



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0050082
(43) 공개일자 2009년05월19일

(51) Int. Cl.

B82B 1/00 (2006.01) C01B 31/02 (2006.01)
D01F 9/12 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-7005816

(22) 출원일자 2009년03월20일

심사청구일자 없음

번역문제출일자 2009년03월20일

(86) 국제출원번호 PCT/US2007/076345

국제출원일자 2007년08월21일

(87) 국제공개번호 WO 2008/024726

국제공개일자 2008년02월28일

(30) 우선권주장

11/466,039 2006년08월21일 미국(US)

(71) 출원인

폼팩터, 인코포레이티드

미국 캘리포니아주 94551 리버모어 사우스프론트
로드 7005

(72) 발명자

엘드리지 벤자민 엔

미국 캘리포니아주 94526 덴빌 세리 레인 651

그리터스 존 케이

미국 캘리포니아주 94550 리버모어 엘더 셔클
5873

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김태홍, 신정건

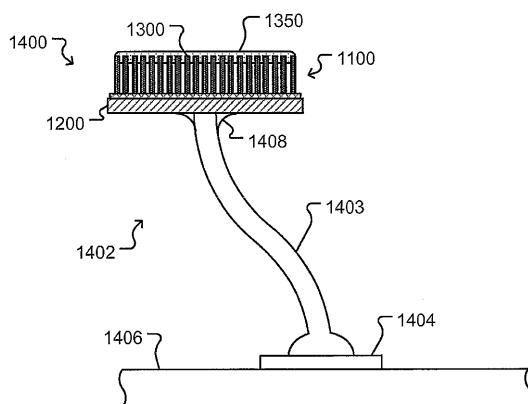
전체 청구항 수 : 총 23 항

(54) 탄소 나노튜브 콘택트 구조체

(57) 요 약

탄소 나노튜브 콘택트 구조체는 DUT에 대한 가압 접속을 행하는데 이용될 수 있다. 콘택트 구조체는 탄소 나노튜브 막을 이용하여 형성될 수 있거나 또는 용액에서의 탄소 나노튜브에 의해 형성될 수 있다. 탄소 나노튜브 막은 희생 기판의 트렌치 내에서 성장될 수 있으며, 여기서 그후, 빔 또는 콘택트 소자와 같은 콘택트 구조체가 금속 도금에 의해 형성된다. 탄소 나노튜브 막은 또한 강성과 탄성을 제공하기 위해 콘택트 소자 상에 형성될 수 있고 콘택트 소자 내부에 분포된 금속 포스트들을 가질 수 있다. 콘택트 구조체들 또는 그 일부분은 또한 탄소 나노튜브를 포함한 용액에 의해 도금될 수 있다. 결과적인 콘택트 구조체가 단단할 수 있으며, 우수한 전기 전도성을 제공할 수 있다.

대 표 도 - 도14



(72) 발명자

칸드로스 이고르 케이

미국 캘리포니아주 94563 오린다 하신다스 로드 25

마텐스 로드

미국 캘리포니아주 94551 리버모어 핸오버 스트리
트 874

마티우 가에탄 엘

캐나다 퀘벡주 제이3엑스 1피7 바렌느 세민 뒤 락
154

특허청구의 범위

청구항 1

콘택트 구조체로서,

기판 상에 설치하고 기판에 전기 접속부를 형성하기 위해 구성되고 배치된 제1 부분을 갖는 상호접속 소자와;

상기 상호접속 소자에 부착된 콘택트 소자와;

반도체 장치 상의 패드를 접촉시키기 위해 콘택트 소자의 표면과 연통하는 복수의 탄소 나노튜브를 포함하는 콘택트 구조체.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 콘택트 소자는 리소그래피 방식으로 형성된 팁을 포함하는 것인 콘택트 구조체.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 상호접속 소자는 와이어를 포함하는 것인 콘택트 구조체.

청구항 4

제2항에 있어서, 상기 상호접속 소자는 빔을 포함하는 것인 콘택트 구조체.

청구항 5

제2항에 있어서, 상기 팁은 금속으로부터 형성되며, 상기 탄소 나노튜브는 상기 팁의 표면과 연통하는 것인 콘택트 구조체.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 탄소 나노튜브는 팁 내에 매립되어 있는 것인 콘택트 구조체.

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 탄소 나노튜브는 상기 팁의 표면을 넘어 연장되는 것인 콘택트 구조체.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 콘택트 소자는 탄소 나노튜브로부터 형성되는 것인 콘택트 구조체.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 콘택트 소자는 탄소 나노튜브들 사이에 분산되어 있는 복수의 금속 구조체를 더 포함하는 것인 콘택트 구조체.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 금속 구조체는 스퍼터링으로 형성된 금속인 것인 콘택트 구조체.

청구항 11

제8항에 있어서, 상기 탄소 나노튜브는 상호접속 소자에 부착된 금속 베이스에 의해 지지되는 것인 콘택트 구조체.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 콘택트 소자는 탄소 나노튜브를 포함한 용액으로 도금된 금속 팁을 포함하는 것인 콘택트 구조체.

청구항 13

제1항에 기재된 콘택트 구조체에 의해 테스트받는 장치.

청구항 14

콘택트 패드들을 갖는 반도체 장치를 테스트하기 위한 프로브 카드 어셈블리로서,

기판과;

기판 상에 설치되고 기판으로부터 상류 방향으로 연장되는 복수의 상호접속 소자와;

기판에서의 각각의 상호접속 소자와 도체 사이에 형성된 전기 접속부와;

기판의 표면 위에서 각각의 상호접속 소자에 전기적으로 접속되는 콘택트 소자와;

반도체 장치 상의 패드를 접촉시키기 위해 각각의 콘택트 소자의 표면과 연통하는 복수의 탄소 나노튜브를 포함하는 프로브 카드 어셈블리.

청구항 15

회생 기판에 개구부를 형성하는 단계와;

상기 개구부의 표면 상에 탄소 나노튜브의 층을 형성하는 단계와;

상기 탄소 나노튜브 상에 금속 층을 성막하는 단계와;

회생 층을 제거하는 단계

를 포함하는 콘택트 구조체의 형성 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 개구부의 표면 상에 탄소 나노튜브의 층을 형성하는 단계는, 개구부 내에 탄소 나노튜브를 성장시키는 단계를 포함하는 것인 콘택트 구조체의 형성 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 개구부 내에 탄소 나노튜브를 성장시키는 단계는,

개구부 내에 촉매를 성막하는 단계와;

촉매 상에 탄소 나노튜브들의 막을 성장시키는 단계

를 포함하는 것인 콘택트 구조체의 형성 방법.

청구항 18

제15항에 있어서, 상기 개구부의 표면 상에 탄소 나노튜브의 층을 형성하는 단계는, 개구부 내에 나노튜브들을 성막시키는 단계를 포함하는 것인 콘택트 구조체의 형성 방법.

청구항 19

제18항에 있어서, 상기 개구부 내에 나노튜브들을 성막시키는 단계는, 상기 개구부 내에 탄소 나노튜브 막을 성막시키는 단계를 포함하는 것인 콘택트 구조체의 형성 방법.

청구항 20

제15항에 기재된 콘택트 구조체의 형성 방법을 이용하여 형성된 콘택트 구조체.

청구항 21

제20항에 기재된 콘택트 구조체를 이용하여 테스트받는 장치.

청구항 22

베이스와;

상기 베이스에 부착되어 있는 복수의 탄소 나노튜브와;
상기 베이스에 부착되어 있고 상기 나노튜브들 사이에 분산되어 있는 복수의 금속 구조체
를 포함하는 콘택트 구조체.

청구항 23

콘택트 구조체를 형성하는 방법으로서,
베이스 상에 패턴을 형성하는 단계와;
상기 형성된 패턴 상에 탄소 나노튜브 막을 성장시키는 단계와;
상기 형성된 패턴의 외부에 있는 베이스 상에 복수의 금속 구조체를 형성하는 단계와;
상기 탄소 나노튜브 막과 금속 구조체의 상단에 금속 판을 부착시키는 단계와;
베이스를 제거하는 단계
를 포함하는 콘택트 구조체의 형성 방법.

명세서

기술 분야

<1> 본 발명은 탄소 나노튜브에 관한 것이고, 보다 자세하게는, 막에서와 용액에서의 탄소 나노튜브들에 관한 것이다.

배경 기술

<2> 탄소 나노튜브는 탄소 나노튜브의 극도의 작은 크기, 높은 강도 및 우수한 전기 전도성 및 열 전도성 특징들에 기초하여 주목을 받아왔다. 그러나, 탄소 나노튜트로 동작할 때 문제가 발생한다. 예를 들어, 정렬된 탄소 나노튜브의 막은 막 전반에 걸쳐 전기 전도성을 갖는다. 그러나, 각각의 탄소 나노튜브가 독립적으로 작용할 수 있고, 막은 가소성으로 변형한다. 막은 피시험 장치에 실제적인 접속을 행하기 위해 테스트 상호접속 소자들 또는 콘택트 구조체에 대해 요구되는 강성 및 탄성을 갖지 못한다.

<3> 탄소 나노튜브들은 또한 도금 용액에 도포될 수 있으며, 이는 탄소 나노튜브를 포함한 피도금 물체의 코팅을 발생시킨다. 이러한 형태에서는, 탄소 나노튜브는 물체에 대해 부착되어 버린 결과, 높은 가소성을 보여주지 못한다.

발명의 상세한 설명

<4> 본 발명의 일부 실시예는 콘택트 구조체로서 여기에서 또한 언급되어 있는 프로브용 콘택트 소자들을 제공한다. 콘택트 소자들 또는 전체 프로브는 여러 방식으로 탄소 나노튜브가 내부에 포함되어 있는 탄소 나노튜브 구조체로부터 이루어질 수 있다.

실시예

<21> 이하, 본 발명의 실시예가 첨부한 도면을 참조로 완전한 이해를 위해 설명될 것이다. 그러나, 본 발명은 많은 다른 형태로 구현될 수 있으며, 여기에 설명된 실시예 및 형태로만 한정되는 것으로서 간주되어서는 안 된다. 예시적인 실시예들이 반도체 다이들을 테스트하기 위해 프로브 텁들에 대하여 설명되어 있지만, 본 발명은 또한 이들로 한정되지 않으며, 임의의 브로빙 적용예에도 이용될 수 있다.

<22> 일반적으로 본 발명의 일부 실시예는 콘택트 구조체로서 여기에서 또한 언급되어 있는 프로브용 콘택트 소자들을 제공한다. 콘택트 소자들 또는 전체 프로브는 여러 방식으로 탄소 나노튜브가 내부에 포함되어 있는 탄소 나노튜브 구조체로부터 이루어질 수 있다. 일 형태에서, 탄소 나노튜브는 프로브의 구성요소들이 리소그래피 방식으로 형성되어 있는 트렌치 내에 막으로 성장될 수 있다. 다른 형태에서, 탄소 나노튜브는 프로브 또는 프로브 콘택트 소자를 도금하는데 이용되는 도금 용액 내에 있을 수 있다. 또 다른 형태에서, 전체 프로브 또는 콘택트 소자는 탄소 나노튜브를 실질적으로 포함할 수 있다. 탄소 나노튜브를 포함하는 구현예에서, 막들은 탄소 나노

튜브의 가소 변형에 저항하도록 금속을 형성한 영역들을 제공하기 위해 패터닝될 수 있다.

- <23> 도 1에 나타낸 비제한적 예시적인 프로브 카드 어셈블리(100)는 본 발명의 일부 실시예에 따라 하나 이상의 피시험 장치들(DUT)을 테스트하는데 이용될 수 있다. DUT들은 임의의 피시험 전자 장치 또는 장치들일 수 있다. DUT들의 비제한적인 예들은 단품화되지 않은(un singulated) 반도체 웨이퍼의 하나 이상의 다이들, 웨이퍼로부터 단품화된 하나 이상의 반도체 다이들(패키지되거나 또는 패키지되지 않음), 캐리어 또는 다른 유지 장치에 배치된 단품화된 반도체 다이들의 어레이, 하나 이상의 멀티 다이 전자 모듈들, 하나 이상의 인쇄 회로 기판, 또는 다른 임의의 유형의 전자 장치 또는 장치들을 포함한다. 여기에 이용된 용어, DUT는 하나 또는 복수의 이러한 전자 장치를 의미함을 주목한다.
- <24> 프로브 카드 어셈블리(100)는 테스터(도시 생략)로부터 복수의 테스터 채널(도시 생략)에 의해 전기 접속을 형성할 수 있는 전기 커넥터(104)을 포함할 수 있다. 프로브 카드 어셈블리(100)는 또한 (예를 들어) DUT(110)의 입력 및/또는 출력 단자들(108) - 여기에서는 콘택트 패드로서 언급됨 - 에 대항하여 가압되도록 구성되며 따라서 입력 및/또는 출력 단자들(108)와의 전기 접속을 형성하는 콘택트 구조체(106)를 포함할 수 있다. 이 예에서의 DUT(110)는 콘택트 패드(108)가 상부에 있는 반도체 장치를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 콘택트 구조체(106)는 탄성 또는 스프링 형태의 특성들을 가질 수 있다.
- <25> 프로브 카드 어셈블리(100)는 또한 커넥터들(104)과 콘택트 구조체(106)를 지지하고 커넥터들(104)과 콘택트 구조체(106) 사이에 전기적 접속을 제공하도록 구성된 하나 이상의 기판을 포함할 수 있다. 도 1에 도시된 예시적인 프로브 카드 어셈블리(100)는 3개의 기판을 갖고 있지만, 다른 구현예에서는, 프로브 카드 어셈블리(100)는 다소의 기판을 가질 수 있다. 도 1에는 프로브 카드일 수 있는 배선 기판(112), 인터포저 기판(114) 및 프로브 기판(116)이 도시되어 있다. 배선 기판(112), 인터포저 기판(114) 및 프로브 기판(116)은 임의의 종류의 재료로 이루어질 수 있다. 적절한 기판의 예들은 제한없이, 인쇄 회로 기판, 세라믹 기판, 유기질 또는 무기질 기판 등을 포함한다. 상술한 것의 조합도 또한 가능하다.
- <26> 전자 접속부들(볼 수 없음)이 커넥터(104)로부터 배선 기판(112)을 관통하여 전기 전도성 스프링 상호접속 구조체(118)에 제공될 수 있다. 다른 전기 접속부(볼 수 없음)가 스프링 상호접속 구조체(118)로부터 인터포저 기판(114)을 관통하여 전기 전도성 스프링 상호접속 구조체(120)에 제공될 수 있고, 또 다른 전기 접속부(볼 수 없음)가 스프링 상호접속 구조체(120)로부터 프로브 기판(116)을 관통하여 콘택트 구조체(106)에 제공될 수 있다. 배선 기판(112), 인터포저 기판(114) 및 프로브 기판(116)을 통한 전기 접속부(도시 생략)가 배선 기판(112), 인터포저 기판(114) 및 프로브 기판(116) 내에서 및/또는 배선 기판(112), 인터포저 기판(114) 및 프로브 기판(116)을 관통하여 전기 전도성 비아들, 트레이스들 등을 포함할 수 있다.
- <27> 배선 기판(112), 인터포저 기판(114) 및 프로브 기판(116)은 브래킷(122) 및/또는 다른 적절한 수단에 의해 공동으로 유지될 수 있다. 도 1에 도시된 프로브 카드 어셈블리(100)의 구성은 단지 예시적인 것에 불과하며, 설명 및 논의를 쉽게 하기 위해 간략화된다. 많은 수정, 변경 및 추가가 가능하다. 예를 들어, 프로브 카드 어셈블리(100)는 도 1에 도시된 프로브 카드 어셈블리(100)보다 더 적거나 많은 기판(예를 들어, 112, 114, 116)을 가질 수 있다. 다른 예로서, 프로브 카드 어셈블리(100)는 1보다 많은 프로브 기판(예를 들어, 116)을 가질 수 있고, 각각의 이러한 프로브 기판은 독립적으로 조정가능할 수 있다. 복수의 프로브 기판들을 갖는 프로브 카드 어셈블리의 비제한적인 예들은 2005년 6월 24일에 출원된 미국 특허 출원 일련 번호 제11/165,833호에 개시되어 있다. 프로브 카드 어셈블리들의 추가적인 비제한적인 예들은 미국 특허 제5,974,622호 및 미국 특허 제6,509,751호 및 2005년 6월 24일에 출원된 상술한 미국 특허 출원 일련 번호 제11/165,833호에 개시되어 있고, 이를 특허 및 출원에 개시된 프로브 카드 어셈블리의 여러 특징들은 도 1에 나타낸 프로브 카드 어셈블리(100)로 구현될 수 있다.
- <28> 도 2 내지 도 6은 콘택트 소자(600)를 제조하는 예시적인 단계들 동안에, 도 6에서 600으로 일반적으로 나타낸 콘택트 소자 및 리소그래피 형태의 구성요소들을 간단한 방식으로 나타낸다. 콘택트 소자(600)는 또한 여기서는 텁으로 언급되어 있다. 콘택트 소자를 제조하고 콘택트 소자를 빔(여기서는 또한 상호접속 소자로서 언급됨)에 부착하기 위한 아래 설명된 단계들은 본 발명의 여러 실시예를 실시하는데 이용될 수 있는 많은 가능한 콘택트 소자 및 결합 방법들(joining methods) 중 하나에 불과하다. 다른 많은 유형들의 콘택트 소자들은 본 발명의 빔 위를 벗어남이 없이 콘택트 소자에 대한 빔과 함께, 다른 유형의 빔과 함께, 와이어와 함께, 또는 임의의 다른 유형의 상호접속 소자와 함께 결합될 수 있다.
- <29> 첫 번째로 도 2를 고려하여 보면, 콘택트 소자(600)를 제조하는 리소그래피 형태가 일반적으로 200으로 나타나

있다. 개구부(202)가 마스킹 재료(204)의 층 내에 형성될 수 있다. 개구부(202)는 리소그래피 방식으로 형성될 수 있거나 또는 임의의 다른 적절한 방식으로 형성될 수 있다. 마스킹 재료(204)는 포토레지스트일 수 있거나 또는 임의의 다른 적절한 유형의 마스킹 재료일 수 있다. 마스킹 재료(204)는 희생 기판(206)의 표면 상에 배치될 수 있다. 기판(206)은 실리콘하거나 또는 임의의 다른 적절한 기판일 수 있다. 기판(206)과 마스킹 층(204) 사이에 하나 이상의 박리층(release layer; 도시 생략)이 또한 있을 수 있지만, 박리층이 수반되든 안되든 간에 기판으로부터 콘택트 소자(600)를 박리하는 임의의 다른 방법이 이용될 수 있다.

<30> 도 3에서 또한 볼 수 있는 피트(pit; 208)가 임의의 적절한 에칭 방법을 이용하여 기판(206) 내에 에칭될 수 있지만, 도면에 도시된 바와 같이 피트(208)를 형성하는데 다른 방법들이 이용될 수 있다. 피트(208)는 예를 들어, 실리콘 기판(206)에서 에칭을 진행시킴으로써 형성될 수 있으며, 이 에칭은 자체 제한 지점(self-limiting point)에 도달될 때까지, 이방성 에칭 특성들을 갖는다. 이것은 역파라미터와 같이 형상화된 피트를 형성한다. 대안적으로, 그리고 도면에 도시된 바와 같이, 에칭은 자체 제한 지점에 도달하기 전에 정지될 수 있고, 따라서, 피트(208)와 같이 형상화된 피트, 즉 도 3에 도시된 바와 같이 작고 평평한 정점(302)을 가진 절단된 역 파라미드를 형성한다. 피트(208)와 같은 피트의 에칭은 더 평평한 콘택트 소자가 요구될 경우 완전히 제거될 수 있다.

<31> 피트(208)의 형성 후, 마스킹 층(204)은 기판(206)으로부터 제거될 수 있지만, 곧 이해될 수 있는 바와 같이, 이 마스킹 층(204)은 이후에 도 5에서의 다른 마스킹 층(504)으로 대체될 수 있고, 이는 마스킹 층(204)을 제거하기 보다는 마스킹 층(204)을 그 자리에 그대로 간단히 유지시키는 것을 가능하게 할 수 있다. 어느 경우에도, 본 예는 도 4에 도시된 바와 같이 마스킹 층(204)을 제거하는 것으로 고려한다.

<32> 또한 도 4에는, 여기서 베이스라 또한 언급되며 피트(208) 내에 성막되고 도시된 바와 같이 피트(208)의 표면을 라이닝(line)하는 촉매층(402)이 도시되어 있다. 촉매층(402)은 도 5에서 일반적으로 502로 나타낸 탄소 나노튜브 막을 성장시키기 위한 금속 시드 층일 수 있다. 탄소 나노튜브 막(502)은 촉매층(402)으로부터 연장되는 라인들에 의해 개략적으로 도시되어 있다. 막(502)과 같은 탄소 나노튜브 막을 촉매층(402)과 같은 촉매층 상에 성장시키기 위한 여러 알려진 방법들이 있다. 이들 방법 중 임의의 것이 본 발명을 구현하는데 적절할 수 있다. 이들 모두는 중공형 코어를 갖는 튜브 내에 형성된 탄소 원자의 단일벽(single-walled) 또는 다중벽(multi-walled) 구조체라 언급되는 탄소 나노튜브의 막을 성장시킨다. 성막되고 여기에 설명된 이 실시예에서의 이용을 위하여 고려된 나노튜브들 및 나노튜브 막들은 우수한 전기 전도체이며 인장 강도와 탄성을 면에서 매우 강하다. 탄소 나노튜브 막들이 통상적으로 가소성이라는 점, 즉 이들이 자기 본연의 상태에서 쉽게 변형한다는 점에서 일부 단점을 가질 수 있다. 바꾸어 설명하면, 이들은 조성물(composite)의 부분이 아닐 경우, 즉, 달리 다른 구조체 내에 또는 여기에 포함된 다른 구조체 내에 포함될 경우, 쉽게 변형될 수 있다.

<33> 탄소 나노튜브 막(502)이 도 5에 도시된 바와 같이 형성된 후, 프로세스에서의 추가 단계들은 티타늄(도시 생략), 구리(도시 생략), 알루미늄(도시 생략) 또는 다른 금속 또는 재료들의 층을 기판(206) 상에 성막하는 단계를 포함할 수 있다. 이들 층 모두가 순차적으로 성막될 수 있거나 또는 1개 또는 2개의 층만이 성막될 수 있다. 이러한 성막은 스퍼터링 또는 임의의 다른 적절한 방법에 의한 것일 수 있다. 다른 방법으로, 도면에 도시된 바와 같이, 이들 층의 어느 것도 성막되지 않는다.

<34> 제2 마스킹 층(504)은 희생 기판(206) 또는 금속 층들 위에 또는 가능하다면, 이들 상에 도포될 수 있다. 층(504)은 적어도 콘택트 소자(600)의 원하는 두께만큼 두꺼운 두께로 균일하게 성막될 수 있다. 통상의 두께는 25 내지 250 마이크로미터일 수 있지만, 다른 두께가 이용될 수 있다. 제2 마스킹 층(504)은 피트(208)와 정렬되는 개구부(506)를 갖도록 알려진 방식으로 패터닝된다.

<35> 개구부(506)가 설명된 대로 형성된 후, 도 6에서는 개구부(506)가 하나 이상의 금속 재료층(602)으로 층전되는 것으로 도시되어 있다. 임의의 적절한 리소그래피 프로세스가 당해 기술에 알려진 방식과 깊이로 금속 재료 층들(602)을 성막하는데 이용될 수 있다. 금속 층(602)이 성막되면, 마스킹 층(504)이 임의의 적절한 용매를 이용하여 벗겨내어지고, 콘택트 소자(600)는 알려진 방식으로 희생 기판(206)으로부터 박리된다.

<36> 이 처리는 도 6에 도시된 바와 같이 촉매층(402)을 제거 또는 부분적으로 제거할 수 있다. 다른 방법으로, 촉매층(402)이 그 자리에 그대로 남겨질 수 있다. 제거된 경우, 촉매층(402)은 에칭에 의해 제거될 수 있거나 또는 콘택트 소자(600)의 표면(604)과 연통(communicating)하는 탄소 나노튜브 막(502)을 남겨놓음으로써 달리 제거될 수 있다. 이러한 연통은 표면(604)과 동일 평면에 있는 탄소 나노튜브 막의 부분을 노출시킴으로써 이루어질 수 있다. 다른 방법으로, 탄소 나노튜브 막(502)이 아닌 콘택트 소자(600)의 표면층이 콘택트 소자(600)가 형성되는 금속을 에칭하는 에천트를 이용하여 약하게 에칭될 수 있다. 이 결과는 표면(604) 상에 노출된 막(도시 생

략)의 얇은 층을 가져오며, 이는 "수염형상(bearded)" 실시예(도시 생략)로서 보여질 수 있는 것, 즉 막(502)에서의 탄소 나노튜브의 일부가 콘택트 소자(600)의 표면(604)으로부터 연장되는 것으로 보여질 수 있는 것을 가져온다. 이는 반도체 장치 상의 패드를 접촉하기 위한 강하고 높은 전도성 구조체를 제공한다. 그리고, 막(502)은 콘택트 소자(600) 내에 포함되기 때문에, 막은 탄소 나노튜브 막(502)의 돌출된 "수염형태" 부분이 DUT(110; 도 1)의 콘택트 패드(108)에 대향하여 가압될 때 그 자리에 그대로 고정적으로 유지되어 지지된다.

<37> 다른 방법으로, 콘택트 소자(600)는 다음과 같이 형성될 수 있다. 탄소 막(502)을 성장시키는 것 보다는 또는 성장시키는 것에 더하여, 탄소 나노튜브가 피트(208)와 개구부(506) 내에 성막된 재료(602) 내에 매립될 수 있다. 따라서, 탄소 나노튜브는 도 6에 도시된 재료(602) 전반에 걸쳐 분포될 수 있다. 예를 들어, 재료(602)는 층(402) 상에 전기도금될 수 있으며 재료(602)를 도금시키는 도금 용액은 나노튜브를 포함할 수 있다.

<38> 도 7 및 도 8은 콘택트 구조체를 위해 도 8에서의 빔(800)을 형성하기 위하여 700으로 일반적으로 나타낸 리소그래피 방식으로 형성된 몰드를 나타낸다. 도 7에서, 개구부(702)가 희생 기판(706) 상에 형성된 마스킹 재료 층(704)에 형성된다. 박리층(도시 생략)이 마스킹 층(704)과 희생 기판(706) 사이에 성막될 수 있지만, 이와 같은 박리층 없이 빔(800)을 형성하기 위한 기술들도 알려져 있다. 단락층(shorting layer; 도시 생략)과 같은 추가 층들이 또한 형성될 수 있다.

<39> 도 7에서 알 수 있는 바와 같이, 개구부(702)는 대향 단부들(708, 710)을 포함할 수 있으며, 단부(708)는 단부(710)보다 더 좁으며, 이에 의해, 사다리꼴 형상을 형성한다. 임의의 형상의 빔 또는 다른 상호접속 소자가 대안적으로 이용될 수 있음을 이해해야 한다.

<40> 도 8에 도시된 바와 같이, 형태부(700)가 형성된 후, 촉매층(802)이 개구부(702) 내에 성막될 수 있다. 도 4 내지 도 6에서의 촉매층(402)에서와 같이, 촉매층(802)은 알려진 방식으로 성막되고 또한 알려진 방식으로 탄소 나노튜브 막(804)을 성장시키는데 이용되는 금속 시드층을 포함할 수 있다. 촉매층(802)은 개구부(702)의 측면부(806, 808) 중 한쪽 또는 다른쪽에만 또는 하부 표면(810)에만 도포될 수 있다. 또한, 막은 임의의 표면(806, 808, 810) 전체에 도포될 필요는 없다. 또는, 막은 도 8에 도시된 바와 같이 임의의 표면(806, 808, 810) 모두에 도포될 수 있다. 막(804)이 성장된 후, 개구부(702)가 하나 이상의 금속 재료층으로 채워져, 빔(800)이 형성된다. 이들로 한정되는 것은 아니지만, 전기도금, CVD, PVD 또는 스퍼터링을 포함한 여러 방법들이 이러한 층 또는 층들을 성막하는데 이용될 수 있다. 추가의 기술들이 또한 알려져 있으며, 본 발명을 구현하는데 이용될 수 있다. 도 9에서 알 수 있는 바와 같이, 빔(800)은 단부(710)에서 개구부(702) 내에 형성되었던 넓은 단부(852)와, 개구부(702)에서 단부(708)를 향하여 형성되었던 좁은 단부(854)를 포함할 수 있다.

<41> 다른 방법으로, 빔(800)은 다음과 같이 형성될 수 있다. 탄소 막(804)을 성장시키는 것 보다는 또는 성장시키는 것에 더하여, 빔(800)을 형성하기 위해 개구부(702) 내에 성막된 재료 내에 매립될 수 있다. 이러한 방식으로, 탄소 나노튜브가 빔(800) 전반에 걸쳐 분포될 수 있다. 예를 들어, 빔(800)은 개구부(702) 내에 빔을 형성하는 전기도금 재료에 의해 형성될 수 있으며, 빔(800)을 형성하는 재료를 도금시키는 도금 용액은 나노튜브를 포함할 수 있다.

<42> 도 8에 도시된 구성으로부터 마스킹 재료(704)를 제거한 후, 솔더 페이스트(도시 생략) 또는 등가 재료(또한 도시 생략)가 도 9에서 보여지는 바와 같이 빔(800)의 상부 표면에 및/또는 포스트부(902, 904)의 단부들에 도포될 수 있다. 그 후, 빔(800)이 반전될 수 있고 솔더 또는 다른 재료가 포스트들(902, 904)의 단부들에 빔(800)을 결합시키는데 이용될 수 있다. 그 후, 콘택트 소자(600)보다는, 빔(800)이 도 9의 구조체를 형성하기 위해 용매 또는 열의 인가에 의해 임의의 다른 적절한 방식으로 희생 기판(706)으로부터 박리될 수 있다. 콘택트 소자(600)는 알려진 방식으로 예를 들어, 솔더 페이스트를 이용하여 빔(800)에 고정될 수 있다. 콘택트 소자(600)를 빔(800)에 결합하기 위한 임의의 기술이 도 9의 구조체를 형성하기 위해 이용될 수 있음을 이해해야 한다. 다른 대안으로서, 콘택트 소자(600)와 빔(800)이 일체형으로 형성될 수 있다.

<43> 빔(800), 콘택트 소자(600) 및 포스트(902, 904)가 도 9에서 일반적으로 900으로 나타낸 프로브 또는 콘택트 구조체로서 총괄적으로 언급될 수 있다. 포스트들(902, 904)은 알려진 방식으로 기판(116; 도 1에서 또한 볼 수 있음) 상의 단자들(볼 수 없음)에 결합될 수 있다. 빔(800)은 마스킹 재료(704)에서의 개구부(702) 내에 형성되기 보다는, 희생 기판(706) 내에서 에칭되거나 또는 달리 형성된 개구부(도시 생략) 내에 형성될 수 있다. 또 다른 대안예로서, 빔(800)은 희생 기판(706)에 형성된 개구부(도시 생략)와, 마스킹 재료(704)에서의 개구부(702)의 조합으로 형성될 수 있으며, 예를 들어, 희생 기판(706)에서의 개구부(도시 생략) 상에 위치될 수 있다. 2개가 도시되어 있지만, 다소의 포스트들(902, 904)이 이용될 수 있다.

- <44> 예시적인 콘택트 구조체(900)가 콘택트 소자(600; 도 6 참조) 상의 탄소 나노튜브 막(502)과, 빔(800) 상의 탄소 나노튜브 막(804) 양쪽 모두에 의해 구현될 수 있거나, 또는 예시적인 콘택트 구조체(900)가 막들(502, 804) 중 한쪽 또는 다른 쪽에 의해서만 구현될 수 있다. 표면(810) 상에 형성된 탄소 나노튜브 막(804)은 도 9에서의 빔(800)의 상부 표면(902)에 있다. 도 1에서 알 수 있는 바와 같이, 프로브 또는 콘택트 소자(900)가 반도체 패드(108)에 대향하여 가압될 수 있을 때, 빔(800)은 도 9에 보여지는 바와 같이 하향 방향으로 휘어질(flex) 수 있다. 이는 표면(902) 바로 밑에 형성된 탄소 나노튜브 막(804)을 인장 상태로 둔다. 따라서, 막(804)은 빔 크래킹에 저항하도록 기능함으로써 빔(800)의 인성(toughness)을 증가시킨다. 다른 재료들을 빔(800)의 축방향을 따라 성막시키거나 또는 형성시켜, 빔(800)의 선택된 특성들 또는 특징들을 추가 또는 향상시킬 수 있다. 예를 들어, 높은 전기 전도성 재료(예를 들어, 구리)가 빔(800)의 전기 전도성을 증대시키도록 성막 또는 형성될 수 있다. 높은 탄성 재료가 빔(800)의 탄성을 증대시키도록 형성 또는 성막될 수 있다.
- <45> 본 발명의 대안의 실시예는 도 10a에 나타낸 콘택트 구조체(1000)로 구현될 수 있다. 콘택트 구조체(1000)는 상호접속 소자로서 기능할 수 있는 보디부(1002; 예를 들어, 와이어일 수 있음)를 포함할 수 있다. 보디부(1002) - 이 보디부는 탄성 또는 스프링 형태의 특성들을 가질 수 있음 - 는 단자(1004) 상에 설치될 수 있고 이어서 이 단자는 기판(1006)에 부착될 수 있다. 기판(1006)은 프로브들이 도 9에서의 콘택트 구조체(900)와 같기보다는 도 10a에서의 콘택트 구조체(1000)와 같다는 점을 제외하면, 도 1에서의 기판(116)과 같은 프로브 기판일 수 있다.
- <46> 콘택트 구조체(1000)는 알려진 방식으로 보디부(1002)의 상부 단부 상에 배치될 수 있는 콘택트 소자(1008)를 더 포함할 수 있다. 도 9에서의 콘택트 소자(600)와 도 10a에서의 콘택트 소자(1008)를 비교함으로써 알 수 있는 바와 같이, 콘택트 소자(1008)가 다른 형상을 갖고 있다는 점을 제외하면, 콘택트 소자(1008)는 콘택트 소자(600)와 유사한 방식으로 리소그래피 방식으로 형성될 수 있다. 그러나, 콘택트 소자(1008)는 도 10a에 도시된 것과 다른 형상을 취할 수 있다. 예를 들어, 콘택트 소자(1008)는 도 10a에 나타낸 일반적으로 원형 형상이기보다는 일반적으로 정사각형, 직사각형, 타원형 등일 수 있다.
- <47> 당해 기술에 알려져 있고 도 10b에 나타낸 바와 같이, 보디부(1002)는 금 와이어와 같은 비교적 연성인 코어(1050)로부터 형성될 수 있고, 이 후 비교적 높은 항복 강도를 갖는 경성 재료(hard material; 1052)로 오버코팅될 수 있다. 예를 들어, 금 와이어가 전기화학적 도금을 통하여 니켈 또는 니켈의 합금에 의해 코팅될 수 있다. 반대로, 비교적 경성인 코어가 스템핑 또는 다른 프로세스에 의해 형성될 수 있고, 이 후 금과 같은 우수한 콘택트 재료로 도금될 수 있다.
- <48> 어떠한 경우에도, 보디부(1002)는 탄소 나노튜브(1054)를 포함할 수 있는 알려진 도금 기술(예를 들어, 전기 화학적 도금)을 이용하여 도금 용액으로 도금될 수 있다. 또한, 탄소 나노튜브들은 종종 용액 내에 부유 상태로 제공되고, 보디부(1002)를 도금하기 위한 도금 용액 내에 쉽게 포함될 수 있다. 또한, 일부 실시예에서, 나노튜브(1054)는 코어(1052)에 대해 친화력을 가질 수 있고, 도 10b에 나타낸 바와 같이, 나노튜브의 길이 방향을 따라 코어(1050)와 일반적으로 자체 정렬될 수 있다. 예를 들어, 코어(1052)가 구리 와이어인 경우, 재료가 코어(1054) 상에 형성한 구리 와이어 상에 도금 용액 플레이트들을 형성할 때, 도 10b에 나타낸 바와 같이 도금 용액 내의 나노튜브(1054)는 자신들의 길이 방향을 따라 자체 정렬되기 쉬울 수 있다. 이는 보디부(1002)의 인성 및 전도성을 증대시킬 수 있다. 이러한 도금 기술에 따라, 보디부(1002)가 도금될 수 있거나, 또는 콘택트 소자(1008)가 도금될 수 있거나 또는 보디부(1002)와 콘택트 소자(1008)가 도금될 수 있음을 이해해야 한다. 요약하면, 콘택트 소자(1008)와 보디부(1002) 중 어느 한쪽 또는 양쪽 모두가 탄소 나노튜브들을 포함할 수 있다. 그리고, 이들 나노튜브들은 도 2 내지 도 8과 연결되어 설명된 바와 같이 리소그래피 프로세스와 연결되어 막을 성막하는 것을 통해, 또는 방금 설명한 바와 같이 도금에 의해 또는 막 성장 및 도금 양쪽 모두에 의해 포함될 수 있다.
- <49> 도 11 내지 도 13은 본 발명의 일부 실시예들 내에 포함될 수 있는 탄소 나노튜브 막과 관련 구조체의 개략도를 나타낸다. 도 11에서, 탄소 나노튜브 막(1100)은 촉매 기판(1102) 상에 성장될 수 있다. 다른 촉매 충들과 같은 촉매 기판(1102)은 탄소 나노튜브 막을 성장시키는데 이용되는 시드 금속일 수 있다. 기판 상에 정렬된 탄소 나노튜브들의 막을 성장시키는데 몇몇 알려진 방법이 있으며, 본 발명의 실시예들 내에 포함된 탄소 나노튜브들은 임의의 접근 방식을 포함할 수 있다. 추가로, 얹혀있는(tangled) 탄소 나노튜브들이 또한 본 발명의 실시예들에 대하여 적응된다. 도 11에 도시된 바와 같이, 촉매 기판(1102)이 첫 번째로 적절한 베이스(도시 생략) 상에 놓여질 수 있으며, 그 후, 탄소 나노튜브 막(1100)이 촉매 기판(1100) 상에서 성장될 수 있다. 결과적인 막은 공동으로 비교적 압축된(compact) 탄소 나노튜브들 사이의 내부 공간들을 포함할 수 있다. 탄소 나노튜브 각각은 수 나노미터 정도에 있을 수 있는 지름을 갖는다. 압축된 탄소 나노튜브들 사이의 공간들(1106)은 수 마이크론

에서부터 수십 마이크론까지의 범위에 있을 수 있다. 이는 비교적 가소성일 수 있는 탄소 나노튜브 막을 생성하는데, 즉, 탄소 나노튜브 막이 쉽게 변형된다.

<50> 탄소 나노튜브 막(1100)이 성장된 후, 도 11에 도시된 바와 같이, 구리와 같은 (도 12에서의) 금속 층(1200)이 탄소 나노튜브 막(1100)의 상부 표면(1104)에 도포될 수 있다. 이는 스퍼터링에 의해 이루어질 수 있거나 또는 도 12에 도시된 형상부를 갖는 금속 슬러그와 같은 금속 층(1200)을 개별적으로 형성함으로써 이루어질 수 있다. 이러한 접근 방식에서, 전도성 에폭시(1110) - 이 에폭시는 은과 같은 금속으로 함침시킨 에폭시를 포함함 - 는 탄소 나노튜브 막(1100)의 표면(1104)에 도포될 수 있다. 그 후, 금속 층(1200)을 포함한 구리 슬러그가 표면(1104) 상에 놓일 수 있고, 이에 따라 전도성 에폭시(1110)를 통하여 탄소 나노튜브 막(1100)에 기계적 및 전기적으로 접속될 수 있다.

<51> 도 13에서는, 도 12의 구조체가 반전된 상태로 되고 촉매층(1102)이 제거되어, 따라서, 탄소 나노튜브 막(1100)의 표면(1300)을 노출시킨 상태로 도시되어 있다. 촉매층(1102)은 기계적으로 제거될 수 있는데, 예를 들어, 촉매층(1102)은 탄소 나노튜브 막(1100)으로부터 벗겨내고 따라서 도 13의 구성을 남겨놓는다. 도 13의 구성은 도 14에서의 개략적인 형태로 일반적으로 1402로 나타낸 콘택트 구조체 또는 프로브의 일부분일 수 있는 콘택트 소자(1400)로서 이용될 수 있다.

<52> 도 13에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 일부 실시예에서 층전 층(1350)이 탄소 나노튜브 막(1100)의 표면(1300) 상에 성막될 수 있다. 층(1350) - 이 층은 은, 로듐, 프로합금(proballoy) 또는 막(1100)을 공동으로 형성하는 나노튜브들의 단부들을 고정(tying)하기에 적합한 임의의 다른 재료와 같은 재료를 포함할 수 있음 - 은 이러한 재료를 성막(예를 들어, 스퍼터링, 전착, 화학적 성막 등)하기에 적합한 임의의 방식으로 성막될 수 있다. 이러한 층(1350)은 막(1100)을 형성하는 나노튜브들 사이의 캡을 층전시킬 수 있으며, 이는 데브리스 또는 잔류물이 (이 때 재료(1350)에 의해 형성된) 콘택트 소자(1400)의 콘택트 표면 상에 잔류(lodge)하거나 또는 포획(trap)될 가능성을 감소시킬 수 있다. 예를 들어, 층(1350)은 나노튜브들 사이의 캡에 달리 잔류하거나 포획된 데브리스 또는 잔류물이 콘택트 소자(1400)에 달라붙는 것을 방지할 수 있다. 층(1350)은 콘택트 소자(1400)가 DUT(110)와 같은 DUT를 단자에 접촉하는데 이용되는 도 1의 콘택트 구조체(106)와 같은 콘택트 구조체를 위한 콘택트 텁을 형성하는 실시예들에서 특히 바람직할 수 있다. 그러나, 다른 실시예들에서, 층(1350)은 탄소 나노튜브 막(1100)의 표면(1300) 상에 성막되지 않는다.

<53> 콘택트 소자(1400)는 프로브가 도 9 또는 도 10에서의 콘택트 구조체와 같기 보다는 도 14에서의 콘택트 구조체(1402)와 같을 수 있다는 것을 제외하면, 도 1에서의 기판(116)과 같은 프로브 기판일 수 있는 기판(1406) 상의 단자(1404)에 부착된 보디부(1403)에 부착될 수 있다. 예를 들어, 보디부(1403)는 단자(1404)에 본딩된 와이어일 수 있다. 이러한 와이어는 예를 들어, 탄성, 스프링 형태의 특성을 갖도록 재료를 포함할 수 있거나 및/또는 성형될 수 있다. 콘택트 소자(1400)는 솔더 접속부(1408)를 통하여 보디부(1403)에 전기적 및 기계적으로 접속될 수 있다. 금속 층(1200)은 도 1의 패드(108)들 중 한 패드와 같은 반도체 패드에 대항하여 표면(1300)이 가압될 때 탄소 나노튜브 막(1100)을 지지하는 구조적 강성을 제공할 수 있다. 막(1100)은 도 1에서의 DUT(110)와 같은 DUT들 상의 패드들에 대항해 반복되는 가압 접속을 행하기에 양호한 전기 접촉 및 구조적 인성을 제공한다.

<54> 도 15 내지 도 17은 본 발명의 일부 실시예에 포함될 수 있는 정렬된 탄소 나노튜브 막을 성장시키기 위한 프로세스의 순차적인 도면을 나타낸다. 도 15에서, 금속 시드 층을 포함할 수 있는 촉매층(1500)이 적절한 베이스(1502) 상에 제공될 수 있다. 촉매층(1500)과 베이스(1502)는 여기에서 베이스로서 총괄적으로 언급될 수 있다. 탄소 나노튜브 막(1504)이 촉매층(1500) 상에서 성장될 수 있다. 8개의 홀들 - 이 홀들 중 한 홀이 1506일 수 있음 - 이 탄소 나노튜브 막(1504) 내에 형성될 수 있다. 홀들의 개수는 단지 예시적인 것에 불과하며, 다소의 홀들이 있을 수 있다, 즉, 임의의 개수가 이용될 수 있다. 홀들의 형상도 마찬가지로 단지 예시적인 것에 불과하며, 홀들은 임의의 형상(예를 들어, 정사각형, 직사각형, 타원형 등)을 취할 수 있다. 이를 홀(1506)은 통상적인 리소그래피 기술을 이용하여 베이스(1502) 상의 촉매층(1500)을 패터닝함으로써 형성될 수 있다. 이것은 베이스 상의 패턴을 정의한다. 간단히 말하면, 촉매층(1500)이 베이스(1502) 상에 형성된 후, 8개의 홀들(볼 수 없음) - 각각의 홀은 탄소 나노튜브 막(1504) 내의 홀(1506)과 같은 홀들에 대응함 - 이 촉매층(1500)에 형성될 수 있다. 그 결과, 탄소 나노튜브 막(1504)은 촉매층(1500)에서의 홀들(볼 수 없음) 상에 성막되지 않는다. 이는 도 15에 도시된 구조체를 형성한다. 상술한 바와 같이, 8개의 홀들이 도시되어 있지만, 다소의 홀들이 이용될 수 있다.

<55> 그 후, 금속 층(1600)이 도 12를 참조로 설명된 것과 동일한 방식으로 금속층(1600)의 형상부 내에 금속 슬러그

를 부착하기 위해 스퍼터링함으로써 또는 전도성 애폴시를 이용함으로써 형성될 수 있다.

<56> 도 17에서는, 도 16의 구조체를 반전시키고, 촉매층(1500)과 베이스(1502)를 도 11 내지 도 13의 프로세스로 나타낸 것과 동일한 방식으로 제거된, 즉, 촉매층(1500)이 막과 촉매층의 접합부에서 탄소 나노튜브 막(1504)으로부터 기계적으로 벗겨내어질 수 있는 것으로서 도시되어 있다. 그 결과, 도 17에 노출된, 홀(1506)과 같은 홀들의 단부는 도 15에 도시된 것과 반대의 단부가 된다.

<57> 그 후, 금속이 도 17에 보여지는 바와 같이 탄소 나노튜브 막(1504)의 상부 표면 상에 스퍼터링되거나 도금되거나 또는 달리 성막될 수 있다. 이는 등근 금속 포스트, 또는 스터드(1700, 1702)와 같은 스터드를 갖는 8개의 홀들 각각을 충전시킬 수 있다. 스터드의 형상을 노출시키고 각각의 스터드가 그 대응하는 홀 내에 어떻게 끼워 맞추어지는지를 나타내기 위해 스터드(1700)가 홀들(1506)로부터 분해되어 도시되어 있다. 원형 및 원통형 스터드(1700, 1702)로서 도시되어 있지만, 스터드는 다른 형상(예를 들어, 일반적으로 정사각형, 직사각형, 타원형 등의 형상을 갖는 구조체)일 수 있다.

<58> 스퍼터링의 결과, 도 17에서 보여지는 바와 같이, 탄소 나노튜브 막(1504)의 전체 상부 표면이 또한 스퍼터링된 금속(도시 생략)으로 덮여질 수 있다. 알려진 연마용 평탄화 기술들을 이용하여 상부 표면 상의 스퍼터링된 금속을 제거할 수 있다. 이는 또한 각각의 슬러그들을 갖는 탄소 나노튜브 막(1504)의 상부 표면을 평탄화시킬 수 있고, 따라서, 각각의 스터드(1700, 1702)의 상부 표면과 탄소 나노튜브 막(1504)의 전체 상부 표면을 노출시키며, 이들 표면은 평탄화의 도면인 도 17에 나타낸 바와 같이 실질적으로 공평면이 된다.

<59> 도 17의 결과적인 구조체가 수개의 방식으로 이용될 수 있다. 첫 번째로, 구조체는, 콘택트 소자(1400)가 도 14에서의 보디부(1403) 상에 탑재되는 것과 동일한 방식으로 상호접속 소자 상에 탑재된 콘택트 소자로서 이용될 수 있다. 즉, 도 17의 구조체가 도 14의 실시예에서의 콘택트 소자를 대신하여 이용될 수 있다. 금속층(1600)은 도 14의 실시예에서의 금속 층(1200)과 동일한 구조적 이점들을 제공할 것이다 - 또한, 금속층의 아래쪽은 도 17의 구조체가 솔더 접속부(1408)가 콘택트 소자(1400)를 와이어(1403)에 접속시키는 것과 동일한 방식으로 와이어(1403) 또는 다른 상호접속 소자에 솔더링되는 경우가 된다.

<60> 두 번째로, 도 17에 도시된 구조체는 단지 콘택트 소자 또는 텁 보다는 전체 콘택트 구조체를 포함하도록 서로 다른 스케일로 형성되거나 및 소정의 비율로 조정될 수 있다. 달리 말하면, 적절하게 스케일링되고 소정의 비율로 조정되고 도 17에 도시된 것과 같은 구조체가 기판 상에 직접 설치될 수 있다, 즉, 금속 층(1600)이 도 10a에서와 같이 기판 단자에 접속될 수 있다. 다른 방법으로, 도 17에 도시된 구조체는 도 8 및 도 9의 빔(800)과 같은 비율로 조정될 수 있고, 포스트(902, 904)와 같은 포스트에 부착될 수 있으며, 이어서, 이 포스트는 (기판(116)과 같은) 기판의 단자에 부착된다. 그 결과, 탄소 나노튜브 막(1504) 및/또는 포스트들(1700, 1702)과 같은 금속 포스트들이 도 17에서의 탄소 나노튜브 막(1504)의 상부 표면과 가압 접촉하는 상태에 있을 수 있는 DUT 상의 패드와, 금속층(1600)이 예를 들어, 솔더 조인트(도시 생략)로 부착될 수 있는 기판(또한 도시 생략) 상의 단자(도시 생략)와의 사이에 전기적 접속을 제공할 수 있다.

<61> 도 17에 도시된 구조체는 임의의 많은 다른 크기일 수 있다. 일부 실시예에서, 예를 들어, 도 17의 구조체는 소형(miniature)일 수 있다. 도 17의 구조체의 비제한적인 치수는 약 800 마이크로미터의 길이 L과 약 400 마이크로미터의 폭 W을 포함한다. 스터드(1700, 1702)의 비제한적인 치수는 약 50 마이크로미터의 높이 H와, 약 100 마이크로미터의 지름 D를 포함한다. 상술한 치수는 단지 예시적인 것에 불과하며, 도 17의 구조체는 다른 치수들을 가질 수 있다.

<62> 또한, 포스트들(1700, 1702)은 도 1의 패드(108)와 같은 DUT 패드들과의 반복된 가압 접속들을 제공하기 위한 탄성 및 강성을 제공할 수 있다. 그리고, 탄소 나노튜브 막(1504)은 이러한 우수한 열 전도성 및 전기 전도성과 같은 유리한 특성들을 제공할 수 있다. 또한, 막(1504)을 구성하는 탄소 나노튜브들의 인성은 도 1에서의 패드(108)와 같은 DUT 패드들과 나노튜브 막(1504) 사이의 반복된 강한 가압 접속을 행하는 것을 가능하게 한다.

<63> 탄소 나노튜브들을, DUT 패드들에 대한 가압 접속을 행하는데 이용되는 콘택트 구조체들 내에 구현시키는 것은 도 9 및 도 10에 도시된 것과 같은 콘택트 구조체 또는 다른 유형의 콘택트 구조체에 대해 행해질 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예들은 이러한 콘택트 구조체에 대한 임의의 유형의 제조 방법을 이용하여 실시될 수 있다.

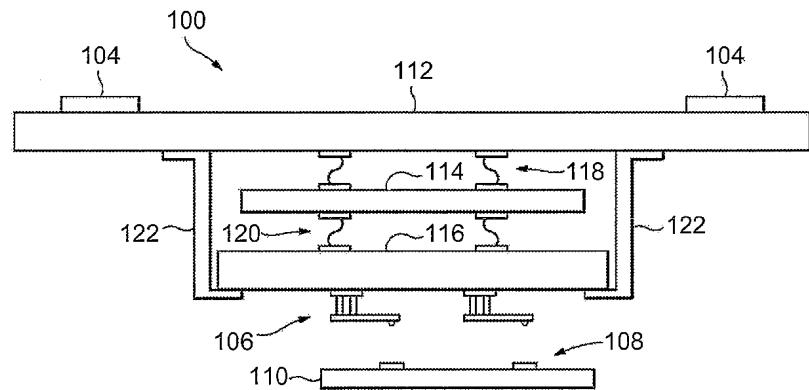
<64> 본 발명의 예시적인 실시예에서 본 발명의 원리가 설명되고 나타내었지만, 본 발명은 이러한 원리로부터 벗어남이 없이 배치 및 세부 사항에 있어 변형될 수 있음을 이해해야 한다. 본 출원인은 모든 변형 및 수정이 본 발명의 사상 및 범위 내에 들어오는 것임을 주장한다.

도면의 간단한 설명

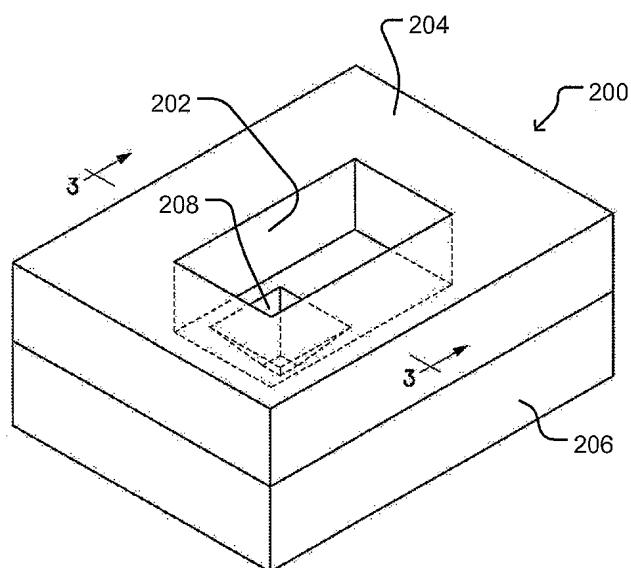
- <5> 도 1은 본 발명의 일부 실시예에 따라 상부에 탑재된 프로브 헤드를 포함한 프로브 카드 어셈블리의 블록도를 나타낸다.
- <6> 도 2는 탄소 나노튜브를 포함한 콘택트 구조체를 형성하는 예시적인 방법의 일부분을 나타내는 회생 기판 및 관련 재료들의 사시도를 나타낸다.
- <7> 도 3은 도 2에서의 선 3-3을 따라 절단한 도면이다.
- <8> 도 4는 탄소 나노튜브를 포함한 콘택트 구조체를 형성하는 예시적인 방법의 일부분을 나타내는, 도 3에 도시된 구조체의 확장도를 나타낸다.
- <9> 도 5 및 도 6은 탄소 나노튜브를 포함한 콘택트 구조체를 형성하는 예시적인 방법의 일부분을 나타낸다.
- <10> 도 7은 탄소 나노튜브를 포함한 콘택트 구조체를 형성하는 예시적인 방법의 일부분을 나타내는 회생 기판과 관련 재료들의 사시도를 나타낸다.
- <11> 도 8은 도 7에서의 선 8-8을 따라 절단한 확장도이다.
- <12> 도 9는 탄소 나노튜브를 포함한 콘택트 구조체의 사시도를 나타낸다.
- <13> 도 10a는 다른 탄소 나노튜브를 포함한 콘택트 구조체의 사시도를 나타낸다.
- <14> 도 10b는 도 10a의 선 10B-10B을 따라 절단한 도 10a의 콘택트 구조체의 보디부의 단면도를 나타낸다.
- <15> 도 11 내지 도 13은 본 발명의 일부 실시예에 포함될 수 있는 정렬된 탄소 나노튜브 막을 성장시키는 프로세스의 순서도를 나타낸다.
- <16> 도 14는 탄소 나노튜브를 포함한 콘택트 구조체의 개략도를 나타낸다.
- <17> 도 15는 패터닝된 탄소 나노튜브 막의 사시도를 나타낸다.
- <18> 도 16은 도 15에서의 탄소 나노튜브의 상부부분에 부착된 금속 슬러그를 갖는 도 15의 막의 사시도를 나타낸다.
- <19> 도 17은 반전시킨 도 16의 탄소 나노튜브를 반전시킨 도면으로서, 막이 제거된 상태에서 복수의 금속 포스트들이 도시되어 있으며 이들 금속 포스트 중 하나가 패터닝된 탄소 나노튜브로부터 분해되어 있다.
- <20> 이 설명과 결합하여 제공되는 도면들은 완전한 것이기보다는 특정한 장치의 부분들과 장치들을 형성하는 방법을 나타낸다. 다음의 설명과 함께, 도면은 본 발명의 일부 실시예에 따른 장치 및 방법의 원리를 논의하고 설명한다. 도면에서, 층들 및 영역들의 두께는 명료화를 위해 일부 경우에 과장될 수 있다. 또한, 층이 다른 층 또는 기판 "위에" 있는 것으로 언급되어 있을 때, 층이 다른 층 또는 기판에 직접 있을 수 있거나 또는 개재된 층들이 또한 존재할 수 있는 것으로 이해될 것이다. 서로 다른 도면에서의 동일한 도면 부호는 동일한 구성요소를 나타내며, 따라서, 이들의 설명은 생략될 것이다.

도면

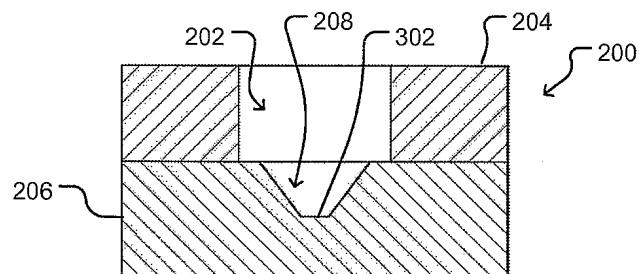
도면1



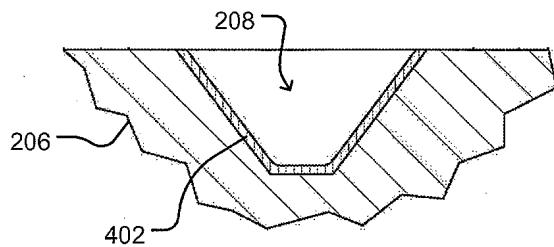
도면2



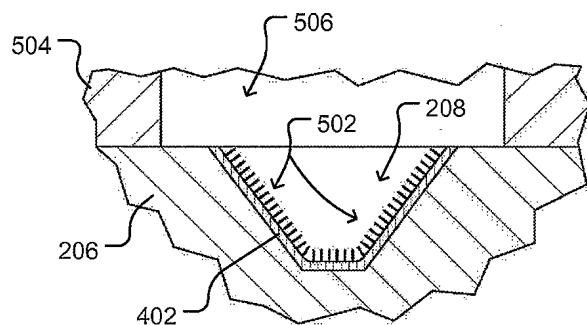
도면3



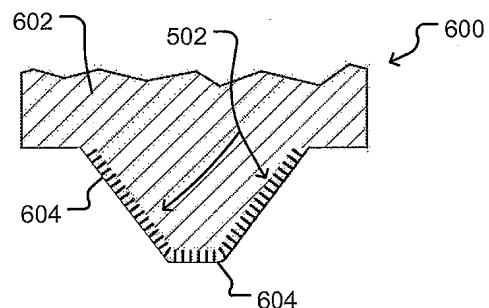
도면4



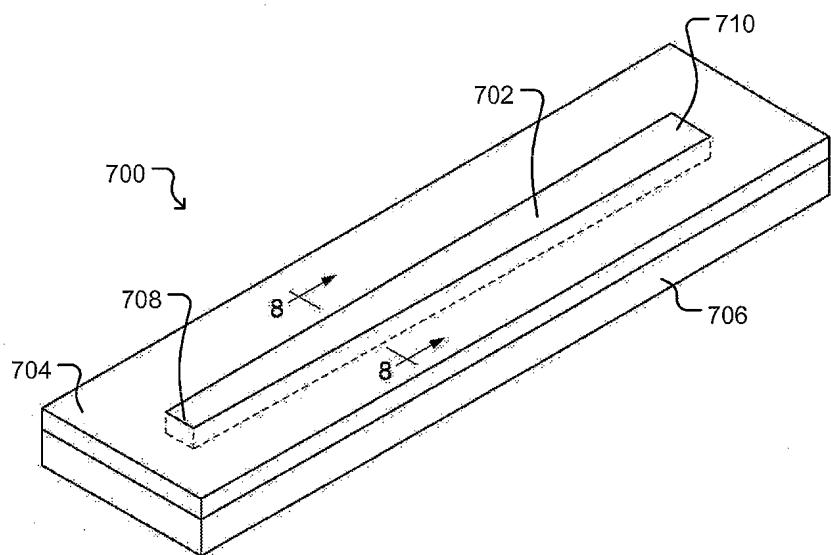
도면5



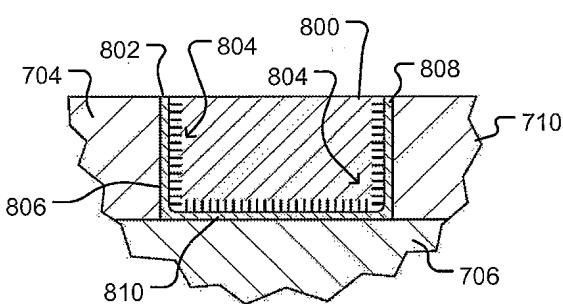
도면6



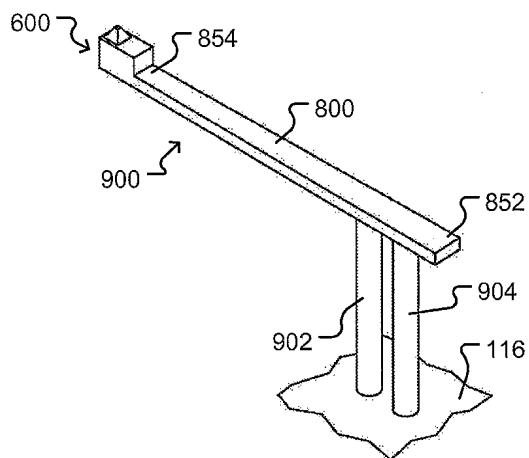
도면7



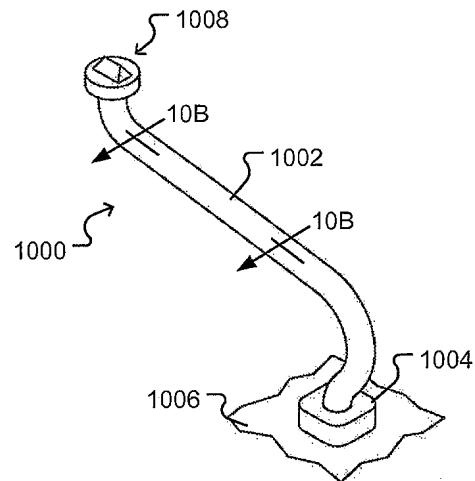
도면8



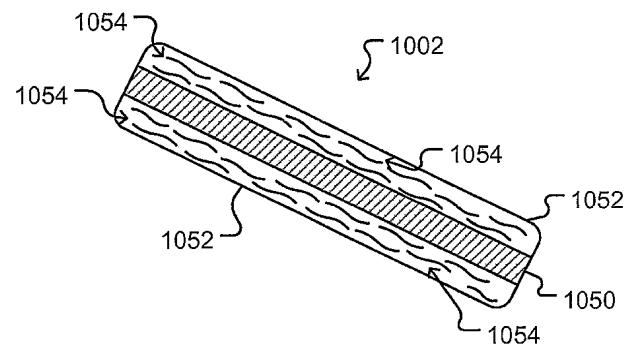
도면9



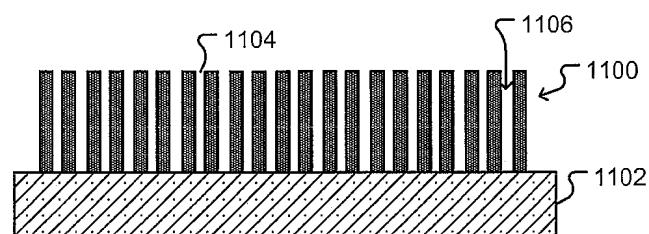
도면10a



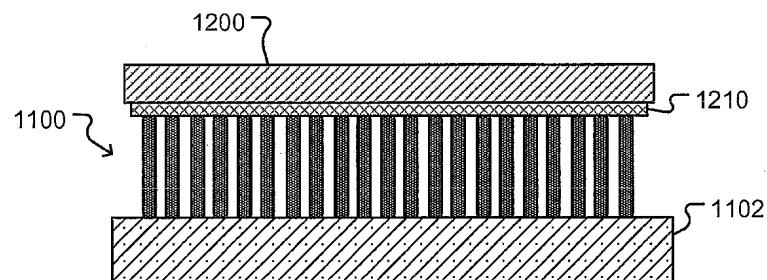
도면10b



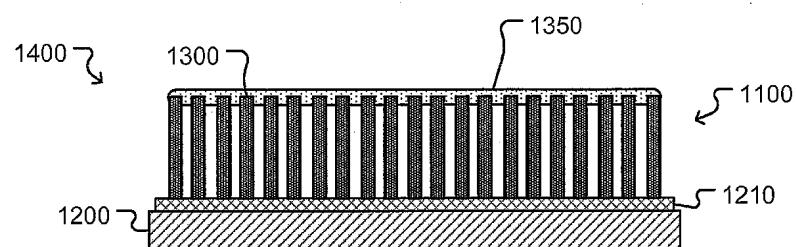
도면11



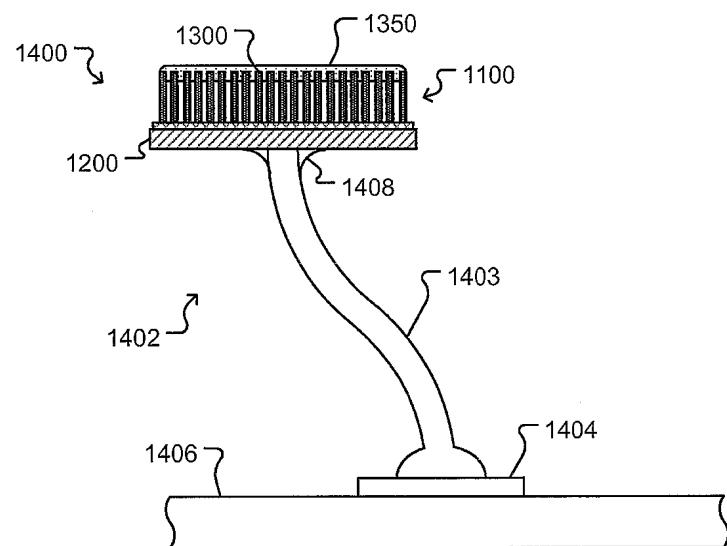
도면12



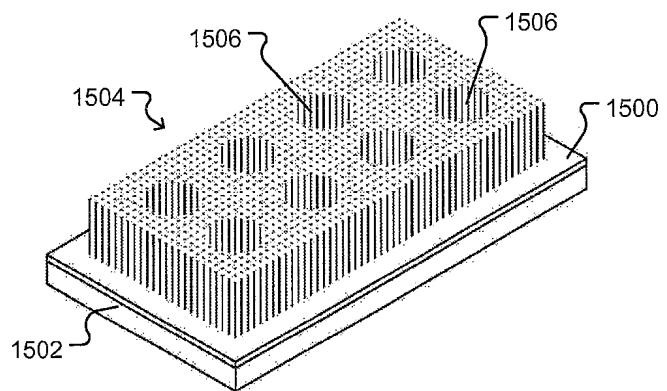
도면13



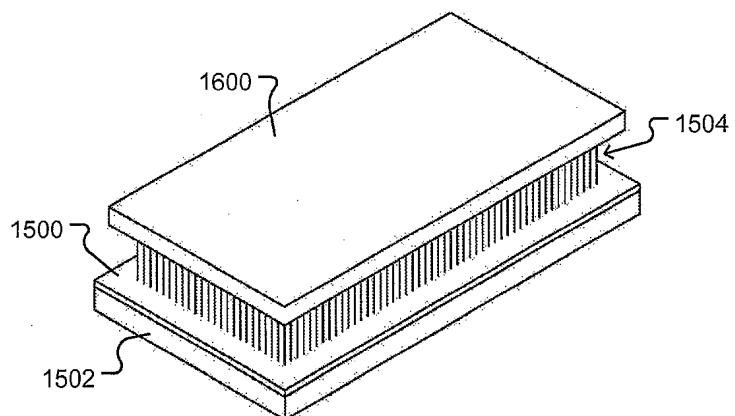
도면14



도면15



도면16



도면17

