



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0044992
(43) 공개일자 2020년04월29일

- | | |
|--|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/768 (2006.01) H01L 21/02 (2006.01)
H01L 21/311 (2006.01) H01L 21/3213 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
H01L 21/76816 (2013.01)
H01L 21/0226 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2020-7011448</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2018년09월11일
심사청구일자 2020년04월21일</p> <p>(85) 번역문제출일자 2020년04월21일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/US2018/050383</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2019/060168
국제공개일자 2019년03월28일</p> <p>(30) 우선권주장
62/561,976 2017년09월22일 미국(US)
16/122,171 2018년09월05일 미국(US)</p> | <p>(71) 출원인
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050</p> <p>(72) 발명자
보라, 안킷
미국 95136 캘리포니아주 산 호세 아이작 코트 556
오노, 켄이치
미국 94086 캘리포니아주 서니베일 유닛 에이 폰 데로사 애비뉴 980
(뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인
양영준, 백만기</p> |
|--|---|

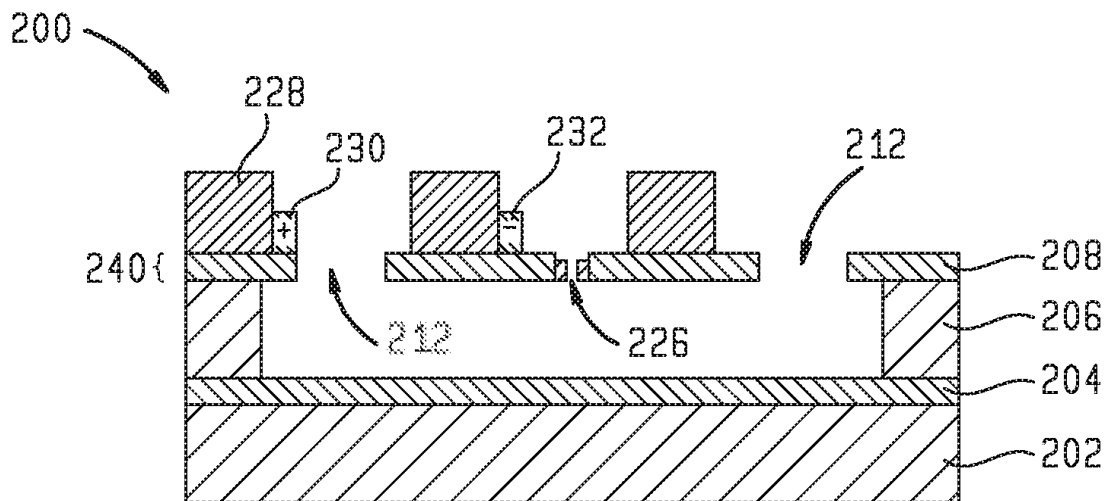
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 생물학적 응용들을 위한 독립 멤브레인을 생성하는 방법

(57) 요약

잘 제어된 나노포어들을 방향성 자가 조립을 사용하여 제조하는 방법들 및 독립 멤브레인들을 선택적 식각을 사용하여 제조하는 방법들이 개시된다. 일 양상에서, 이후에 박막으로 전사되는 피처의 임계 치수를 축소시키기 위한 블록 공중합체들을 이용한 방향성 자가 조립에 의해 하나 이상의 나노포어가 형성된다. 다른 양상에서, 방법은, 기관의 고도로 식각가능한 층 위에 박막을 갖는 기관을 제공하는 단계, 하나 이상의 나노포어를, 예를 들어, 포어 직경 감소 프로세스에 의해, 고도로 식각가능한 층 위의 박막을 통해 형성하는 단계, 및 그 다음, 얇은 독립 멤브레인을 형성하기 위해, 하나 이상의 나노포어 아래의 고도로 식각가능한 층의 부분을 선택적으로 제거하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도2k



(52) CPC특허분류

H01L 21/311 (2013.01)

H01L 21/3213 (2013.01)

H01L 2224/95147 (2013.01)

(72) 발명자

크라우스, 필립 알란

미국 95125 캘리포니아주 산 호세 브로드웨이 애비
뉴 1006

헤사비, 조레

미국 95134 캘리포니아주 산 호세 에이피티. 5143
리버 오크스 파크웨이 385

존슨, 조셉 알.

미국 94063 캘리포니아주 레드우드 시티 15번 애비
뉴 953

명세서

청구범위

청구항 1

기판을 형성하기 위한 방법으로서,

기판의 고도로 식각가능한 층 위에 박막을 갖는 기판을 제공하는 단계;

상기 고도로 식각가능한 층 위의 상기 박막을 통해 하나 이상의 나노포어를 형성하는 단계; 및

독립 멤브레인을 형성하기 위해, 상기 하나 이상의 나노포어 아래의 상기 고도로 식각가능한 층의 부분을 선택적으로 제거하는 단계를 포함하는, 기판을 형성하기 위한 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 고도로 식각가능한 층의 부분을 선택적으로 제거하는 단계는:

상기 기판을 식각 챔버에 위치시키는 것;

상기 고도로 식각가능한 층을 제거하기 위해 선택된 식각제를 상기 식각 챔버에 도입하는 것; 및

상기 고도로 식각가능한 층의 부분을 선택적으로 제거하기 위해 상기 기판을 상기 식각제에 노출시키는 것을 포함하는, 기판을 형성하기 위한 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 독립 멤브레인은 유전체 막이고, 상기 고도로 식각가능한 층은 규소를 포함하는, 기판을 형성하기 위한 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 독립 멤브레인의 적어도 일 측 상에 생물학적 샘플을 퇴적시키는 단계; 및

상기 생물학적 샘플을 상기 독립 멤브레인의 상기 하나 이상의 나노포어를 통해 지향시킴으로써 상기 생물학적 샘플을 분석하는 단계를 더 포함하는, 기판을 형성하기 위한 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 하나 이상의 나노포어의 각각의 직경은 약 100 나노미터 이하이고, 상기 독립 멤브레인의 두께는 약 50 나노미터 이하인, 기판을 형성하기 위한 방법.

청구항 6

기판을 형성하기 위한 방법으로서,

기판의 고도로 식각가능한 층 위에 박막을 갖는 기판을 제공하는 단계;

포어 직경 감소 프로세스를 사용하여, 상기 고도로 식각가능한 층 위의 상기 박막을 통해 하나 이상의 나노포어를 형성하는 단계; 및

얇은 독립 멤브레인을 형성하기 위해, 상기 하나 이상의 나노포어 아래의 상기 고도로 식각가능한 층의 부분을 선택적으로 제거하는 단계를 포함하는, 기판을 형성하기 위한 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 고도로 식각가능한 층의 부분을 선택적으로 제거하는 단계는:

상기 기판을 상기 고도로 식각가능한 층의 부분을 선택적으로 제거하도록 선택된 식각제에 노출시키는 것을 포함하는, 기판을 형성하기 위한 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 독립 멤브레인의 적어도 일 측 상에 생물학적 샘플을 퇴적시키는 단계; 및

상기 생물학적 샘플을 상기 독립 멤브레인의 상기 하나 이상의 나노포어를 통해 지향시킴으로써 상기 생물학적 샘플을 분석하는 단계를 더 포함하는, 기판을 형성하기 위한 방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 포어 직경 감소 프로세스는:

상기 박막에 적어도 하나의 제1 피처를 형성하는 단계;

상기 제1 피처에 블록 공중합체를 증착시키는 단계 - 상기 블록 공중합체는 적어도 제1 도메인 및 제2 도메인을 포함함 -; 및

상기 제2 도메인을 식각하는 단계를 포함하는, 기판을 형성하기 위한 방법.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 포어 직경 감소 프로세스는:

상기 박막에 적어도 하나의 제1 피처를 형성하는 단계;

상기 적어도 하나의 제1 피처 위에 유전체 물질을 증착시키는 단계; 및

상기 적어도 하나의 제1 피처 위의 상기 유전체 물질의 부분을 식각하는 단계를 포함하는, 기판을 형성하기 위한 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 방법은:

적어도 하나의 나노포어가 형성될 때까지, 상기 유전체 물질을 증착시키는 단계 및 상기 유전체 물질의 부분을 식각하는 단계를 반복하는 것을 더 포함하는, 기판을 형성하기 위한 방법.

청구항 12

제6항에 있어서,

상기 포어 직경 감소 프로세스는:

상기 박막에 적어도 하나의 제1 피처를 형성하는 단계;

적어도 하나의 개구부를 채우기 위해 상기 기판 위에 유전체 물질을 형성하기 위해서 상기 기판을 산화시키는 단계 - 상기 유전체 물질은 상기 유전체 물질에 형성된 적어도 하나의 이음부를 가짐 -; 및

적어도 하나의 나노포어를 형성하기 위해 상기 적어도 하나의 이음부를 활용하는 단계를 포함하는, 기판을 형성

하기 위한 방법.

청구항 13

제6항에 있어서,

상기 박막 위에 하나 이상의 추가적인 층을 증착시키는 단계; 및

상기 박막 위에 양의 전극 및 음의 전극을 증착시키는 단계를 더 포함하는, 기판을 형성하기 위한 방법.

청구항 14

기판으로서,

제1 규소 층;

상기 제1 규소 층 위에 배치된 유전체 층;

상기 유전체 층의 부분 위에 배치된 제2 규소 층;

상기 제2 규소 층 위에 배치된 독립 멤브레인 - 상기 독립 멤브레인은, 상기 독립 멤브레인을 통해 형성된, 적어도 하나의 나노포어 및 적어도 하나의 개구부를 가짐 -;

상기 적어도 하나의 나노포어 아래에 배치된 제1 웰; 및

상기 적어도 하나의 나노포어 위에 배치된 제2 웰을 포함하는, 기판.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 제1 웰 및 상기 제2 웰 중 적어도 하나에 DNA 함유 유체를 포함하고, 상기 적어도 하나의 나노포어의 각각의 직경은 약 100 나노미터 이하이고, 상기 독립 멤브레인의 두께는 약 50 나노미터 이하인, 기판.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본원에 개시된 양상들은, 잘 제어된 나노포어들을 방향성 자가 조립을 사용하여 제조하는 방법들 및 독립 멤브레인들을 선택적 식각을 사용하여 제조하는 방법들에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 나노포어들은 데옥시리보핵산(DNA) 및 리보핵산(RNA) 서열분석과 같은 응용들에 널리 사용된다. 일 예에서, 나노포어 서열분석은, 전도성 유체에 침지된 나노포어를 통해 미지의 샘플을 운송하는 단계, 및 나노포어에 걸친 전위를 인가하는 단계를 일반적으로 포함하는 전기 검출 방법을 사용하여 수행된다. 나노포어를 통한 이온들의 전도로 초래되는 전류가 측정된다. 나노포어 표면에 걸친 전류 밀도의 크기는, 나노포어 치수들 및 그 때에 나노포어를 점유하고 있는 샘플, 예컨대, DNA 또는 RNA의 구성에 따른다. 상이한 뉴클레오티드들은 나노포어 표면에 걸친 전류 밀도의 특성 변화들을 야기한다. 이러한 전류 변화들이 측정되어, DNA 또는 RNA 샘플을 서열 분석하는 데에 사용된다.

[0003] 다양한 방법들이 생물학적 서열분석에 사용되었다. 합성에 의한 서열분석, 또는 2세대 서열분석은 어느 염기들이 DNA의 단일 가닥에 부착되었는지를 식별하는 데에 사용된다. 전체 DNA 가닥을 단일 포어에 통과시키는 것을 일반적으로 포함하는 3세대 서열분석은 DNA를 직접적으로 판독하는 데에 사용된다. 일부 서열분석 방법들은 DNA 또는 RNA 샘플이 절단되고 그 다음 재조립되는 것을 필요로 한다. 추가적으로, 일부 서열분석 방법들은 생물학적 멤브레인들 및 생물학적 포어들을 사용하는데, 이들은 저장 수명들을 가지며 사용 전에는 저온으로 유지되어야 한다.

[0004] 질화규소 또는 산화규소와 같은 독립 멤브레인 상에 형성된 나노미터 크기의 포어들인 고체 상태 나노포어들이 최근에 서열분석에 사용되었다. 그러나, 현재의 고체 상태 나노포어 제조 방법들, 예컨대, 터널링 전자

현미경, 집속 이온 빔, 또는 전자 빔을 사용하는 것은 나노포어들의 어레이들을 제조하는데 필요한 크기 및 위치 제어 요건들을 쉽고 저렴하게 달성할 수 없다. 추가적으로, 현재의 나노포어 제조 방법들은 시간 소모적이다. 게다가, 현재의 독립 멤브레인 제조 방법들은 수동이고, 시간 소모적이고, 비용이 많이 들며, DNA 또는 RNA 서열분석을 위해 최적의 얇은 두께를 갖는 독립 멤브레인을 반복적으로 형성하는 데에 효율적으로 사용될 수 없다.

[0005] 그러므로, 관련 기술분야에서는, 생물학적 응용들을 위한, 잘 제어된 나노포어들 및 독립 멤브레인들을 제조하는 개선된 방법들이 필요하다.

발명의 내용

[0006] 잘 제어된 나노포어들을 방향성 자가 조립을 사용하여 제조하는 방법들 및 독립 멤브레인들을 선택적 식각을 사용하여 제조하는 방법들이 개시된다. 일 양상에서, 이후에 박막으로 전사되는 피처의 임계 치수를 축소시키기 위한 블록 공중합체들을 이용한 방향성 자가 조립에 의해 하나 이상의 나노포어가 형성된다. 다른 양상에서, 방법은, 기관의 고도로 식각가능한 층 위에 박막을 갖는 기관을 제공하는 단계, 하나 이상의 나노포어를, 예를 들어, 포어 직경 감소 프로세스에 의해, 고도로 식각가능한 층 위의 박막을 통해 형성하는 단계, 및 그 다음, 얇은 독립 멤브레인을 형성하기 위해, 하나 이상의 나노포어 아래의 고도로 식각가능한 층의 부분을 선택적으로 제거하는 단계를 포함한다.

[0007] 일 양상에서, 기관을 형성하기 위한 방법이 제공된다. 방법은, 기관의 고도로 식각가능한 층 위에 박막을 갖는 기관을 제공하는 단계, 하나 이상의 나노포어를 고도로 식각가능한 층 위의 박막을 통해 형성하는 단계, 및 얇은 독립 멤브레인을 형성하기 위해, 하나 이상의 나노포어 아래의 고도로 식각가능한 층의 부분을 선택적으로 제거하는 단계를 포함한다.

[0008] 다른 양상에서, 기관을 형성하기 위한 방법이 제공된다. 방법은, 기관의 고도로 식각가능한 층 위에 박막을 갖는 기관을 제공하는 단계, 하나 이상의 나노포어를 고도로 식각가능한 층 위의 박막을 통해 형성하는 단계 - 하나 이상의 나노포어를 형성하는 단계는, 박막에 적어도 하나의 제1 피처를 형성하는 것, 제1 피처에 블록 공중합체(블록 공중합체는 적어도 제1 도메인 및 제2 도메인을 포함함)를 증착시키는 것, 및 제2 도메인을 식각하는 것을 포함함 -, 및 얇은 독립 멤브레인을 형성하기 위해, 하나 이상의 나노포어 아래의 고도로 식각가능한 층의 부분을 선택적으로 제거하는 단계를 포함한다.

[0009] 또 다른 양상에서, 기관이 개시된다. 기관은 제1 규소 층, 제1 규소 층 위에 배치된 유전체 층, 유전체 층의 부분 위에 배치된 제2 규소 층, 제2 규소 층 위에 배치된 독립 멤브레인 - 독립 멤브레인은, 독립 멤브레인을 통해 형성된, 적어도 하나의 나노포어 및 적어도 하나의 개구부를 가짐 -, 적어도 하나의 나노포어 아래에 배치된 제1 웰; 및 적어도 하나의 나노포어 위에 배치된 제2 웰을 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0010] 본 개시내용의 위에서 언급된 특징들이 상세히 이해될 수 있도록, 위에 간략히 요약된 본 개시내용의 더 구체적인 설명이 양상들을 참조하여 이루어질 수 있으며, 이들 중 일부는 첨부 도면들에 예시되어 있다. 그러나, 첨부 도면들은 단지 예시적인 양상들만을 예시하고 그러므로 그의 범위를 제한하는 것으로 간주되어서는 안 되며, 다른 동등하게 효과적인 양상들을 허용할 수 있다는 점에 주목해야 한다.

도 1은 생물학적 응용들을 위한 독립 멤브레인을 갖는 기관을 형성하기 위한 방법의 프로세스 흐름이다.

도 2a-2k는, 본원에 개시된 프로세스 흐름에 따른, 독립 멤브레인을 통해 형성된 하나 이상의 나노포어를 갖는 독립 멤브레인을 갖는 기관의 단면도들을 도시한다.

이해를 용이하게 하기 위해, 가능한 경우, 도면들에 공통된 동일한 요소들을 지시하는 데에 동일한 참조 번호들이 사용되었다. 일 양상의 요소들 및 특징들이 추가의 언급 없이 다른 양상들에 유익하게 통합될 수 있다는 것이 고려된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 잘 제어된 나노포어들을 방향성 자가 조립을 사용하여 제조하는 방법들 및 독립 멤브레인들을 선택적 식각을 사용하여 제조하는 방법들이 개시된다. 일 양상에서, 이후에 박막으로 전사되는 피처의 임계 치수를 축소시키기 위한 블록 공중합체들을 이용한 방향성 자가 조립에 의해 하나 이상의 나노포어가 형성된다. 다른 양상에서,

방법은, 기관의 고도로 식각가능한 층 위에 박막을 갖는 기관을 제공하는 단계, 하나 이상의 나노포어를, 예를 들어, 포어 직경 감소 프로세스에 의해, 고도로 식각가능한 층 위의 박막을 통해 형성하는 단계, 및 그 다음, 얇은 독립 멤브레인을 형성하기 위해, 하나 이상의 나노포어 아래의 고도로 식각가능한 층의 부분을 선택적으로 제거하는 단계를 포함한다.

[0012] 본원에 설명된 방법들은 예로서 반도체 기관 상의 나노포어들의 형성을 언급한다. 또한, 설명된 방법들은 고체 상태 및 생물학적 물질들을 포함하는 다양한 물질들 상에 다른 포어형 구조들을 형성하는 데에 유용하다는 점이 고려된다. 본원에 설명된 방법들은 예들로서 하나 이상의 트렌치 또는 튜브의 형성을 언급하지만, 다른 식각된 피쳐들 및 이들의 임의의 조합들이 또한 고려된다. 예시의 목적들을 위해, 산화규소 층을 갖는 절연체상 규소(SOI) 기관이 설명되지만; 임의의 적합한 기관 물질들 및 유전체 물질들이 또한 고려된다. 추가적으로, 본원에 설명된 방법들은 기관의 상면측 및 후면측을 언급한다. 상면측 및 후면측은 일반적으로, 기관의 대향 측들을 지칭하고, 반드시 상방 또는 하방 배향을 의미하는 것은 아니다.

[0013] 도 1은 생물학적 응용들을 위한 독립 멤브레인을 갖는 기관을 형성하기 위한 방법(100)의 프로세스 흐름이다.

[0014] 방법(100) 이전에, 기관이 처리된다. 기관의 규소 층 위에 박막이 증착된다. 방법(100)은, 규소 층 위에 박막을 갖는 기관을 제공함으로써 작동(110)에서 시작한다. 작동(120)에서, 하나 이상의 나노포어가 규소 층 위의 박막을 통해 형성된다. 작동(130)에서, 얇은 독립 멤브레인을 형성하기 위해, 하나 이상의 나노포어 아래의 규소 층의 부분이 선택적으로 식각된다.

[0015] 기관은 일반적으로, 임의의 적합한 기관, 예컨대, 도핑된 또는 도핑되지 않은 규소(Si) 기관이다. 기관의 상면측 위에 증착된 박막은 일반적으로, 임의의 적합한 박막이다. 박막은 일반적으로, 원자 층 증착(ALD), 물리 기상 증착(PVD), 화학 기상 증착(CVD), 및 전자 빔 증착(EBD)을 포함하는(그러나 이에 제한되지 않음) 임의의 적합한 증착 프로세스에 의해 증착되고, 임의의 적합한 두께, 예를 들어, 약 10 나노미터(nm) 미만, 약 5 nm 미만, 약 2 nm 미만 또는 약 1 nm 미만이다. 하나 이상의 나노포어는 일반적으로, 임의의 적합한 기법에 의해 형성된다. 후속하는 도 2a-2k의 설명에서, 예로서 블록 공중합체들의 방향성 자가 조립을 사용하여 하나 이상의 나노포어가 형성된다. 또한, 하나 이상의 나노포어가, 이음부 활용, 또는 주기적 ALD 및 RIE 식각, 및 유전체 분해를 포함하는(그러나 이에 제한되지 않음) 다른 적합한 방법들에 의해 형성되는 것이 고려된다.

[0016] 도 2a-2k는, 방법(100)의 다양한 스테이지들에서와 같이, 본원에 개시된 프로세스 흐름에 따른, 독립 멤브레인을 통하는 하나 이상의 나노포어를 갖는 독립 멤브레인을 갖는 기관(200)의 단면도들을 도시한다.

[0017] 도 2a에 도시된 바와 같이, 유전체 층, 예컨대, 산화물 층(204)이 제1 Si 층(202) 위에 성장되거나, 형성되거나, 다른 방식으로 증착된다. 그 다음, 도 2b에 도시된 바와 같이, 절연체상 규소(SOI) 기관을 생성하기 위해 제2 Si 층(206)이 산화물 층(204) 위에 증착된다. 제2 Si 층(206)의 두께는 일반적으로, 임의의 적합한 두께, 예를 들어, 약 0.5 nm 내지 약 200 nm, 예컨대, 약 80 nm, 또는 약 1 마이크로미터(μm) 내지 약 10 μm , 예컨대, 약 5 μm 이다.

[0018] 그 다음, 도 2c에 도시된 바와 같이, 박막(208)이 제2 Si 층(206) 위에 증착된다. 박막(208)은 일반적으로, ALD를 포함하는(그러나 이에 제한되지 않음) 임의의 적합한 증착 프로세스에 의해 증착되고, 일반적으로, 약 60 나노미터 미만, 약 5 nm 미만, 약 2 nm 미만 또는 약 1 nm 미만의 두께를 갖는다. 도 2c의 예에서, 박막(208)은 산화규소(SiO_2) 막이다.

[0019] 도 2d에 도시된 바와 같이, 박막(208)은 적어도 하나의 제1 피쳐(210)(하나가 도시됨) 및 하나 이상의 제2 피쳐(212)(2개가 도시됨)로 패터닝된다. 패터닝은 일반적으로, 표준 리소그래피로 달성된다. 도 2d의 예에서, 제1 피쳐(210)는 제1 폭 또는 직경을 갖고, 제2 피쳐들(212)은 제2 폭 또는 직경을 갖는다. 제1 피쳐(210)는, 도 2d의 확대된 부분인 도 2e에 도시된 바와 같이, 제2 Si 층(206)의 제1 표면에 대응하는 바닥(216) 및 하나 이상의 측벽(214)을 포함한다. 제1 폭 또는 직경은 일반적으로, 약 10 나노미터(nm) 내지 약 100 nm, 예를 들어, 약 20 nm 내지 약 60 nm, 예컨대, 약 35 nm 내지 약 50 nm, 예컨대, 약 50 nm이다. 제2 폭 또는 직경은 일반적으로, 약 0.5 μm 내지 약 10 μm , 예컨대, 약 1 μm 이다.

[0020] 블록 공중합체(218)는, 도 2f에 도시된 바와 같이, 제1 피쳐(210)에 증착된다. 블록 공중합체(218)는 일반적으로, 도메인들로 상 분리되는 공중합체들로 구성된다. 도 2f에 도시된 바와 같이, 블록 공중합체(218)는 A 도메인(220) 및 B 도메인(222)으로 상 분리된다. A 도메인(220)은 환형으로 B 도메인(222) 주위에 있다. B 도메인(222)은 일반적으로, 제1 피쳐(210)의 중심에 또는 중심 근처에 중앙에 위치된다. 그 다음, 도 2g에 도시된 바와 같이, B 도메인(222)은 선택적으로 식각된다. 제1 피쳐(210)는, 나머지 유전체 층이 제1 피쳐(210)의 바닥

에 있도록 이전에 식각되었다. 나머지 블록 공중합체(218)는 유전체 층(224)의 식각에 대해 하드 마스크로서 작용한다. 따라서, 도 2h에 도시된 바와 같이, 나노포어(226)가 유전체 층(224)을 통해 형성된다.

[0021] 위에서 논의된 바와 같이, 도 2a-2h는 박막(208)을 통해 나노포어(226)를 형성하기 위한 예를 예시한다. 나노포어(226)를 형성하기 위한 임의의 적합한 방법들이 본원에서 또한 고려된다. 예를 들어, 나노포어는, 다른 포어 직경 감소 프로세스들, 예컨대, 주기적 원자 층 증착, 또는 화학 기상 증착, 및 유전체 물질의 식각, 또는 유전체 물질을 형성하기 위해 기판을 산화시키는 것 및 나노포어를 형성하기 위해 약한 지점 또는 이음부에서 유전체 물질을 분해하는 것에 의해 형성될 수 있다. 일부 양상들에서, 증착 및 식각의 하나의 완전한 주기가, 잘 제어된 나노포어를 형성하는 데에 적합할 것이지만; 다른 양상들에서는, 형성될 나노포어의 크기에 따라, 주기들의 다수의 반복들이, 잘 제어된 나노포어를 형성하는 데에 적합할 것이다.

[0022] 나노포어(226)의 크기(즉, 직경)는 약 100 nm 이하이다. 일 양상에서, 나노포어(226)의 크기는 약 1 nm 내지 약 10 nm, 예를 들어, 약 2 nm 내지 약 3 nm, 예컨대, 약 2 nm이다. 다른 양상에서, 나노포어(226)의 크기는 약 0.5 nm 내지 약 5 nm, 예를 들어, 약 1 nm 내지 약 3 nm, 예컨대, 2 nm이다. 다른 양상에서, 나노포어(226)의 크기는 약 1.5 nm 내지 약 1.8 nm, 예컨대, 약 1.6 nm이고, 이는 대략, DNA의 단일 가닥의 크기이다. 다른 양상에서, 나노포어(226)의 크기는 약 2 nm 내지 약 3 nm, 예컨대, 약 2.8 nm이고, 이는 대략, 이중 가닥 DNA의 크기이다.

[0023] 나노포어(226)가 형성된 후에, 도 2j에 도시된 바와 같이, 나노포어(226) 및 하나 이상의 제2 피쳐(212) 아래의 제2 Si 층(206)의 부분을 제거하기 위해 선택적 식각 프로세스가 사용된다. 제2 Si 층(206)의 부분을 선택적으로 식각하는 것은 일반적으로, 기판(200)을 식각 챔버에 위치시키는 것, 규소를 제거하기 위해 선택된 식각제를 도입하는 것, 및 제2 Si 층(206)의 부분을 제거하기 위해 기판(200)을 규소 식각제에 노출시키는 것을 포함한다. 예를 들어, 라디칼 기반 화학물질은 원자 수준 정밀도의, 제2 Si 층(206)의 제거를 위한 조정가능한 선택성을 제공하는 데에 사용된다. 선택된 식각제 및 라디칼들은 제2 Si 층을 박막(208)에 대해 선택적으로 식각한다. 예를 들어, SiO₂:Si의 선택적 식각들의 비율은 약 1:2000이다. 선택적 식각을 수행하기 위한 챔버의 예는, 캘리포니아주 산타 클라라 소재의 어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드로부터 입수가 가능한 프로듀서 ® 셀렉트라™(Producer® Selectra™) 식각 챔버이다.

[0024] 전술한 예는 Si 층(206)을 선택적으로 식각하는 것을 고려하지만, 식각된 층은 일반적으로 임의의 적합한 고도로 식각가능한 층인 것이 고려된다.

[0025] 일단 제2 Si 층(206)의 부분이 선택적으로 식각되면, 도 2j에 도시된 바와 같이, 독립 멤브레인(240)이 박막(208)으로부터 형성된다. 독립 멤브레인(240)은 적어도 하나의 나노포어(226) 및 하나 이상의 개구부를 포함하며 여기서 하나 이상의 제2 피쳐(212)는 제2 Si 층(206) 위에 형성되었다. 독립 멤브레인(240)은 얇은데, 예를 들어, 약 50 나노미터 이하, 예컨대, 약 10 nm 미만, 약 5 nm 미만, 약 2 nm 미만, 또는 약 1 nm 미만이다. 독립 멤브레인(240)은 임의의 적합한 물질, 예컨대, 얇은 유전체 막이다.

[0026] 독립 멤브레인(240)을 형성하기 위한 개시된 방법들 동안 추가의 기판 처리가 선택적으로 수행된다. 예를 들어, 질화규소(SiN) 층과 같은 추가 층(228)이 독립 멤브레인(240)의 하나 이상의 부분 위에 형성된다. 추가적으로, 양의 전극(230) 및 음의 전극(232)이 독립 멤브레인(240)의 하나 이상의 부분 상에 증착되고, 따라서, 생물학적 응용들, 예컨대, DNA 서열분석에 적합한 반도체 기판을 형성한다. DNA 서열분석의 예에서, 제1 웰은 독립 멤브레인(240)의 일 측 상에 형성되고, 제2 웰은 독립 멤브레인(240)의 다른 측 상에 형성된다. 일 양상에서, DNA를 갖는 용액이 제1 웰에 배치되고 DNA가 없는 용액은 제2 웰에 배치된다. DNA가 음으로 대전되기 때문에, DNA는 전류를 따라 흘러, 나노포어(226)를 통해 제1 웰로부터 제2 웰로 이동할 것이다. DNA가 나노포어(226)를 통해 이동할 때, 나노포어(226)를 통과하는 전류가 차단될 것이고, 예를 들어, 나노포어(226)를 통해 이동하는 염기를 식별함으로써 DNA가 서열분석될 수 있도록 전류의 변화가 측정된다. 다른 양상에서, DNA를 갖는 용액이 추가적으로 또는 대안적으로 제2 웰에 배치된다.

[0027] 도 2a-2k는, 예로서, 작동들의 하나의 순서에 따른 프로세스 흐름의 다양한 스테이지들을 도시한다. 도 2a-2k에 도시되고 본원에 설명된 작동들은 임의의 적합한 순서로 수행될 수 있다는 것이 고려된다. 예를 들어, 추가의 실시예들에서, 제2 Si 층(206)의 부분은 나노포어(226)가 보호되는 동안 선택적으로 식각될 수 있고, 그 다음, 나노포어(226)는 선택적 식각이 완료되는 동안 보호되지 않을 수 있다.

[0028] 본 개시내용의 이점들은, 일반적으로 개별적으로 어드레싱가능한, 잘 제어된 나노포어들 및 나노포어 어레이들을 신속하게 형성하는 능력을 포함한다. 개시된 방법들은 일반적으로, 얇은 멤브레인을 통한, 크기 및 위치가

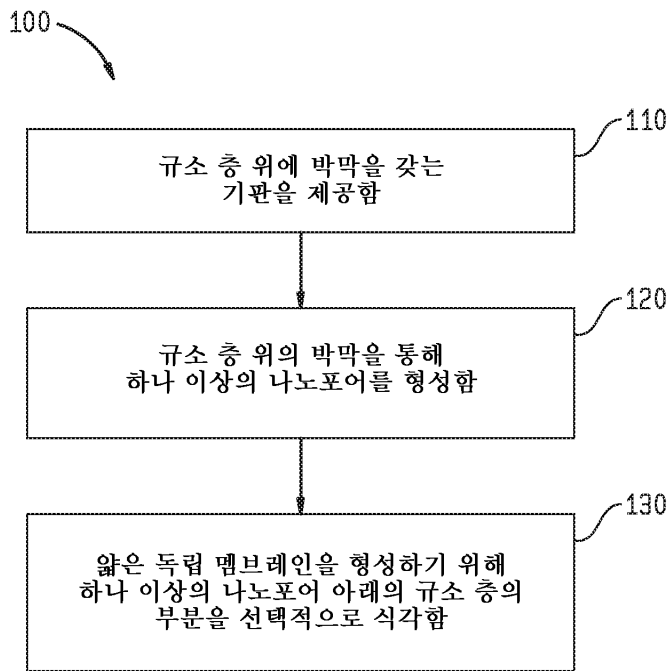
잘 제어된 나노포어들을 제공한다. 잘 제어된 크기의 나노포어들을 제조하는 방법들은 개선된 신호 대 잡음비들을 제공하는데, 이는 나노포어의 크기가, 나노포어를 통해 전달되고 있는 샘플, 예컨대, DNA의 단일 가닥의 크기와 유사하기 때문이며, 이는 나노포어를 통과하는 전류의 변화를 증가시킨다. 추가적으로, 잘 제어된 위치들을 갖는 나노포어들을 제조하는 방법들은 샘플, 예컨대, DNA가 나노포어를 자유롭게 통과하는 것을 가능하게 한다.

[0029] 본원에 설명된 방법들은 또한, 생물학적 응용들, 예컨대, DNA 서열분석을 위한 독립 멤브레인들을 제공하는데, 독립 멤브레인들은, 예를 들어, 1 nm 이하의 얇은 유전체이고, 염수 용액들(KCl)에 화학적으로 내성이고, 식각 프로세스들의 화학물질에 대한 높은 선택성을 갖고, 물리적으로 그리고 전기적으로 핀홀이 없고, 낮은 응력을 갖고, 습윤성이다. 독립 멤브레인이 얇을수록, 더 많은 전기장이 나노포어의 에지 주위에 집중될 것이고, 따라서, 본원에 설명된 방법들에 따라 제조된 독립 멤브레인들의 얇음은, 생물학적 응용들, 예컨대, DNA 염기 식별을 위한 사용 동안 높은 신호 대 잡음비를 허용한다.

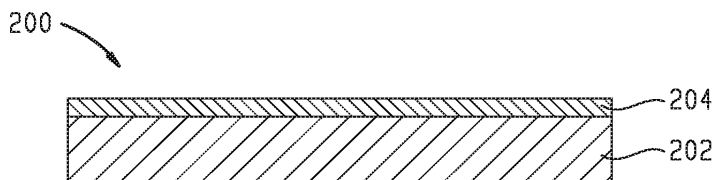
[0030] 전술한 내용은 본 개시내용의 양상들에 관한 것이지만, 본 개시내용의 다른 및 추가적인 양상들은 그의 기본 범위로부터 벗어나지 않고 안출될 수 있으며, 그의 범위는 이하의 청구항들에 의해 결정된다.

도면

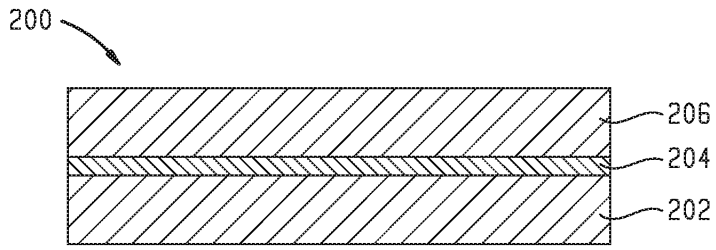
도면1



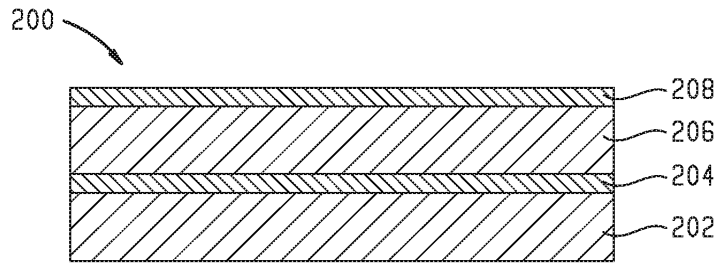
도면2a



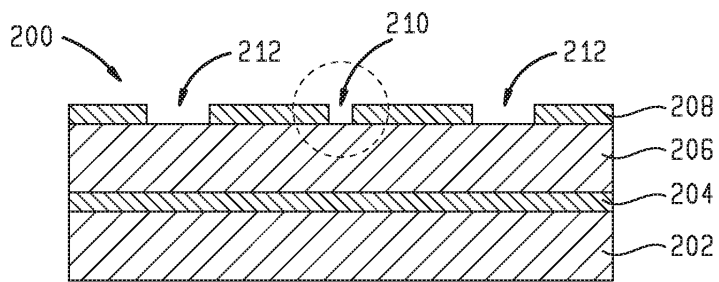
도면2b



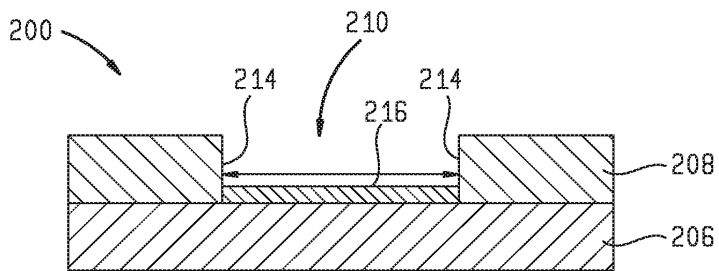
도면2c



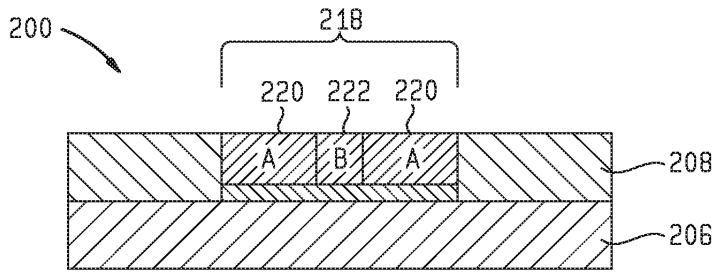
도면2d



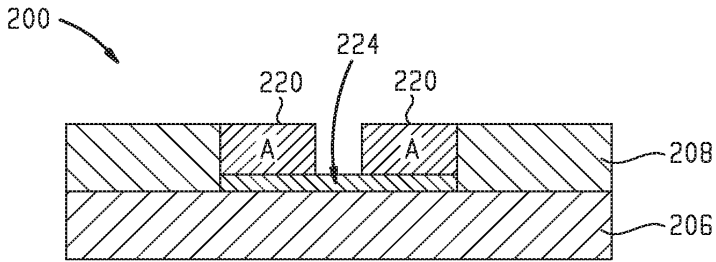
도면2e



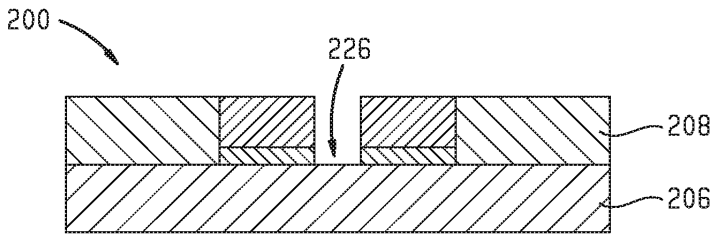
도면2f



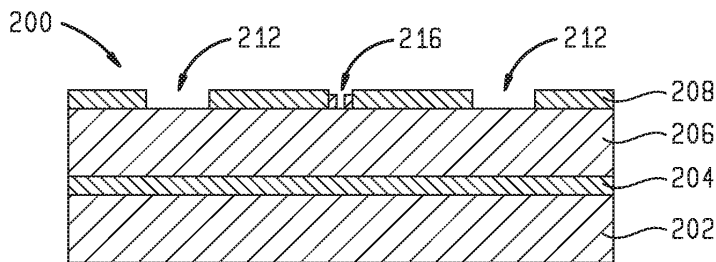
도면2g



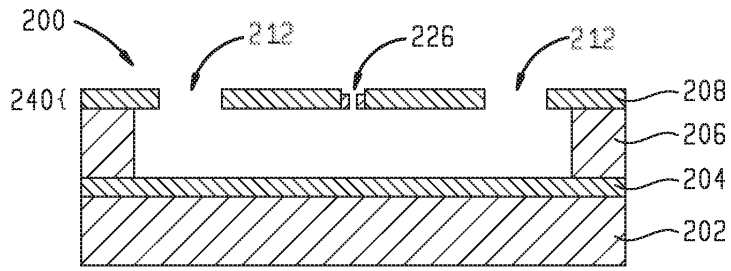
도면2h



도면2i



도면2j



도면2k

