(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년06월08일
(11) 등록번호 10-1150312
(24) 등록일자 2012년05월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*H01L 21/60* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2004-0078075
(22) 출원일자 2004년09월30일
심사청구일자 2009년06월19일
(65) 공개번호 10-2005-0032013
(43) 공개일자 2005년04월06일
(30) 우선권주장
10/675,260 2003년09월30일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020020051816 A
JP2000195896 A
JP2002324797 A
JP2003068740 A
전체 청구항 수 : 총 9 항

(73) 특허권자
**에이저 시스템즈 인크**
미합중국 펜실베니아 18109 알렌타운 노스이스트 아메리칸 파크웨이 1110
(72) 발명자
**마크아담배치만**
미국, 피에이 19608, 신킹 스프링, 에스더 써클 3
**데니얼패트릭체서**
미국, 에프엘 34787,윈터 가든, 윈터미어 포인테 드라이브 2018
*(뒷면에 계속)*
(74) 대리인
**장훈**

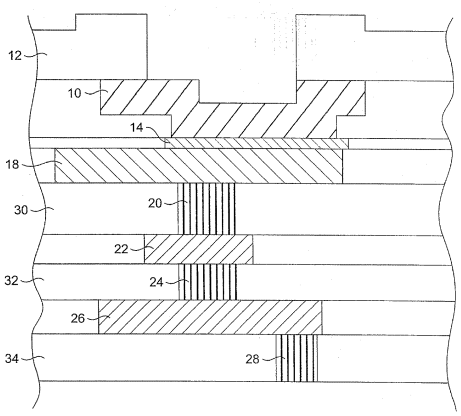
심사관 : 홍종선

(54) 발명의 명칭 **본드 패드를 강화하기 위한 방법들 및 시스템**

## (57) 요 약

집적 회로의 접촉 패드를 강화하기 위한 강화 시스템 및 방법이 개시된다. 특히, 상위 접촉 패드층과 하위 금속층 사이에 삽입된 강화 구조물을 포함하는 시스템 및 방법이 예시된다.

## 대 표 도



(72) 발명자

**세일리쉬맨신머천트**

미국, 피에이 18031, 브리닉스빌, 어파트먼트 케이 201, 모서로드 1063

**존윌리엄오센바크**

미국, 피에이 19503, 쿠쯔타운, 윌넛 드라이브 17

**커트조지스타이너**

미국, 피에이 18051, 포겔스빌, 블로섬 하이츠 7922

## *특허청구의 범위*

**청구항 1**

반도체 집적 회로에 있어서:

금속으로 형성된 와이어 본딩 패드(wire bonding pad);

상기 와이어 본딩 패드 아래에 상기 와이어 본딩 패드와 접촉하여 형성된 금속 강화층(metal reinforcing layer)으로서, 상기 금속 강화층은 일련의 병렬 스트라이프를 형성하도록 패턴화되고, 연장 영역에 걸쳐 본딩력을 분산시켜 상기 와이어 본딩 패드를 강화시키도록 구조화되는, 상기 금속 강화층;

상기 금속 강화층 아래에 상기 금속 강화층과 접촉하도록 배치된 적어도 하나의 금속층; 및

상기 집적회로 내에서 연장하고, 상기 금속 강화층과 각각의 상기 적어도 하나의 금속층 사이에 위치된 적어도 하나의 부서지기 쉽거나 연질의 층간 유전체층(brittle or soft inter-level dielectric layer)을 포함하는, 집적 회로.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서, 상기 금속 강화층은 질화 티타늄(titanium nitride), 질화 텅스텐(tungsten nitride), 질화 니켈(nickel nitride), 질화 탄탈룸(tantalum nitride) 및 그들의 조합과 합금을 포함하는 그룹으로부터 선택되는 내화성 금속(refractory metal)인, 집적 회로.

**청구항 3**

제 1 항에 있어서, 상기 일련의 병렬 스트라이프는 서로 연결된 금속 스트라이프의 격자인, 집적 회로.

**청구항 4**

제 1 항에 있어서, 상기 와이어 본딩 패드의 상기 금속은 알루미늄, 구리, 및 알루미늄과 구리의 합금들을 포함하는 그룹으로부터 선택되는, 집적 회로.

**청구항 5**

제 1 항에 있어서, 상기 금속 강화층의 두께는 100 내지 600 nm인, 집적 회로.

**청구항 6**

반도체 집적 회로 내의 와이어 본딩 패드를 강화하는 방법에 있어서:

상기 와이어 본딩 패드 아래에 적어도 하나의 금속층을 제공하는 단계; 및

상기 와이어 본딩 패드와 상기 적어도 하나의 금속층 사이에 적어도 하나의 금속 강화층을 제공하는 단계로서, 상기 금속 강화층은 상기 와이어 본딩 패드 아래에 상기 와이어 본딩 패드와 접촉하여 형성되고, 상기 금속 강화층이 연장 영역에 걸쳐 본딩력을 분산시켜 상기 와이어 본딩 패드를 강화시키도록 상기 금속 강화층은 일련의 병렬 스트라이프를 형성하도록 패턴화되고, 상기 와이어 본딩 패드, 상기 금속 강화층 및 상기 적어도 하나의 금속층은 도전적으로 접촉되는, 상기 적어도 하나의 금속 강화층을 제공하는 단계를 포함하는, 와이어 본딩 패드 강화 방법.

**청구항 7**

제 6 항에 있어서, 상기 와이어 본딩 패드는 알루미늄, 구리 또는 그들의 조합 또는 합금이고, 상기 적어도 하나의 금속층은 알루미늄, 구리, 또는 그들의 조합 또는 합금이고, 상기 금속 강화층은 내화성 금속의 패턴화된 구조인, 와이어 본딩 패드 강화 방법.

**청구항 8**

제 6 항에 있어서, 상기 금속 강화층의 두께는 100 내지 600 nm인, 와이어 본딩 패드 강화 방법.

**청구항 9**

제 6 항에 있어서, 상기 일련의 병렬 스트라이프는 서로 연결된 금속 스트라이프의 격자로 형성되는, 와이어 본딩 패드 강화 방법.

**청구항 10**

삭제

**청구항 11**

삭제

**청구항 12**

삭제

**청구항 13**

삭제

**청구항 14**

삭제

**청구항 15**

삭제

# *명 세 서*

## *발명의 상세한 설명*

### *발명의 목적*

#### *발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술*

[0004] 본 발명은 일반적으로 반도체 장치들 및 프로세스들의 분야에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 본드 패드(bond pad)를 강화하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다.

#### *발명이 이루고자 하는 기술적 과제*

[0005] 반도체 프로세싱에 있어서 널리 공지된 문제의 영역은 반도체 집적 회로 상의 본드 패드에 솔더(solder), 와이어 또는 다른 본딩 요소들을 부착하는 프로세스이다. 이러한 본드 패드들은 일반적으로 통상 산화 실리콘 및 어떤 유기 물질들인 부서지기 쉽거나 연질인(brittle and/or soft) 유전체 물질들의 하나 이상의 층들 또는 스택들 상에 평탄화 및 절연 목적으로 배치된다. 수소 실시큐산(hydrogen silsesquioxane: HSQ), 에어로젤, 유기 폴리이미드, 및 파릴렌과 같은 일부 유전체 물질들은, 산화 실리콘과 비교하여 그들의 낮은 유전체 상수들에 대해서는 유리하지만, 구조적, 기계적으로 더 약하다.

[0006] 본딩 프로세스 동안, 본드 패드로의 본딩 모세관 끝(bonding capillary tip)에 의해 공급되는 기계적 로딩과 초음파 압력들이 종종 하부의 유전체들의 파손(fracture), 하부의 금속 구조들의 변형(deformation), 및 금속 구조들의 층상 조직 분리(delamination of the layers in the metal structures)를 야기한다. 이러한 본딩 실패들은 본딩 모세관 끝이 본드 패드에서 떨어져 나감에 따라 본드 패드와 하부 층들에서의 분화구(crater)들로서 나타날 수 있다. 그러나, 이러한 결함들은 종종 본딩하는 동안에는 뚜렷하지 않지만, 후속의 본드 풀(bond pull)과 쉐어 테스트(shear test)들, 열 사이클(termal cycle) 또는 열 충격(termal shock)과 같은 신뢰성 테스트들, 또는 디-프로세싱(de-processing)과 크로스-섹셔닝(cross-sectioning)에서 명백해진다.

[0007] 더욱이, 본드 패드 구조의 취약점은 또한 본딩에 앞서 웨이퍼의 프로빙(probing) 동안 그 자체를 드러낼 수 있다. 다시 말해서, 일반적으로 텅스텐과 같은 경질 금속으로 형성되는 프로브(probe) 끝에 의해 가해지는 압력들은, 본드 패드들 상에서 연질 금속의 알루미늄에 접촉된다는 사실에도 불구하고 패드들 내의 국소적 파손

들을 야기할 수 있다. 그러한 파손들은 본딩 동안 야기된 것만큼 신뢰성에 대한 위험 요소이다. 이렇게 와이어 본딩으로 합성된 것과 패키지 어셈블리는 신뢰성을 더욱 위험하게 할 수 있다.

[0008] 전통적으로, 본딩 실패들은 초음파 파워, 펄스 파형, 본딩 온도, 본딩 시간, 클램핑 강도, 본딩 모세관 끝의 형태 등의 본딩 변수들의 변경함으로써 해결되어왔다. 변수 설정들과 그들의 조합들을 실험하는데 많은 시간이 소비되었다. 변수 설정의 포인트들 및 구성들의 일반적 지침들이 개발되었지만, 집적 회로 장치들의 신뢰성을 지속적으로 위협하는 본딩 실패들이 아주 상당한 수준으로 잔존한다. 여전히, 실패 수준이 낮아져, 수천 개의 장치들 중 몇십개가 본딩된 이후에야 본딩 실패들이 명백해진다.

[0009] 반도체 프로세스에서의 최근의 기술 발전들은 이러한 상황을 완화하지 못한다. 보다 낮은 유전 상수를 갖는 새로운 유전체 물질들이 회로 속도를 증가시키기 위해 사용되고 있지만, 이들은 종래의 플라즈마 강화 화학 기상 증착(CDV) 유전체들보다 기계적으로 취약하다. 본드 패드 치수들을 줄이는 것은, 효과적인 본드들을 형성하기 위한 초음파 에너지의 사용에 기인하는 수직 본딩 강도 또는 강도들의 증가를 필요로 한다. 또한 본드 패드들의 손상을 피하기 위해 접근하기 어려운 보다 높은 수준의 본드 변수 설정들은 더 긴 본드 형성 시간을 야기하고, 결과적으로 작업 처리량의 손실을 야기한다. 이러한 모든 중대한 변화들은 더욱 가혹한 실패들 및 이들의 빈도 증가의 경향으로 나타난다.

## *발명의 구성 및 작용*

[0010] 따라서, 본드 패드들이 하나 이상의 구조적, 기계적으로 취약한 유전체 층들 상에 위치되는 곳에서의 프로브 및 본딩 실패의 발생을 방지하거나 최소화하는 신뢰 할 수 있는 방법이 필요하다.

[0011] 본 발명에 따라서, 종래 장치 및 방법들과 연관된 문제점들을 제거하거나 실질적으로 감소시키는 본드 패드 강화 시스템 및 방법이 제공된다.

[0012] 본 발명의 하나의 특징에서, 본 발명의 사상에 따른 본드 패드에 대한 강화 시스템은 상단 접촉 패드 금속층과 하단 금속층 사이에 배치된 강화 패턴화된 구조를 포함한다. 용어 "본드 패드" 및 "접촉 패드"는 본 명세서에서 혼용된다.

[0013] 본 발명의 다른 특징에서, 본 발명의 사상에 따른 본드 패드의 강화 시스템은 상단 금속 접촉 패드층, 적어도 하나의 하단 금속층, 및 적어도 하나의 유전체 층 또는 접촉 패드 아래에 배치된 다중 유전체 층들의 스택을 포함한다. 강화 패턴화 구조는 적어도 하나의 유전체 스택 내에 배치되어있다.

[0014] 본 발명의 또 다른 특징에서, 반도체 집적 회로에서 본드 패드를 강화하는 방법은, 금속층을 형성하는 단계, 미리 결정된 영역에 금속층을 다수의 비어있는 영역들을 갖는 미리 결정된 패턴으로 패턴화하는 단계, 상기 패턴화된 금속층 상에 금속층을 형성하는 단계, 패턴화된 금속층 내의 비어있는 영역들에 채우는 단계들을 포함한다.

[0015] 본 발명의 하나의 특징에서, 강화 패턴화된 구조는 결합되거나 상호 접속된 구조일 수 있다. 본 발명의 다른 특징에서, 강화 패턴화된 구조는 분리되거나 상호 접속되지 않고 반복하는 요소들을 포함할 수 있다. 본 발명의 기술적 이점들은, 본드 패드의 개선된 구조적 집적체가 되므로 본딩하는 동안 가해지는 힘이 본드 패드와 하단 구조들에 손상을 주지 않는다. 상기 기술적 이점들은 본딩 변수들의 변화 없이 가능하다는 것이며, 이는 프로세스 처리량을 감소시킬 수 있다. 그 결과는 신뢰성 있는 집적 회로와 본딩 실패들의 감소이다.

[0016] 상기는 본 발명의 보다 적절한 목적들의 일부를 나타낸 것이다. 이러한 목적들은 본 발명의 응용 및 더욱 현저한 특징들의 일부에 대한 단지 예시적인 것으로 이해되어야 한다. 후술되는 바와 같이, 본 발명을 수정한 다른 방식으로 본 발명을 적용함으로써 더욱 많은 유익한 결과들이 얻어질 수 있다.

[0017] 상기 일반적 설명들과 다음의 상세한 설명들은 단지 예시적인 것이고 설명적인 것이며, 청구된 바와 같이 본 발명에 제한적으로 이해되어서는 안된다. 본 발명의 이들 및 다른 양상들, 특징들 및 이점들은 양호한 실시예 및 첨부된 청구항들의 다음의 설명으로부터 명백해질 것이다.

[0018] 도 1 내지 2는 본 발명의 양호한 실시예를 예시한다. 도 1 은 와이어 본딩, 플립 칩 본딩, 및 테이프 자동 본딩(tape automated bonding)과 같은 종래 본딩 기술들(이에 제한되지 않음)을 통하여 패키지 기판(도시되지 않음)에 부착하기 위한 접촉 패드층(10)을 도시한 양호한 실시예의 단면도를 도시한다. 바람직하게, 알루미늄, 금, 구리, 솔더 등의 물질들로 통상적으로 구성되는 볼 본드(도시되지 않음)가 접촉 패드(10)에 본딩된다. 접촉 패드는 보호 산화 층(12)으로부터 노출되어 벗겨진다. 접촉 패드층은 도전성 물질로서 바람직하게는 금속으로 만들어지고, 더욱 바람직하게는 알루미늄 및/또는 구리로 이루어진다. 접촉 패드층(10)의 바로

아래에는 강화층(14)이 있다. 강화층은 티타늄, 질화 티타늄, 텅스텐, 질화 텅스텐, 니켈, 질화 니켈, 탄탈, 질화 탄탈, 실리콘, 질화 탄탈, 및 이들의 조합들/합금들과 같은 견고한 "내화" 금속으로 만들어진다. 강화층(14)의 아래에는 알루미늄 또는 구리 또는 그들의 조합들/합금들로 만들어진 제 1 금속층(18)이 있다. 제 1 금속층(18)의 아래에는 제 1 유전체 층(30), 및 제 1 금속층(18)과 제 2 금속층(22)을 도전 가능하게 접속하는 제 1 비아(via;20)가 있다. 제 2 금속층(22)의 아래에는 제 2 유전체 층(32), 및 제 2 금속층(20)과 제 3 금속층(26)을 도전 가능하게 접속하는 제 2 비아(24)가 있다. 제 3 금속층(26)의 아래에는 제 3 유전체 층 및 제 3 비아(28)가 있다.

[0019] 금속층들(18,22,및 26)은 당업자들에게 공지된 프로세스들을 사용하여 제작될 수 있다. 예를 들면, 상감 프로세스(damascene process)들은 구리가 도전성 금속으로 이용될 때 금속층들을 제조하는데 사용될 수 있다. 대안적으로, 서브트랙티브 에치 프로세스(Subtractive etch process)는 일반적으로 알루미늄 금속층들을 제조하는데 이용된다. 비도전성 물질들은 이산화(dioxide) 실리콘, 질화 실리콘 또는 HSQ, 폴리이미드, 폴리실리사이드 또는 PCB들과 같은 다른 비도전성 물질들과 같은 유전체들을 포함할 수 있다.

[0020] 유전체 층들을 증착하는데 일반적으로 이용되는 기술들은 화학 기상 증착법, 스퍼터링, 또는 스핀 온(spin on) 프로세스들을 포함한다. 양호한 물질들은 이산화 실리콘(silicon dioxide), 질화 실리콘(silicon nitride), 산화 질소(oxy-nitride), 플루오르화 규산염 글래스(fluoro silicate glass:FSG), 무첨가 규산염 글래스(undoped silicate glass:USG), 인산 규산염 글래스(phospor silicate glass:PSG), 플라즈마 발생 테트라에틸납 규산염 산화물(plasma generated tetraethylortho silicate oxide:TEOS), 및 최근의 실리콘 함유 수소 실시큐산(HSQ), 또는 젤(gel) 또는 포미 물질(foamy substance), 또는 폴리이미드 및 파릴렌과 같은 유기 중합체(organic polymeric)를 포함한다. 각각의 물질은 종래 기술에 공지된 바와 같이 그 바람직한 응용에 대한 형태를 갖고 있다. 예컨대, U.S. 특허 제 6,232,662 호를 참조하라.

[0021] 도 2a에서 강화층의 일 실시예가 상단 평면도로 도시된다. 강화층은 일련의 병렬 스트라이프(200)로서 제공된다. 도 2b 에서, 강화층은 격자 구조의 상호 접속 금속 스트라이프들(200 및 210)로서 제공된다. 스트라이프(200)와 스트라이프(210) 사이의 비어있는 영역들(215)은, 하단 제 1 금속층(18) 또는 상단 접촉 패드 금속층(10)의 어느 한쪽부터의 금속으로 채워질 영역을 제공한다. 이러한 것은 금속층들의 도전성 전도 상태를 축소시키지 않으면서, 하단 유전체 층들을 보호하기 위한 접촉 패드(10)의 강화 모두를 가능하게 한다.

[0022] 강화층의 폭은 100 내지 500 nm 이다. 임의의 금속들이 효과적이도록 문턱값 두께를 요구할 수 있다는 것을 당업자들은 인정할 것이다. 예를 들어 Ni을 사용할 경우, 강화층의 두께는 적어도 약 200 nm가 되어야 한다.

[0023] 상기로부터, 강화 구조는 다양한 패턴들을 취할 수 있다는 것을 알 수 있다. 일반적으로, 격자형, 십자형, 벌집형, 및 내포형 구성과 같이 규칙적이고 반복적인 패턴일 수 있다. 패턴은 또한 강화 요소들을 연결 또는 연결하지 않을 수 있다. 반복적이지 않은 패턴들이 사용될 수 있다. 강화 구조 패턴은 본드 패드 아래의 전체 또는 중요 영역을 우선적으로 점유하고, 약한 유전체 물질이 강화 구조의 강화 라인들 사이의 비어있는 영역들을 채우도록 허용한다. 더욱이, 강화 구조의 구성은 대응 금속층들의 금속화와 동일할 수 있다. 예를 들면, 강화 구조는 질화 티타늄/질화 티타늄/티타늄 바닥층, 알루미늄 중간층, 및 질화 티타늄 상단층을 가질 수 있다. 강화 구조는 또한 다른 도전성 또는 반도성 물질들로 구성될 수 있다.

[0024] 본 발명의 강화 구조가 아래에 놓인 약한 유전체 층들과의 본드 패드를 강화하도록 적용 가능하여, 임의의 와이어, 솔더, 또는 플립 칩 본딩, 초음파 본딩, 열음파 본딩(thermosonic bonding), 열압축 본딩, 솔더 범프(solder bump) 또는 상기 범프 본딩들, 및 선행 본딩 웨이퍼 프로브 작동과 같은 다른 본딩 프로세스들 동안 전달되는 압력들과 강도들을 버틸 수 있다는 것은 이해될 것이다.

[0025] 따라서, 본 발명의 사상들은, 아래의 부서지기 쉽거나 연질의 유전체 구성들을 기계적으로 강화하는 본드 패드 내에 실질적으로 구성되는 임의의 구조를 포함한다. 상호 접속 금속 라인들과 같이 이미 패턴화된 기존 층으로 구성되었을 때 특별히 유리하다.

[0026] 본 발명의 일부 실시예들과 이점들이 상세하게 설명되었다 할지라도, 첨부된 청구항들로써 공표 설정된 본 발명의 정신과 범위 그리고 본 발명의 설명을 벗어나지 않고서도 변화들, 변경들, 변형들, 변용들, 변동들, 개조들, 치환들이 만들어질 수 있음을 이해할 것이다.

## *발명의 효과*

[0027] 약한 유전체 층들 사이에 강화층을 삽입함으로써 본드 패드를 강화하여 본딩 프로세스들 동안 전달되는 압력들과 강도들로 인한 유전체들의 분열, 기본 금속 구조들의 변형, 및 금속 구조들의 층상 조직 분리를 야기하

는 본딩 실패와 이로 인해 발생하는 집적 회로 장치들의 신뢰성 문제를 개선할 수 있다. 또한, 본 발명은 본딩 형성 시간과 이로 인해 작업 처리량에 손실을 주게 되는 본딩 변수들의 변화 없이도 본드 패드를 강화할 수 있는 시스템 및 방법이다.

## 도면의 간단한 설명

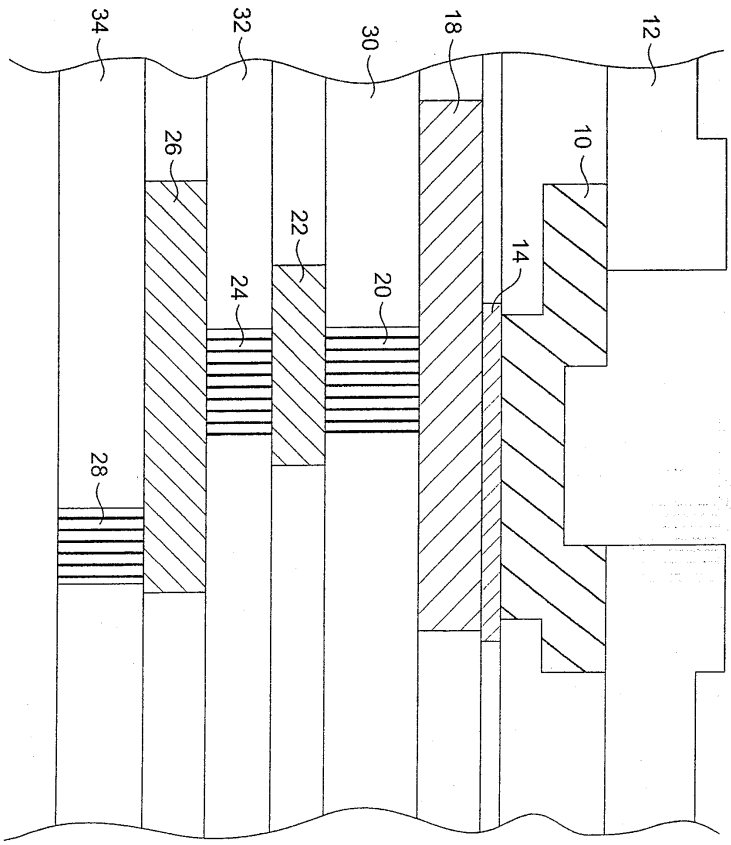
[0001] 도 1 은 강화층을 도시하는 본 발명의 양호한 실시예의 단면도.

[0002] 도 2a 는 반복된 패턴 구조를 포함하는 강화층의 양호한 실시예의 상단 평면도.

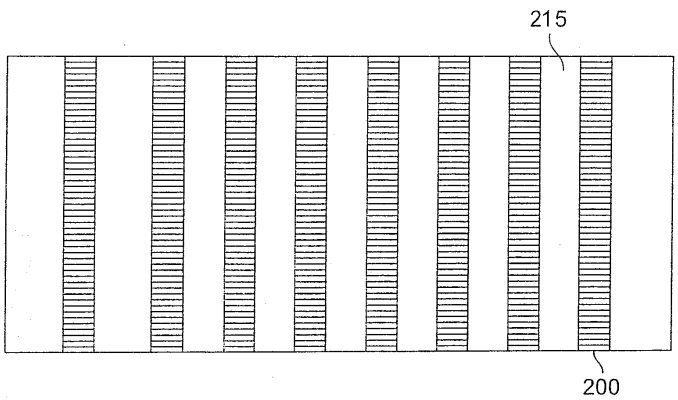
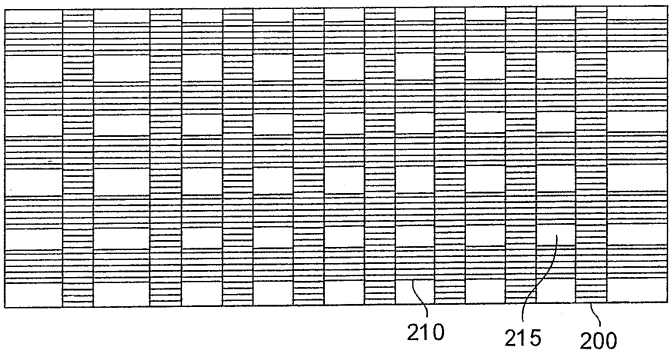
[0003] 도 2b 는 상호 접속된 격자 구조를 포함하는 강화층의 양호한 실시예의 상단 평면도.

## 도면

### 도면1




### 도면2a



도면2b