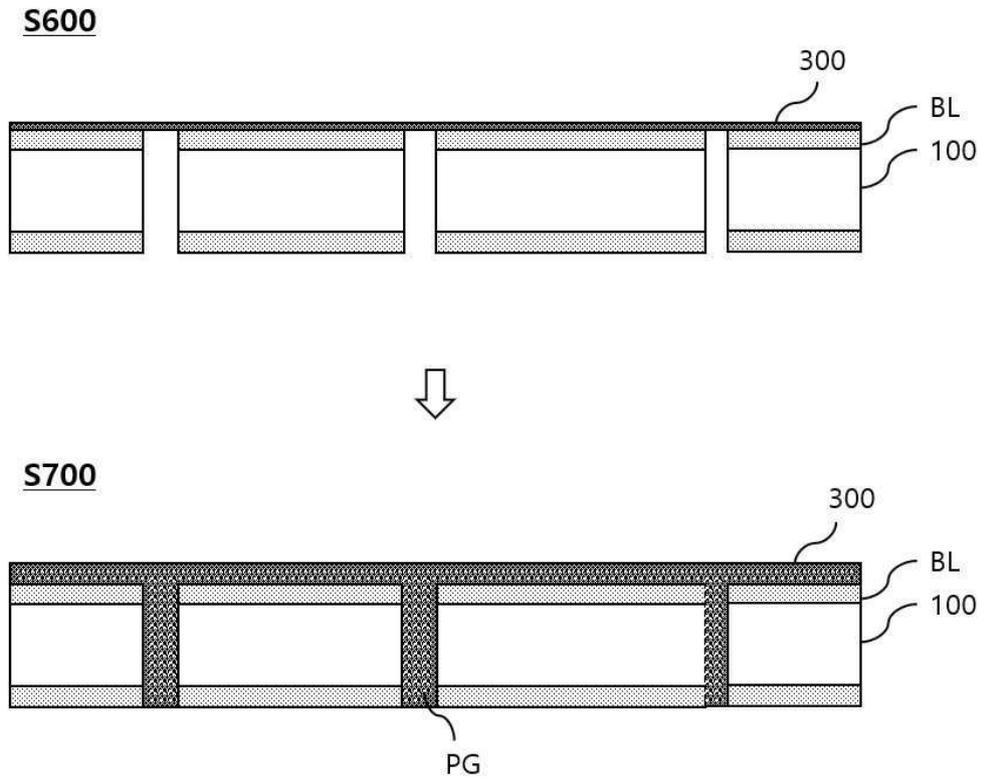
도면8



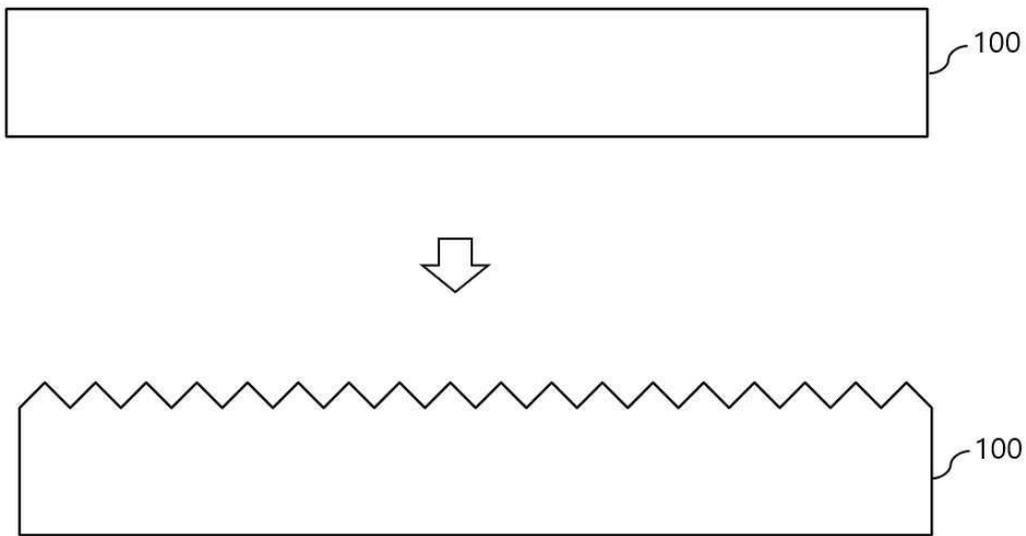
도면9



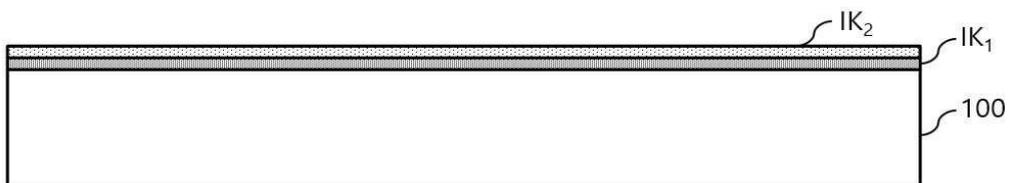
도면10



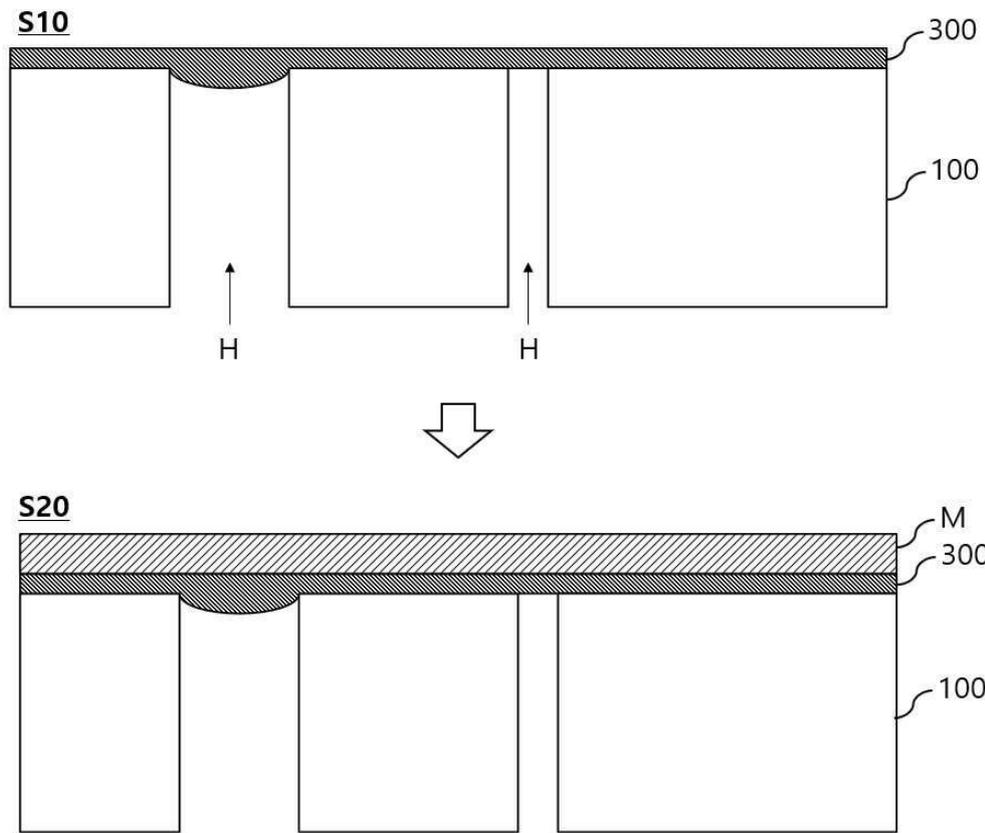
도면11



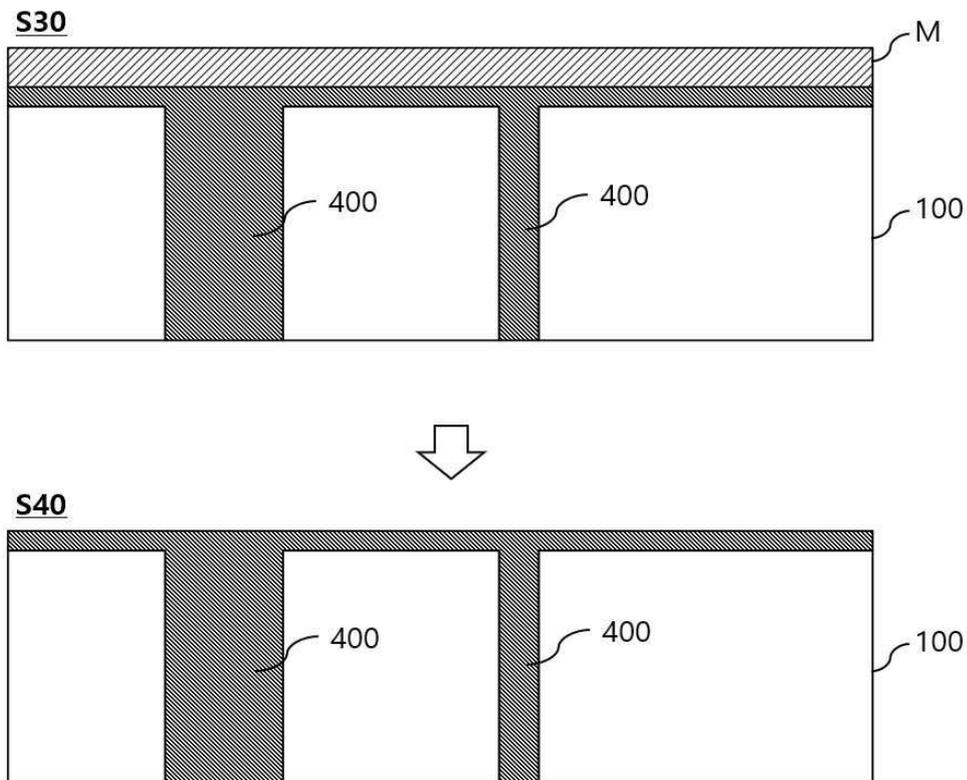
도면12



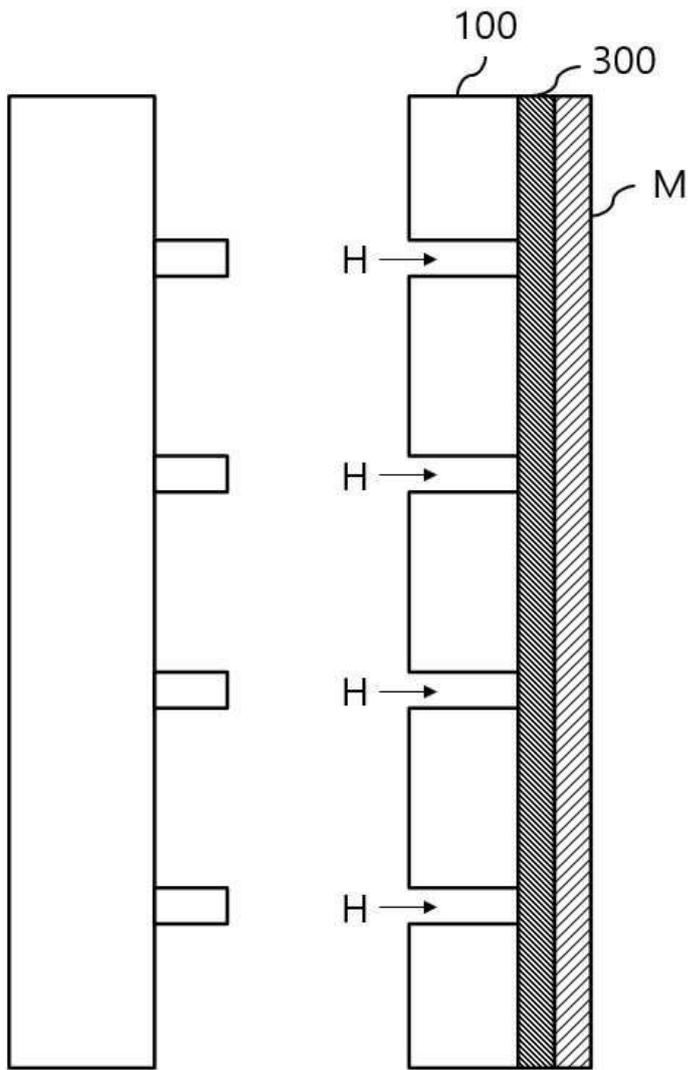
도면13



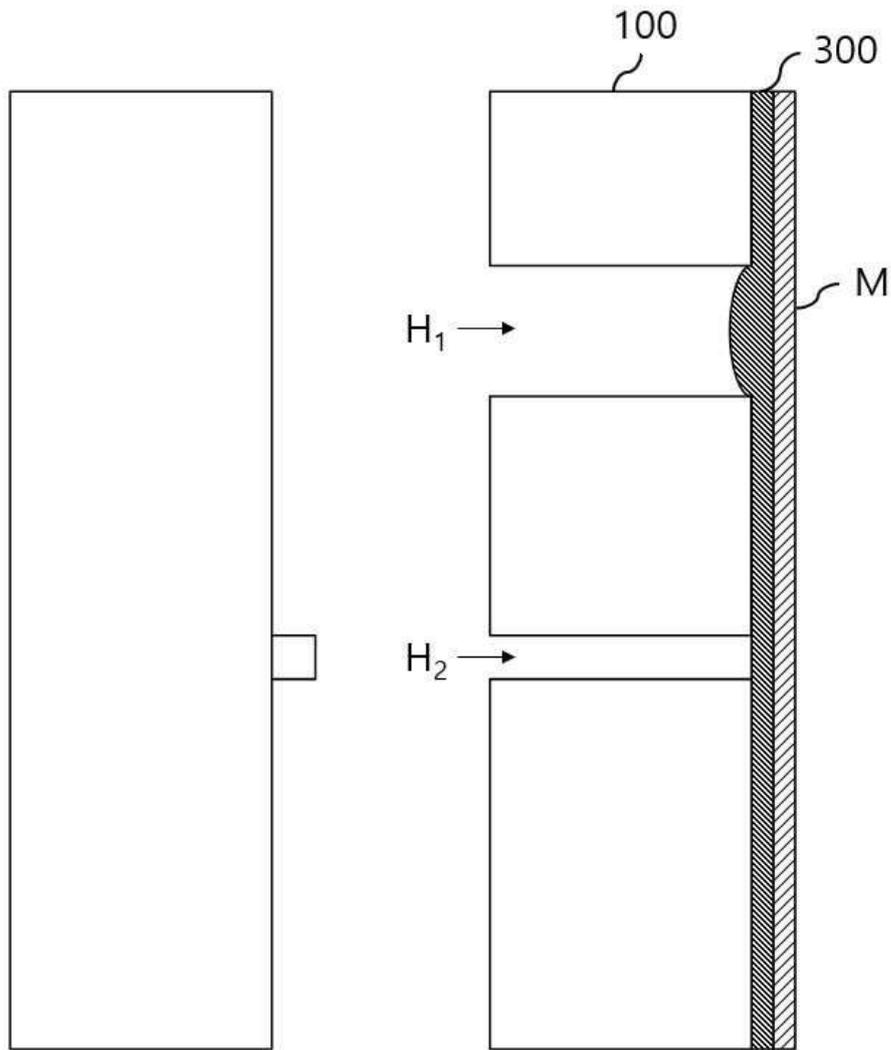
도면14



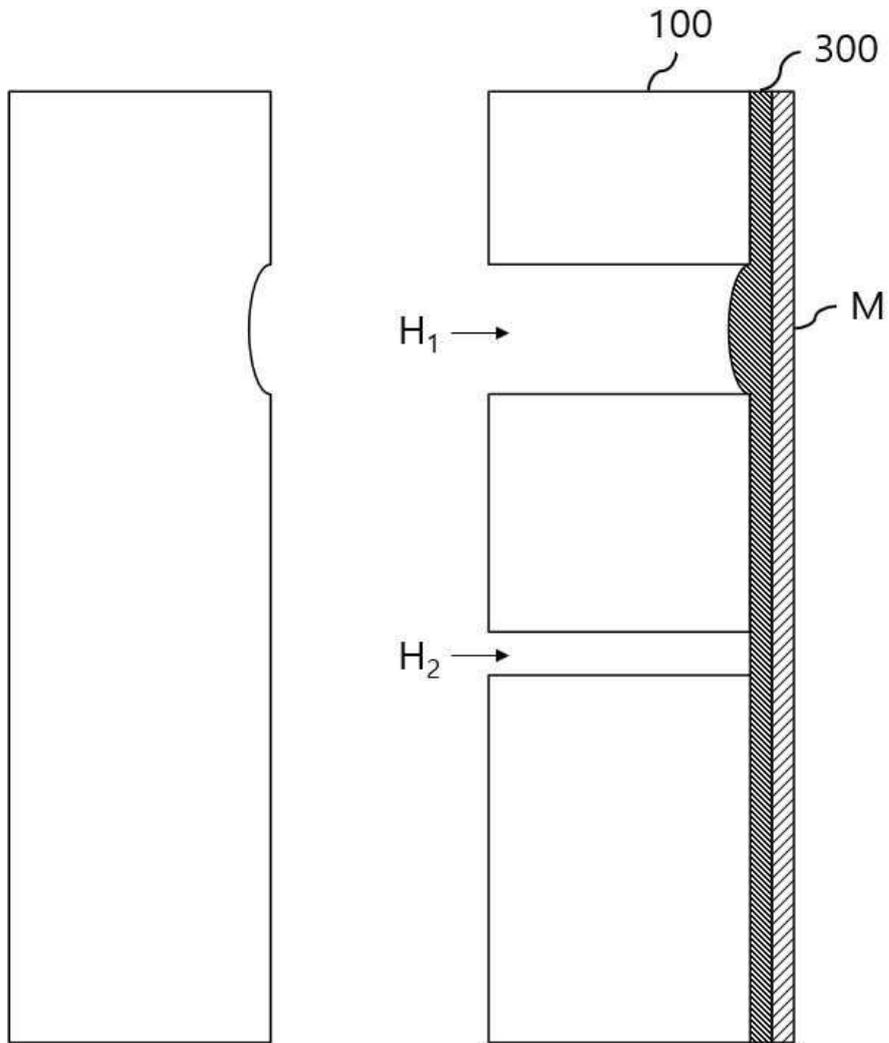
도면15



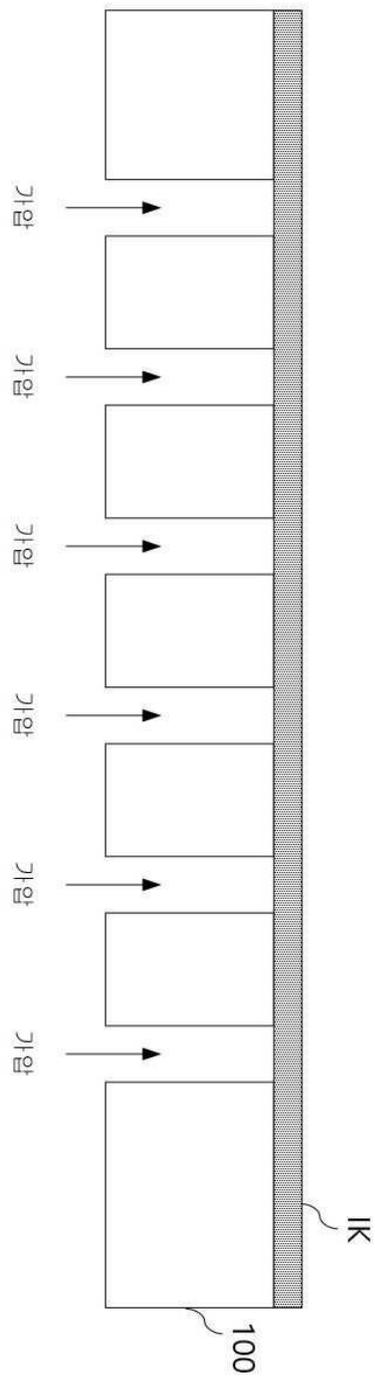
도면16



도면17

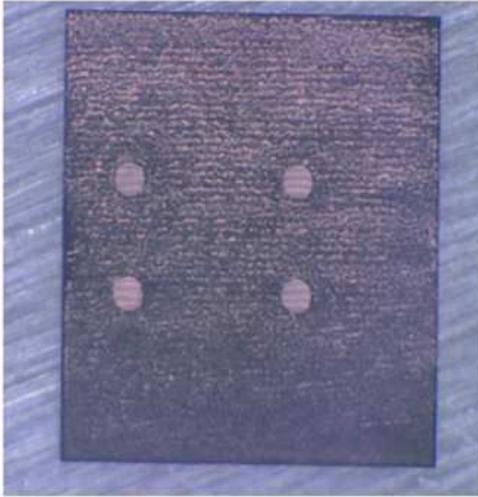


도면18

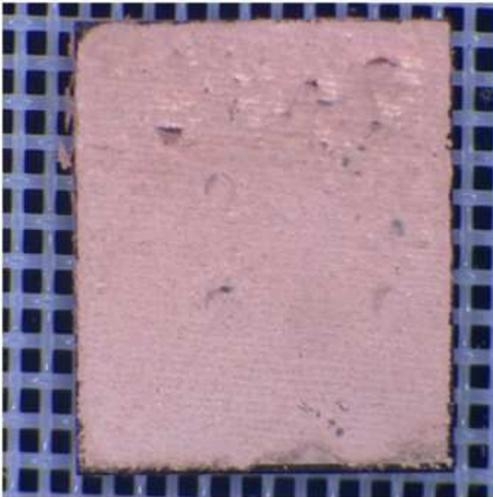


도면19

(a)



(b)



도면20

