



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0091917
(43) 공개일자 2013년08월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61N 1/04 (2006.01) *A61N 1/05* (2006.01)
A61N 1/36 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0013260

(22) 출원일자 2012년02월09일

심사청구일자 없음

(71) 출원인
광주과학기술원
광주광역시 북구 첨단과기로 123 (오룡동)

(72) 발명자
변동학
광주광역시 북구 첨단과기로 261(오룡동) 광주과학기술원 정보기전공학부
김소희
광주광역시 북구 첨단과기로 261(오룡동) 광주과학기술원 기전공학부

(74) 대리인
특허법인우인

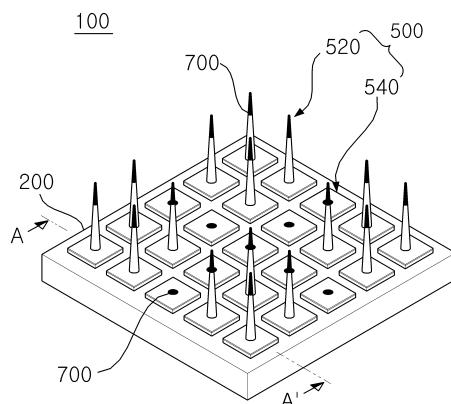
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 하이브리드형 미세전극 배열체 및 그것의 제조 방법

(57) 요 약

본 발명은 침습형과 비침습형의 두 가지 형태의 전극을 모두 가지는 하이브리드형 미세전극 배열체 및 그것의 제조 방법에 관한 것이다. 본 발명은 적어도 하나의 침습형 미세전극; 적어도 하나의 비침습형 미세전극; 및 상기 침습형 미세전극 및 상기 비침습형 미세전극을 지지하며, 상기 침습형 미세전극 및 상기 비침습형 미세전극을 전기적으로 절연시키는 절연성 지지체를 포함한다.

대 표 도 - 도1



이) 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 N07240

부처명 교육과학기술부

연구사업명 핵심연구(핵심기초)지원사업

연구과제명 생체적합성이 높은 유연하고 침습 가능한 미세신경전극 개발

주관기관 광주과학기술원

연구기간 2011.05.01 ~ 2012.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

적어도 하나의 침습형 미세전극;

적어도 하나의 비침습형 미세전극; 및

상기 침습형 미세전극 및 상기 비침습형 미세전극을 지지하며, 상기 침습형 미세전극 및 상기 비침습형 미세전극을 전기적으로 절연시키는 절연성 지지체를 포함하는 하이브리드형 미세전극 배열체.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 침습형 미세전극의 일단 및 상기 비침습형 미세전극의 일단에는 제2 금속층이 형성되는 하이브리드형 미세전극 배열체.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 침습형 미세전극의 타단 및 상기 비침습형 미세전극의 타단에는 제1 금속층이 형성되는 하이브리드형 미세전극 배열체.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 침습형 미세전극 및 상기 비침습형 미세전극의 표면에서 상기 제1 금속층 및 상기 제2 금속층이 형성되지 않은 부분 중 적어도 일부에는 보호막이 형성되는 하이브리드형 미세전극 배열체.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 절연성 지지체는 폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane)으로 이루어지는 하이브리드형 미세전극 배열체.

청구항 6

(a) 실리콘 웨이퍼를 준비하는 단계;

(b) 상기 실리콘 웨이퍼의 일면에 소정의 패턴의 홈을 형성하는 단계;

(c) 상기 실리콘 웨이퍼의 상기 일면에 제1 절연체를 접합하는 단계;

(d) 상기 홈과 상기 제1 절연체 사이의 공간에 제2 절연체를 주입하고 경화시키는 단계;

(e) 상기 제1 절연체를 제거하는 단계; 및

(f) 상기 실리콘 웨이퍼의 타면에 상기 제2 절연체에 의해 서로 전기적으로 절연되는 침습형 미세전극 및 비침습형 미세전극을 형성하는 단계

를 포함하는 하이브리드형 미세전극 배열체의 제조 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제1 절연체 및 상기 제2 절연체는 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane)인 하이브리드형 미세전극 배열체의 제조 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 홈은,

상기 실리콘 웨이퍼의 일면에 직선으로 형성되는 적어도 하나의 제1 홈; 및

상기 제1 홈에 수직하여 직선으로 형성되는 적어도 하나의 제2 홈을 포함하며, 격자 패턴으로 형성되는 하이브리드형 미세전극 배열체의 제조 방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 홈은 기계 가공하여 형성되는 하이브리드형 미세전극 배열체의 제조 방법.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 홈은 심도 반응성 이온 에칭(DRIE)에 의해 형성되는 하이브리드형 미세전극 배열체의 제조 방법.

청구항 11

제6항에 있어서,

상기 (c)단계는,

(c1) 상기 홈에 친수성 표면처리를 하는 단계;

(c2) 상기 실리콘 웨이퍼의 일면에 접합되는 상기 제1 절연체의 일면에 소수성 표면처리를 하는 단계; 및

(c3) 상기 실리콘 웨이퍼의 일면과 상기 제1 절연체의 일면을 접합하는 단계

를 포함하는 하이브리드형 미세전극 배열체의 제조 방법.

청구항 12

제6항에 있어서,

상기 (d)단계는,

(d1) 진공 챔버에서 상기 홈과 상기 제1 절연체 사이의 공간에 상기 제2 절연체를 주입하는 단계

를 포함하는 하이브리드형 미세전극 배열체의 제조 방법.

청구항 13

제6항에 있어서,

상기 (f)단계는,

(f1) 상기 실리콘 웨이퍼의 상기 타면에 실리콘 기둥을 형성하는 단계;

(f2) 상기 비침습형 미세전극이 형성될 부분에 위치한 상기 실리콘 기둥을 제거하는 단계;

(f3) 상기 절연성 지지체가 노출될 때까지 상기 실리콘 기둥들 사이의 홈의 바닥을 제거하는 단계; 및

(f4) 실리콘 기둥의 끝단을 뾰족하게 만드는 단계

를 포함하는 하이브리드형 미세전극 배열체의 제조 방법.

청구항 14

제6항에 있어서,

상기 (a)단계는,

상기 실리콘 웨이퍼의 일면에 제1 금속층을 적층하는 단계를 포함하는 하이브리드형 미세전극 배열체의 제조 방

법.

청구항 15

제6항에 있어서,

상기 하이브리드형 미세전극 배열체의 제조 방법은,

상기 (f)단계 이후에,

(g) 상기 침습형 미세전극의 끝단 및 상기 비침습형 미세전극 상면 일부에 제2 금속층을 형성하는 단계를 더 포함하는 하이브리드형 미세전극 배열체의 제조 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 하이브리드형 미세전극 배열체의 제조 방법은,

상기 (g)단계 이후에,

(h) 상기 제1 금속층 및 상기 제2 금속층이 형성되지 않은 상기 침습형 미세전극 및 상기 비침습형 미세전극의 나머지 부분에 보호막을 형성하는 단계를 더 포함하는 하이브리드형 미세전극 배열체의 제조 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 미세전극 배열체 및 그것의 제조 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 침습형과 비침습형의 두 가지 형태의 전극을 모두 가지는 하이브리드형 미세전극 배열체 및 그것의 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 두뇌와 신경 등 인체에 이식되는 종래의 전극은 크게 침습형과 비침습형으로 나뉘며, 이는 전극이 이식되는 부위의 생체조직에 대한 전극의 침습 유무에 따라 구분된다. 일반적으로 침습형 전극은 바늘형태로 이루어지고 그 끝단에 금속 전극이 위치하며, 비침습형은 평평한 폴리머 계열의 지지체 위에 용도에 맞게 금속 패드가 패터닝되어 있다. 침습형 전극의 경우 생체조직을 뚫고 들어가 단일 신경세포에 대한 전기 자극을 가하거나 신호를 추출하는 것을 목표로 하기 때문에 그 영향 또는 관심 범위가 매우 좁다. 그러나, 이와 반대로 비침습형 전극은 단일 신경세포를 목표로 하지 않으며, 전극이 위치한 표면 및 그 주위의 신경세포에 영향을 미치거나 관심을 갖는다.

[0003] 비침습형 전극의 사용은 수많은 신경세포를 그룹화 또는 영역화하여 연구 또는 치료 목적으로 사용하기는 유리하나, 고유의 기능을 지니고 있는 단일 신경세포에 대한 접근이 어렵다. 또한, 침습형 전극의 사용은 그 형태로 인해 목표 신경세포에 대한 접근은 용이하나 그 주위 영역에 영향을 미치거나 신호를 얻기 어렵다.

[0004] 따라서, 신경세포의 그룹과 단일 신경세포 사이의 전기적 상호작용에 대하여 알아 내기 위해서는 침습형과 비침습형의 두 가지 형태의 전극의 장점을 모두 가지는 전극 배열체가 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 전술한 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 침습형과 비침습형의 두 가지 형태의 전극을 모두 가지는 하이브리드형 미세전극 배열체 및 그것의 제조 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기와 같은 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은, 적어도 하나의 침습형 미세전극; 적어도 하나의 비침습형 미세전극; 및 상기 침습형 미세전극 및 상기 비침습형 미세전극을 지지하며, 상기 침습형 미세전극 및 상기 비침습형 미세전극을 전기적으로 절연시키는 절연성 지지체를 포함하는 하이브리드형 미세전극 배열체를 제공한다.

- [0007] 상기 침습형 미세전극의 일단 및 상기 비침습형 미세전극의 일단에는 제2 금속층이 형성되는 것이 바람직하다.
- [0008] 또한, 상기 침습형 미세전극의 타단 및 상기 비침습형 미세전극의 타단에는 제1 금속층이 형성되는 것이 바람직하다.
- [0009] 나아가, 상기 침습형 미세전극 및 상기 비침습형 미세전극의 표면에서 상기 제1 금속층 및 상기 제2 금속층이 형성되지 않은 부분 중 적어도 일부에는 절연성 물질로 전기적 및 화학적 보호막이 형성되는 것이 바람직하다.
- [0010] 또한, 상기 절연성 지지체는 폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane)으로 이루어지는 것이 바람직하다.
- [0011] 또한 본 발명은, (a) 실리콘 웨이퍼를 준비하는 단계; (b) 상기 실리콘 웨이퍼의 일면에 소정의 패턴의 홈을 형성하는 단계; (c) 상기 실리콘 웨이퍼의 상기 일면에 제1 절연체를 접합하는 단계; (d) 상기 홈과 상기 제1 절연체 사이의 공간에 제2 절연체를 주입하고 경화시키는 단계; (e) 상기 제1 절연체를 제거하는 단계; 및 (f) 상기 실리콘 웨이퍼의 타면에 상기 제2 절연체에 의해 서로 전기적으로 절연되는 침습형 미세전극 및 비침습형 미세전극을 형성하는 단계를 포함하는 하이브리드형 미세전극 배열체의 제조 방법을 제공한다.
- [0012] 상기 제1 절연체 및 상기 제2 절연체는 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane)인 것이 바람직하다.
- [0013] 또한, 상기 홈은, 상기 실리콘 웨이퍼의 일면에 직선으로 형성되는 적어도 하나의 제1 홈; 및 상기 제1 홈에 수직하며 직선으로 형성되는 적어도 하나의 제2 홈을 포함하며, 격자 패턴으로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0014] 상기 홈은 기계 가공하여 형성되거나 심도 반응성 이온 에칭(DRIE)에 의해 형성될 수 있다.
- [0015] 상기 (c)단계는, (c1) 상기 홈에 친수성 표면처리를 하는 단계; (c2) 상기 실리콘 웨이퍼의 일면에 접합되는 상기 제1 절연체의 일면에 소수성 표면처리를 하는 단계; 및 (c3) 상기 실리콘 웨이퍼의 일면과 상기 제1 절연체의 일면을 접합하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 (d)단계는, (d1) 진공 챔버에서 상기 홈과 상기 제1 절연체 사이의 공간에 상기 제2 절연체를 주입하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 (f)단계는, (f1) 상기 실리콘 웨이퍼의 상기 타면에 실리콘 기둥을 형성하는 단계; (f2) 상기 비침습형 미세전극이 형성될 부분에 위치한 상기 실리콘 기둥을 제거하는 단계; (f3) 상기 절연성 지지체가 노출될 때까지 상기 실리콘 기둥들 사이의 홈의 바닥을 제거하는 단계; 및 (f4) 실리콘 기둥의 끝단을 뾰족하게 만드는 단계를 포함할 수 있다.
- [0018] 또한, 상기 (a)단계는, 상기 실리콘 웨이퍼의 일면에 제1 금속층을 적층하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0019] 또한, 상기 하이브리드형 미세전극 배열체의 제조 방법은, 상기 (f)단계 이후에, (g) 상기 침습형 미세전극의 끝단 및 상기 비침습형 미세전극 상면 일부에 제2 금속층을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 하이브리드형 미세전극 배열체의 제조 방법은, 상기 (g)단계 이후에, (h) 상기 제1 금속층 및 상기 제2 금속층이 형성되지 않은 상기 침습형 미세전극 및 상기 비침습형 미세전극의 나머지 부분에 절연성 물질로 전기적 및 화학적 보호막을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0021] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 하나의 전극 배열체에 침습형과 비침습형의 두 가지 형태의 전극이 모두 구비되므로, 목표 신경세포에 대한 접근은 용이할 뿐만 아니라 수많은 신경세포를 그룹화 또는 영역화할 수 있어, 신경세포의 그룹과 단일 신경세포 사이의 전기적 상호작용에 대하여 쉽게 알 수 있는 효과가 있다.
- [0022] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 하나의 전극 배열체에 침습형과 비침습형의 두 가지 형태의 전극이 모두 구비되므로, 뇌 또는 신경과 같은 신체에 단일 신경세포 또는 최소 관심영역을 침습형 전극을 통하여 전기적 자극을 가함과 동시에 패드형 전극을 통해 ECoG와 같은 그 주변영역의 반응신호를 확인하거나, 그 반대로, 패드형 전극을 통해 뇌 또는 신경과 같은 신체의 특정 영역에 전기적 자극을 가함과 동시에 목표하는 단일 신경세포 또는 최소 신경세포 그룹의 반응신호를 침습형 전극을 통하여 확인 할 수 있는 효과가 있다.
- [0023] 본 발명의 일 실시예에 의한 전극 배열체는 하나의 전극 배열체에 침습형과 비침습형의 두 가지 형태의 전극이 모두 구비되는 다채널 전극이므로, 필요에 따라 침습형 전극과 비침습형 전극 중 하나의 타입을 선택하여 전기 자극을 가하거나 신호 추출을 할 수 있는 효과가 있다.
- [0024] 또한, 비침습형 전극의 경우 신체에 부착하기 위해서는 위치를 고정 할 수 있는 장치가 별도로 필요하나, 본 발

명의 일 실시예에 의하면, 전극 배열체의 절연성 지지체가 유연한 재질로 이루어지고 침습형 전극이 앵커(Anchor)와 같은 역할을 하기 때문에 편평한 신체부위뿐만 아니라 굽곡진 신체의 다양한 부위에 안정적으로 고정이 가능하며, 신체 부위에 고정 시 별도의 고정 장치를 필요로 하지 않는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 하이브리드형 미세전극 배열체의 사시도이다.

도 2는 도 1의 A-A'선의 단면도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 하이브리드형 미세전극 배열체의 제조 방법을 설명하기 위해 도시한 플로우 차트이다.

도 4a 내지 도 4m은 본 발명의 일 실시예에 따른 하이브리드형 미세전극 배열체의 제조 과정을 순차적으로 도시하는 도면이다.

도 5는 도 4g의 단면도이다.

도 6은 도 4i의 단면도이다.

도 7은 도 4j의 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 자세히 설명한다. 우선 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.

[0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 하이브리드형 미세전극 배열체의 사시도이고, 도 2는 도 1의 A-A'선의 단면도이다.

[0029] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 하이브리드형 미세전극 배열체(100)는 미세전극(500) 및 절연성 지지체(200)를 포함한다. 미세전극(500)은 적어도 하나의 침습형 미세전극(520) 및 적어도 하나의 비침습형 미세전극(540)을 포함한다. 침습형 미세전극(520)과 비침습형 미세전극(540)은 일단으로부터 타단까지 전기 신호를 전달할 수 있는 구조이며, 각각의 침습형 미세전극(520)과 비침습형 미세전극(540)은 절연성 지지체(200)에 의해 전기적으로 절연된다. 미세전극(500)은 실리콘 재질로 이루어져 외부로부터의 전기신호 인가에 따라 신체의 특정 부위로 적절한 자극을 주거나 신체로부터 발생되는 신호를 감지 할 수 있도록 형성된다.

[0030] 침습형 미세전극(520)은 비침습형 미세전극(540)보다 높이가 높으며, 선단이 뾰족한 형상 즉, 바늘(needle)형상으로 형성된다. 침습형 미세전극(520)은 선단을 포함한 적어도 일부가 신체 부위에 삽입된다. 침습형 미세전극(520)의 선단 부분에는 제2 금속층(700)이 형성된다. 제2 금속층(700)은 침습형 미세전극(520)의 단자 역할을 한다.

[0031] 비침습형 미세전극(540)은 편평한 플레이트 형상으로 형성된다. 비침습형 미세전극(540)은 침습형 미세전극(520)과는 달리 신체 부위에 침습되지 않으며, 피부 표면에 접촉하여 전기 자극을 가하거나 신호를 추출한다. 비침습형 미세전극(540)의 상면 일부에는 비침습형 미세전극(540)의 단자 역할을 하는 제2 금속층(700)이 형성된다.

[0032] 침습형 미세전극(520)의 선단 반대쪽 면 및 비침습형 미세전극(540)의 하면에는 각각 제1 금속층(600)이 형성된다. 제1 금속층(600)은 미세전극(500)을 외부 장치와 전기적으로 연결시키기 위한 단자 역할을 한다.

[0033] 또한, 제1 금속층(600) 및 제2 금속층(700)이 형성된 부분을 제외한 미세전극(520)의 나머지 부분에는 보호막(800)이 형성된다. 보호막(800)은 절연성 물질로 이루어지며, 미세전극(520)의 표면을 외부로부터 전기적 및 화학적으로 보호한다. 미세전극(500)에 보호막(800)이 형성됨으로써 미세전극(500)의 전기적 특성이 유지될 수 있으며, 미세전극(500)을 외부 환경으로부터 보호할 수 있다. 그 뿐만 아니라, 보호막(800)이 형성됨으로써 미세전극(500)을 통해 인가되는 전기 신호를 제2 금속층(700)을 통해서만 신체 부위에 전달할 수 있다.

- [0034] 절연성 지지체(200)는 미세전극(500)들을 지지하여 미세전극(500)들이 절연성 지지체(200)로부터 이탈되거나 위치된 배열에서 벗어나는 것을 방지한다. 또한, 절연성 지지체(200)는 각각의 미세전극(500)들이 서로 전기적으로 연결되지 않도록 전기적으로 절연시킨다. 특히, 절연성 지지체(200)는 유연성을 갖는 재질(flexible material)로 형성됨으로써, 본 발명에 따른 하이브리드형 미세전극 배열체(100)는 별도의 밴드(band) 또는 커프(cuff)들의 도움 없이도 굴곡진 신체 부위에 안정적으로 고정될 수 있다. 상술한 유연성 재질의 절연성 지지체(200)는 폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane, PDMS)으로 형성되는 것이 바람직한데, 그 이유는 PDMS는 투명한 비활성의 고분자로서 표면에너지가 매우 낮고 형태의 변화가 용이하며, 소수성을 가지는 물질로서 상대적으로 넓은 기관 영역에 안정적으로 접착되고, 이는 평탄하지 않은 표면에 대해서도 동일하게 만족하며, 또한 PDMS는 내구성이 매우 강해 오랜 시간이 경과하더라도 성질의 열화(degradation)가 일어나지 않으므로, 인체 적합성이 높아 신체에 대해 장기간 또는 반영구적으로 사용하는 것이 가능하기 때문이다.
- [0035] 이하에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 하이브리드형 미세전극 배열체를 제조하기 위한 실시예에 대하여 설명한다.
- [0036] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 하이브리드형 미세전극 배열체의 제조 방법을 설명하기 위해 도시한 플로우 차트이고, 도 4a 내지 도 4m은 본 발명의 일 실시예에 따른 하이브리드형 미세전극 배열체의 제조 과정을 순차적으로 도시하는 도면이며, 도 5 내지 도 7은 각각 도 4g, 도 4i, 도 4j의 단면도이다.
- [0037] 이하의 설명에서 사용되는 '상면' 및 '하면'은 설명의 편의를 위해 도 4a에 도시된 실리콘 웨이퍼(300)를 기준으로 설정된 것이며, 본 발명에 있어서, '상면'은 실리콘 웨이퍼(300)의 임의의 한 면이 될 수 있고, 하면은 그 임의의 한 면과 마주하는 면이 될 수 있다.
- [0038] 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 하이브리드형 미세전극 배열체 제조 방법의 일 실시예는, 실리콘 웨이퍼를 준비하는 단계(S10), 실리콘 웨이퍼에 홈을 형성하는 단계(S20), 실리콘 웨이퍼의 상면에 제1 절연체를 접합하는 단계(S30), 홈에 제2 절연체를 주입하고 경화하는 단계(S40), 제1 절연체를 제거하는 단계(S50), 실리콘 웨이퍼의 하면에 침습형 미세전극 및 비침습형 미세전극 형성하는 단계(S60), 침습형 미세전극 및 비침습형 미세전극에 금속층을 형성하는 단계(S70), 침습형 미세전극 및 비침습형 미세전극에 보호막을 형성하는 단계(S80)를 포함한다.
- [0039] 이하에서는, 상술한 하이브리드형 미세전극 배열체 제조 방법의 상기 실시예에 대해 자세히 설명한다.
- [0040] 본 발명의 일 실시예에 따른 하이브리드형 미세전극 배열체(100)를 제조하기 위해서는 먼저 실리콘 웨이퍼(300)를 준비한다(도 4a 참조). 실리콘 웨이퍼(300)는 직육면체 형상으로서 소정의 면적을 가진다. 실리콘 웨이퍼(300)의 형상은 도시된 실시예에 한정되는 아니나, 상면 및 하면은 평탄하게 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 실리콘 웨이퍼(300)의 상면 및 하면은 매끈하게 폴리싱되는 것이 바람직하며, 실리콘 웨이퍼(300)는 전기 전도성이 좋은 것이 바람직하다.
- [0041] 그 후, 해당 실리콘 웨이퍼(300)의 상면에 소정의 패턴으로 홈(310)을 형성한다(도 4b 및 도 4c 참조). 실리콘 웨이퍼(300)에 홈(310)을 형성하기 위한 방법으로서, 실리콘 웨이퍼(300)의 상면에 적어도 하나의 제1 홈(312)을 직선으로 가공하고(도 4b 참조), 제1 홈(312)에 수직하는 적어도 하나의 제2 홈(314)을 직선으로 가공한다(도 4c 참조). 그 결과, 실리콘 웨이퍼(300)의 상면에서는 격자 패턴의 홈(310)이 형성된다. 이 때, 상기 홈(310)의 가공에는 다이아몬드 블레이드와 같은 공구를 이용하여 기계가공하는 것이 가능하나, 공지된 다른 기술에 의해 홈(310)을 형성하는 것도 무방함을 물론이다. 실리콘 웨이퍼(300)의 상면에 홈(310)을 형성하기 위한 다른 방법으로서, DRIE(Deep Reactive Ion Etching, 심도 반응성 이온 에칭) 기법이 이용될 수 있다. DRIE 기법을 이용하여 실리콘 웨이퍼(300)에 홈(310)을 형성할 경우 홈(310)의 표면 거칠기를 조절할 수 있기 때문에 후술할 홈(310)에 대한 표면처리를 별도로 하지 않아도 된다는 장점이 있다.
- [0042] 한편, 실리콘 웨이퍼(300)의 상면에 홈(310)을 형성하기에 앞서 실리콘 웨이퍼(300)의 상면에 전도성이 좋은 제1 금속층(600)이 적층될 수 있다. 제1 금속층(600)은 미세전극(500)을 외부 장치와 전기적으로 연결시키기 위한 단자 역할을 한다. 제1 금속층(600)은 하이브리드형 미세전극 배열체의 제조 공정 중 언제라도 수행될 수 있으나, 실리콘 웨이퍼(300)의 상면에 홈(310)을 형성하기 전에 실리콘 웨이퍼(300)의 상면에 제1 금속층(600)을 형성할 경우 제1 금속층(600)을 별도로 패터닝할 필요가 없는 장점이 있다. 다시 말해, 실리콘 웨이퍼(300)의 상면에 홈(310)을 형성한 후 제1 금속층(600)을 형성시킬 경우에는 실리콘 웨이퍼(300)의 상면 중 홈(310)이 형성된 부분을 제외한 나머지 부분에만 제1 금속층(600)이 형성될 수 있도록 하는 패터닝이 필요하다. 제1 금속층(600)의 증착은, 예컨대 E-beam evaporator, 스퍼터(sputter)에 의해 이루어질 수 있다.

- [0043] 다음으로, 흄(310)이 가공된 실리콘 웨이퍼(300)의 상면에 경화된 제1 절연체(400)를 접합한다(도 4d 참조). 여기서, 경화된 제1 절연체(400)는 편평한 플레이트 형상으로 형성된 절연체로서 실리콘 웨이퍼(300)의 상면에 일시적으로 부착된 후 제거되는 흄(310)을 덮는 덮개(lid)의 기능을 한다. 또한, 제1 절연체(400)의 재질은 PDMS로 형성하는 것이 바람직한데, 이는 PDMS에 표면개질을 시행하면 접착력을 조절할 수 있어 제1 절연체(400)의 접합 및 분리를 용이하게 시행할 수 있기 때문이다. 이에 관한 보다 상세한 설명은 후술한다.
- [0044] 그 후, 제1 절연체(400) 및 실리콘 웨이퍼(300)에 의해 생성되는 빈 공간(이하에서는 '채널(330)'이라 함)에 제2 절연체(200)를 주입하고 경화한다(도 4e 참조). 채널(330)은 실리콘 웨이퍼(300)의 상면에 형성된 흄(310)이 제1 절연체(400)에 의해 덮힘으로써 생성된 공간이다. 또한, 제2 절연체(200)는 액상의 절연체로서 상기 채널(330)에 충전되는 물질이다. 이 때, 제2 절연체(200)를 상기 채널(330)에 주입하는 공정은 진공챔버에서 시행되는 것이 바람직한데, 이는 제2 절연체(200)가 채널(330)에 빈틈없이 밀착하여 주입되도록 진공조건을 설정해 주는 것이 유리하기 때문이다. 또한, 제2 절연체(200)의 재질은 상기 제1 절연체(400)에서 설명된 이유와 같은 이유에서 PDMS인 것이 바람직하다. 따라서, 제1 절연체(400)와 제2 절연체(200)는 모두 PDMS로 이루어질 수 있다. 나아가, 제1 절연체(400)에는 적절한 표면처리가 되는 것이 바람직한데, 이하에서는 표면처리에 대하여 설명한다.
- [0045] 실리콘 웨이퍼(300)의 상면에 형성된 흄(310)에는 친수성 표면처리를 하며, 제1 절연체(400)의 표면, 특히 실리콘 웨이퍼(300)의 상면에 접합되는 면의 표면에는 소수성 표면처리를 한다. 상술한 바와 같이, 제1 절연체(400)는 실리콘 웨이퍼(300)의 상면에 일시적으로 부착된 후 제거되어야 하므로, 제1 절연체(400)에 대해 소수성 표면처리를 하는 것은 부착된 제1 절연체(400)를 제거할 때 실리콘 웨이퍼(300)의 상면 및 제2 절연체(200)로부터 쉽게 분리될 수 있도록 하기 위함이다. 한편, 흄(310)에 대한 친수성 표면처리는, 실리콘 웨이퍼(300)의 상면에 형성된 흄(310)에 의해 형성된 실리콘 기둥의 접착력을 향상시켜 채널(330)에 주입되어 경화되는 제2 절연체(200)가 실리콘 기둥들과 완전히 접착되도록 하기 위함이다.
- [0046] 다음으로는, 제1 절연체(400)를 실리콘 웨이퍼(300)로부터 분리시킨다(도 4f 참조).
- [0047] 그 후, 실리콘 웨이퍼(300)의 하면에 제2 절연체(200)에 의해 전기적으로 분리되는 침습형 미세전극(520) 및 비침습형 미세전극(540)을 형성한다. 여기서, 실리콘 웨이퍼(300)에 제2 절연체(200)에 의해 전기적으로 격리되는 침습형 미세전극(520) 및 비침습형 미세전극(540)을 형성하는 방법은, 먼저, 실리콘 웨이퍼(300)의 하면에 다이아몬드 블레이드를 이용하여 격자 패턴으로 흄(320)을 형성하여 실리콘 기둥(340)을 형성하고(도 4g, 도 4h, 도 5 및 도 6 참조), 추가적으로, 비침습형 미세전극(540)이 형성될 부분에 위치한 실리콘 기둥(340)을 제거한다(도 4i 참조). 이 때, 실리콘 웨이퍼(300)의 하면에 형성되는 흄(320)은 실리콘 웨이퍼(300)의 상면에 형성되는 흄(310)과 동일한 위치에 동일한 패턴으로 형성된다. 또한, 흄(320)을 가공할 때 실리콘 웨이퍼(300)의 반대측면에 충전된 제2 절연체(200)가 노출되지 않을 정도로 흄(320)의 가공 깊이를 조절한다. 실리콘 웨이퍼(300)에 흄(320)을 형성함으로써 실리콘 웨이퍼(300)의 하면에는 실리콘 기둥(shank)(340)이 형성된다. 실리콘 기둥(340)의 제거는 흄(320)을 모두 가공한 후 수행되거나, 흄(320)을 가공하는 동안 함께 수행될 수 있다. 그 후, 절연성 지지체(200)가 노출될 때까지 실리콘 기둥(340)들 사이의 흄(320)의 바닥을 제거한다(도 4j 및 도 7 참조). 실리콘 기둥(340)들 사이에 연결된 실리콘이 제거됨으로써 비침습형 미세전극(540)으로 이용되는 실리콘 패드(pad)(360)가 형성되며, 각각의 실리콘 기둥(340) 및 실리콘 패드(360)들은 전기적으로 절연되고, 각 실리콘 기둥(340) 및 실리콘 패드(360)들은 독립적인 전도체가 된다. 그 후, 실리콘 기둥(340)을 식각하여 실리콘 기둥(340)의 끝단을 뾰족하게 만든다(도 4k 참조). 실리콘 기둥(340)의 끝단을 뾰족하게 만들기 위해서는, 예컨대 등방성 습식 식각이 이용될 수 있다. 실리콘 기둥(340)의 끝단을 뾰족하게 만든으로써 침습형 미세전극(520)으로 이용되는 마이크로 니들(micro needle)이 형성된다. 상기에서는, 도 4h 내지 도 4k에 도시된 바와 같이, 흄(320)의 바닥을 가공하여 절연성 지지체(200)를 노출시킴으로써 실리콘 기둥(340) 및 실리콘 패드(360)들을 전기적으로 분리시킨 후에 실리콘 기둥(340)을 식각하여 뾰족하게 만드는 것으로 도시하였으나, 먼저 실리콘 기둥(340)을 식각하여 뾰족하게 만든 후 흄(310)의 바닥을 가공하여 실리콘 기둥(340) 및 실리콘 패드(360)들을 전기적으로 분리시키는 순서로 가공하는 것도 가능하다. 그러나, 실리콘 웨이퍼(300)의 하면에 흄(320)을 형성하는 공정과 흄(320)의 바닥을 가공하는 공정은 동일한 가공 장치에서 수행될 수 있는 공정이기 때문에, 실리콘 웨이퍼(300)의 하면에 흄(320)을 형성한 후 식각 공정을 거친 후에 다시 흄(310)의 바닥을 가공하는 것보다는 실리콘 웨이퍼(300)의 하면에 흄(320)을 형성하고 이어서 흄(310)의 바닥을 가공한 후에 식각 공정을 수행하는 것이 더욱 효율적이다.
- [0048] 다음으로, 뾰족하게 가공된 실리콘 기둥(340)의 끝단 및 비침습형 미세전극(540)의 상면 일부에 제2 금속층(700)을 형성한다(도 4l 참조). 이 때, 제2 금속층(700)은 중착 마스크를 이용하여 원하는 부위에만 박막 형태로

증착될 수 있다. 제2 금속층(700)은 전기적 신호를 인가하고 신체로부터 발생되는 신호를 감지하는 미세전극(500)의 단자 역할을 한다.

[0049] 이후, 실리콘 기둥(340) 및 실리콘 패드(360)의 제2 금속층(700)이 형성된 부분을 제외한 나머지 부분에 보호막(passivation layer)(800)을 형성한다(도 4m 참조). 미세전극(500)에 보호막(800)이 형성됨으로써 미세전극(500)을 통해 인가되는 전기 신호를 제2 금속층(700)을 통해서만 신체 부위에 전달할 수 있다. 실리콘 기둥(340) 및 실리콘 패드(360)는 전도성이 높은 물질로 이루어지기 때문에 보호막(800)이 구비되지 않을 경우 실리콘 기둥(340) 및 실리콘 패드(360)의 전체 면적을 통해 전기 신호가 인가되거나 검출된다. 또한, 미세전극(500)에 보호막(800)이 형성됨으로써 미세전극(500)의 전기적 특성이 유지될 수 있으며, 미세전극(500)을 외부 환경으로부터 보호할 수 있다.

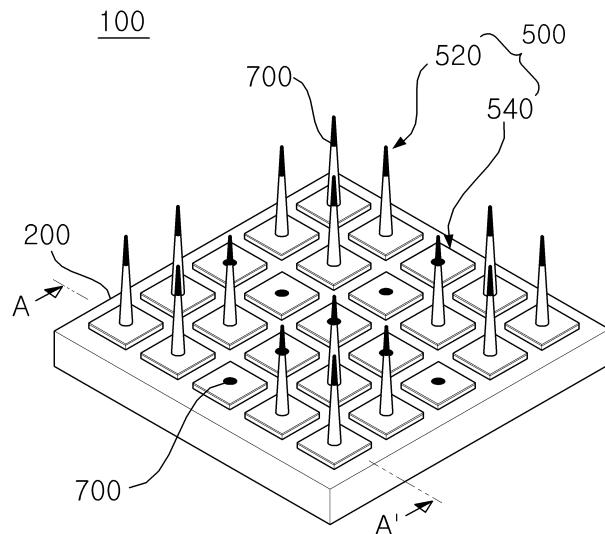
[0050] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정, 변경 및 치환이 가능할 것이다. 따라서 본 발명에 개시된 실시예는 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

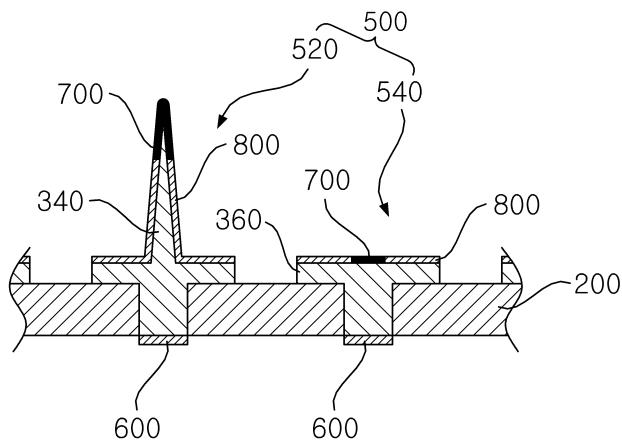
100: 미세전극 배열체	200: 절연성 지지체
300: 실리콘 웨이퍼	400: 제1 절연체
500: 미세전극	520: 침습형 미세전극
540: 비침습형 미세전극	600: 제1 금속층
700: 제2 금속층	800: 보호막

도면

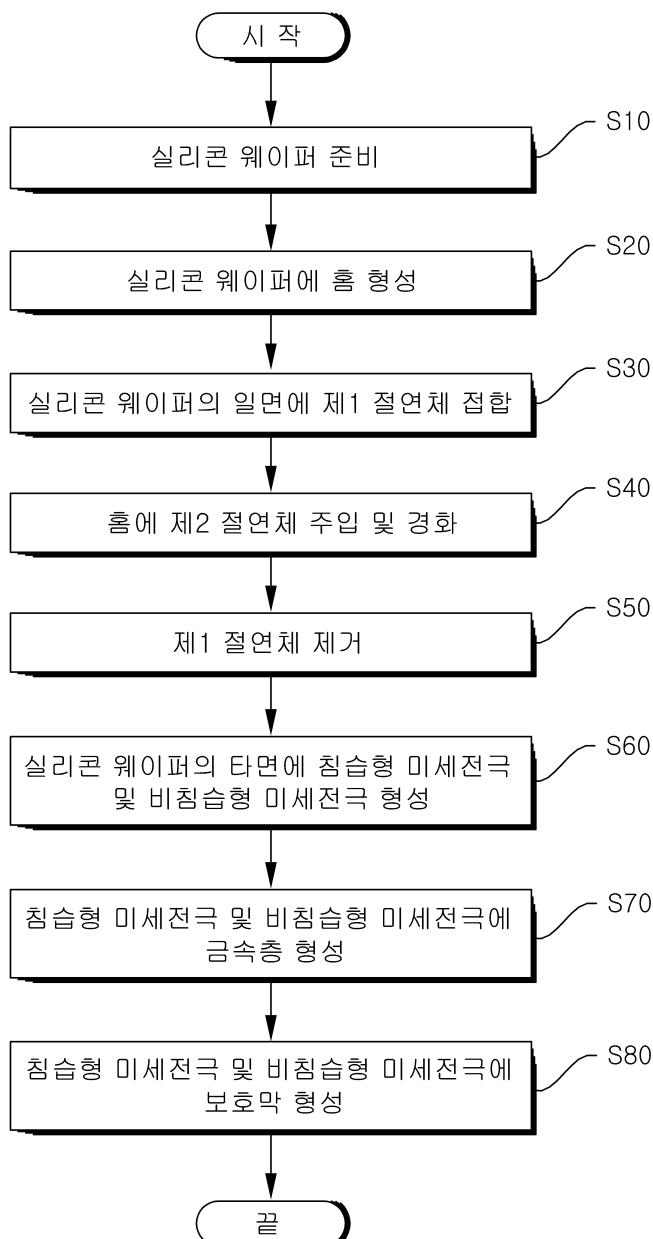
도면1



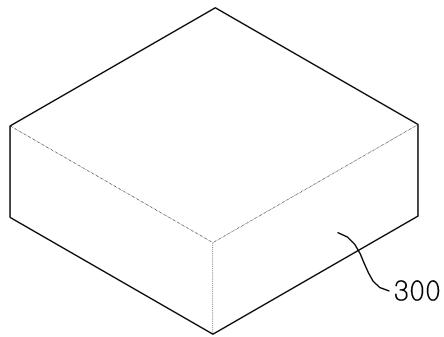
도면2



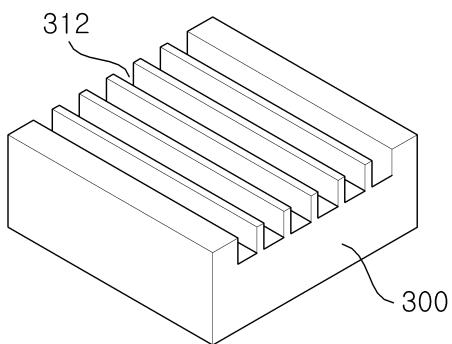
도면3



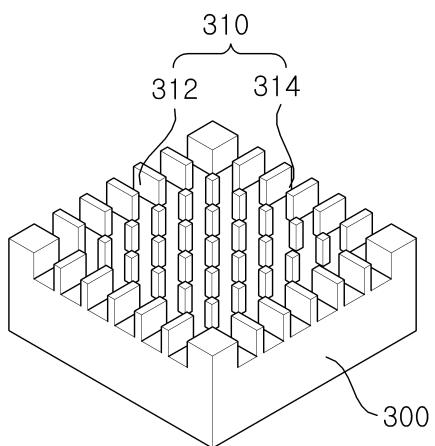
도면4a



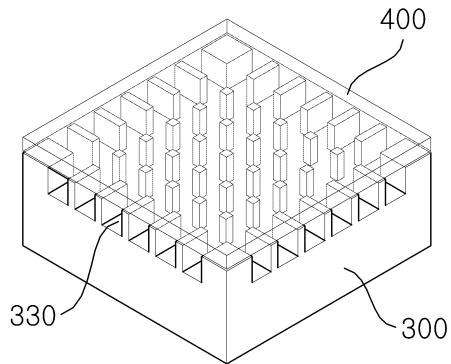
도면4b



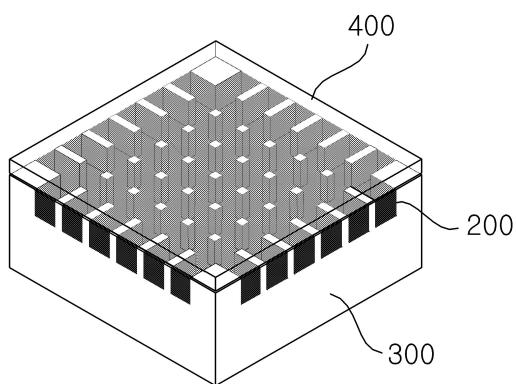
도면4c



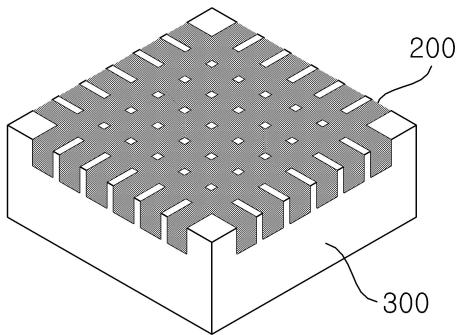
도면4d



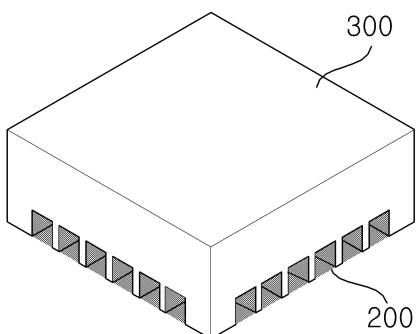
도면4e



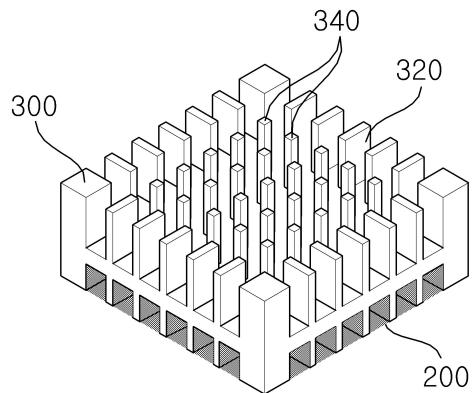
도면4f



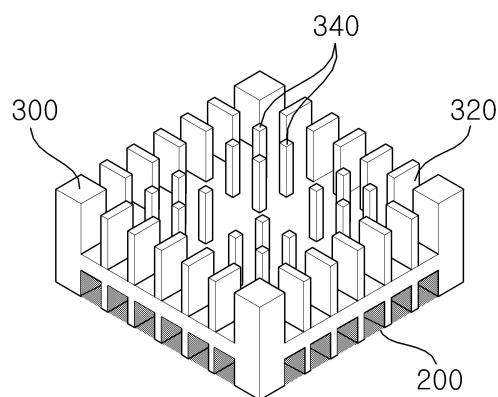
도면4g



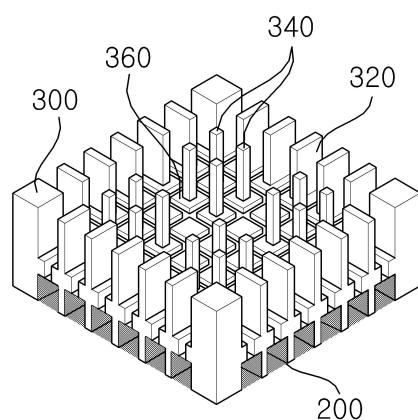
도면4h



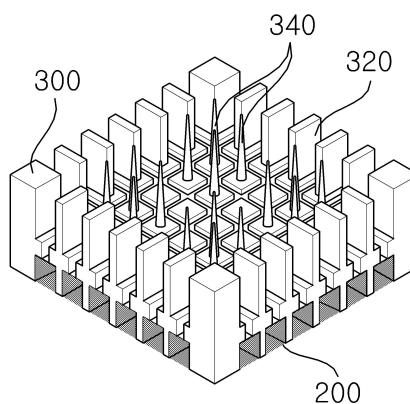
도면4i



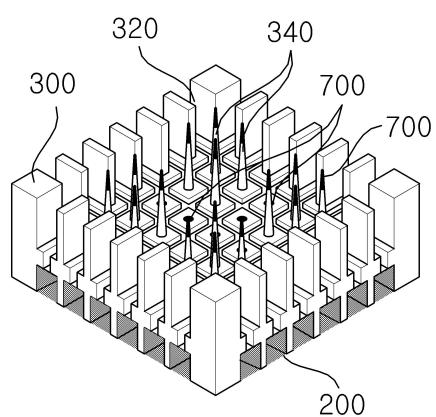
도면4j



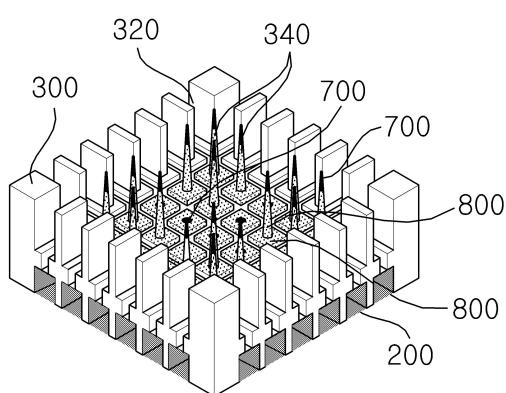
도면4k



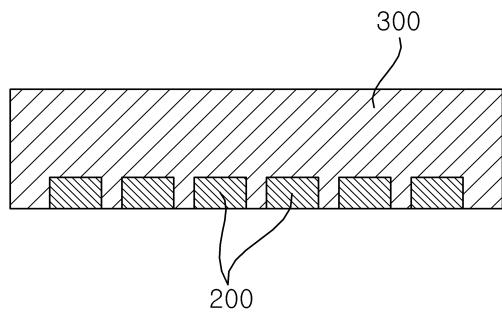
도면4l



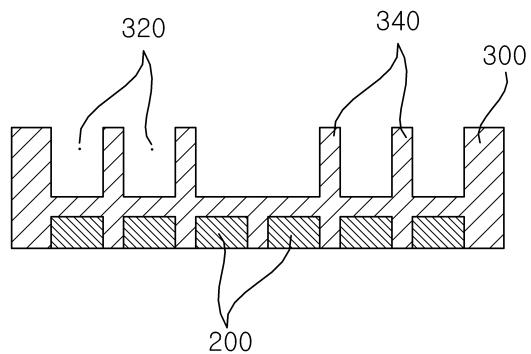
도면4m



도면5



도면6



도면7

