



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년01월05일  
(11) 등록번호 10-1005434  
(24) 등록일자 2010년12월27일

(51) Int. Cl.

H01L 21/28 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2003-0026307  
(22) 출원일자 2003년04월25일  
심사청구일자 2008년03월26일  
(65) 공개번호 10-2003-0084761  
(43) 공개일자 2003년11월01일

(30) 우선권주장  
10/133,782 2002년04월26일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

JP04192527 A\*

JP11191556 A\*

JP12058544 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

에이저 시스템즈 인크

미합중국 펜실베니아 18109 알렌타운 노스이스트  
아메리칸 파크웨이 1110

(72) 발명자

브래드쇼로버트웨인

미국플로리다34736그루브랜드레이크эм마로드7419  
길케스다니엘

미국플로리다33062풀파노비치이스트테라마드라이  
브1420

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

장훈

전체 청구항 수 : 총 9 항

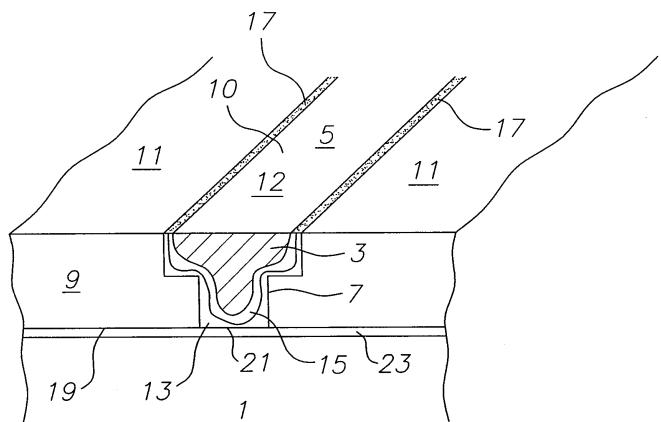
심사관 : 김상결

(54) 신뢰성 개선을 위한 규화 구리 패시베이션

### (57) 요 약

후속 유전체막의 형성과 함께 인시츄(in-situ)에서 수행되는 실란 패시베이션 공정(silane passivation process)은 구리(Cu) 연결 구조로 이루어진 노출된 구리 표면을 규화 구리(copper silicide)로 변환한다. 상기 규화 구리는 구리 확산(diffusion) 및 전자이동(electromigration)을 억제하고, 추가의 도전성 재료(conductive material)에 대한 접촉부가 형성되는 구역에서 배리어 재료로서 기능한다. 상기 구리 표면의 일부분을 노출시키기 위해 상위 유전체에 개구가 형성된 후에, 구리 상호접속 구조로 이루어진 전체 구리 표면이 규화되거나 상기 표면의 일부분이 규화된다.

### 대 표 도 - 도1



(72) 발명자

머천트사일레시멘션

미국플로리다32835올랜도바인랜드옥스불바드8214

라마파디팩에이.

미국플로리다32839

올랜도파크센트럴드라이브#8125100

스타이너커트조지

미국펜실베니아180051포겔스빌블러섬하이츠7922

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

반도체 제품을 형성하기 위한 플라즈마-기반의 반응 방법에 있어서:

반도체 기판상에 위치한 제 1 유전체층 내에 Cu 상호접속 리드(Cu interconnect lead)를 형성하는 단계로서, 상기 Cu 상호접속 리드는 상기 Cu 상호접속 리드의 상부 Cu 표면을 포함하고, 상기 상부 Cu 표면은 상기 제 1 유전체층에 의해 덮이지 않는, 상기 Cu 상호접속 리드 형성 단계;

상기 Cu 상호접속 리드 상에 제 2 유전체층을 형성하여, 상기 상부 Cu 표면을 덮는 단계;

상기 제 2 유전체층 내에 개구(opening)를 형성하여 상기 상부 Cu 표면의 제 1 부분을 노출시키는 단계로서, 상기 상부 Cu 표면의 남은 제 2 부분이 상기 제 2 유전체층에 의해 덮인 채로 있는, 상기 상부 Cu 표면의 제 1 부분을 노출시키는 단계; 및

상기 제 1 부분으로부터 규화 구리(copper silicide)를 형성하기 위해, 상기 상부 Cu 표면의 상기 제 1 부분을 Si를 포함하는 가스 물질과 함께 플라즈마 반응 조건들에 놓는 단계를 포함하는, 플라즈마-기반의 반응 방법.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 놓는 단계 후, 상기 개구를 도전성 물질로 채우고, 이후 상기 제 2 유전체층 상으로부터 상기 도전성 물질의 부분들을 제거하기 위해 연마하는 단계를 더 포함하는, 플라즈마-기반의 반응 방법.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 놓는 단계는 실란(silane)으로 패시베이팅(passivating)하여, Si로 하여금 상기 상부 Cu 표면에 침투하게 하고 상기 Cu와 복합체를 형성하게 하는 단계를 포함하는, 플라즈마-기반의 반응 방법.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 Cu 상호접속 리드를 형성하는 단계는 다마신 처리 기술들(damascene processing techniques)을 이용하여 상기 Cu 상호접속 리드를 형성하는 단계를 포함하고, 상기 Cu 상호접속 리드는 상기 상부 Cu 표면과 동일 평면에 있는 상부면을 갖는 제 1 유전체층 내에 형성되는, 플라즈마-기반의 반응 방법.

### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 Cu 상호접속 리드 상에 상기 제 2 유전체층을 형성하는 단계는 탄화 규소막을 형성하는 단계를 포함하는, 플라즈마-기반의 반응 방법.

### 청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 탄화 규소막 상에 저(low)-k 유전체막을 형성하는 단계를 더 포함하는, 플라즈마-기반의 반응 방법.

### 청구항 7

삭제

### 청구항 8

삭제

### 청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 플라즈마 반응 조건들은 실란을 포함하는 가스 물질에 의해 생성되는, 플라즈마-기반의 반응 방법.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 유전체층의 형성은 상기 Cu 상호접속 리드 상에 탄화 규소를 포함하는 유전체층의 형성을 포함하는, 플라즈마-기반의 반응 방법.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 유전체층의 형성은 SiOC-H를 포함하는 유전체층의 형성을 포함하는, 플라즈마-기반의 반응 방법.

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

## 청구항 24

삭제

## 청구항 25

삭제

## 청구항 26

삭제

## 명세서

## 발명의 상세한 설명

## 발명의 목적

## 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

[0019] 본 발명은 일반적으로, 반도체 집적 회로 및 그 제조 방법에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 반도체 집적 회로 등에서의 구리 확산을 억제하는 기술에 관한 것이다.

[0020] 구리 상호접속 구조를 사용하는 기술은 반도체 집적 회로 디바이스 등의 분야에서 점진적으로 일반화되고 있다. 비아들 및 연결선들(vias and interconnect leads; 연결 와이어로서도 공지됨)과 같은 구리 상호접속 구조는 일반적으로 다마신(damascene; 매입; 상감) 처리 방법을 사용하여 형성된다. 구리를 연결재로서 사용하면, 디바이스 속도의 증가가 제공되고, 구리 상호접속 구조에서는 알루미늄 및 그 합금과 같은 종래에 사용된 재료에 비해 선간 저항(line resistance)이 감소된다. 그러나, 구리는 저온에서 조차 금속 및 유전체에서는 매우 높은 확산율을 갖는다. 구리 확산은 누손 및 신뢰도 저하를 초래할 수 있다. 상기 구리 확산 및 그에 따른 손실을 방지하기 위한 한가지 방법은 종래에 다마신 구리 상호접속 구조가 형성되었던 비아, 트렌치 및 다른 개구 내에 탄탈륨 및 질화 탄탈륨과 같은 배리어 재료를 도입하는 것이다. 상기 배리어 재료는 개부 내부의 구리를 보호한다. 그러나, 상기 연결 구조를 평탄화하고 상기 유전체 내부에 다마신 구리 상호접속 구조를 형성하기 위해 연마 작업이 수행된 후에는, 상부의 연마된 구리 표면이 노출된다. 이와 같이 노출된 구리 표면이 보호되거나 달리 피복되지 않으면, 상기 노출된 구리 표면으로부터 상기 구리 상호접속 구조 위에 형성된 도전 및/또는 유전체 재료 내로 또는 그것을 통해 구리가 확산할 수 있다.

[0021] 상기 구리 표면을 피복하고 구리 확산을 방지하기 위한 종래의 한가지 방법은 상기 구리 상호접속 구조 위의 추가의 유전체막의 후속 증착 이전에 전체 구조 위(상기 구리 표면 위를 포함)에 질화 규소 또는 탄화 규소층을 형성하는 것이다. 그후, 상기 질화 규소 또는 탄화 규소층은 필연적으로 상위 유전체 적층부를 일부 형성한다. 이와 같은 다층의 유전체 적층부는 질화 규소 또는 탄화 규소층을 형성하기 위해 추가의 표면상 처리 작업을 필요로 한다. 또한, 구리 확산 또는 전자이동은 탄화 규소/질화 구리 또는 규소/구리 계면을 따라 발생할 수 있고 디바이스의 신뢰도 감소를 초래한다.

[0022] 그러므로, 본 기술분야에서 필요한 것은 구리/유전체 계면을 따르는 구리 전자이동을 방지하고 상위의 유전체 및 도전성 재료 내로 및 그것을 통한 구리 확산을 방지하기 위한 방법 및 구조이다.

## 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

[0023] 본 발명은 구리 상호접속 구조의 노출된 구리 표면을 규화 구리로 변환함으로써 직접적으로 패시베이션 처리하기 위한 방법을 제공한다. 상기 구리 상호접속 구조상에 직접적으로 형성된 박층의 규화 구리는 구리 확산 및 전자이동을 방지하고, 상기 구리 상호접속 구조를 다른 도전 구조에 연결시키기 위해 형성된 접촉부에서 배리어 층으로서 기능한다. 일실시예에서, 상기 구리 표면은 질화 규소 또는 탄화 규소와 같은 상위 유전체 층이 상기 구리 상호접속 구조 위에 형성되는 인시츄에서의 과정 도중에 실란에 의해 패시베이션 처리될 수 있다. 이러한 실시예에 따르면, 규화 구리가 상기 구리 상호접속 구조의 전체 상부면상에 형성되도록 상기 패시베이션 또는 구리의 규화가 수행될 수 있다.

[0024] 다른 예시적인 실시예에서, 본 발명은 상부 구리 표면을 제공하고, 상기 표면 위에 유전체층을 형성하고, 상기

유전체층을 통해 개구를 형성하여 상기 상부 구리 표면의 일부분을 노출시키고, 이어서 상기 상부 구리 표면의 노출된 부분을 규화 구리 재료로 변환함으로써 국부적으로 패시베이션 처리를 행한다.

[0025] 다른 예시적인 실시예에서, 본 발명은 기판 위에 형성된 구리 상호접속 구조와 상부면을 포함하는 반도체 제품을 제공하고, 상기 상부면의 적어도 일부분은 상기 구리 상호접속 구조의 구리와 규소의 복합의 결과로서 형성된 규화 구리이다.

### 발명의 구성 및 작용

[0026] 본 발명은 첨부도면과 함께 하기의 상세한 설명으로부터 가장 명확하게 이해될 것이다. 경험적으로, 도면의 다양한 양태들은 실적이 아니라는 점에 유의해야 한다. 한편, 다양한 양태들의 크기는 명료화를 위해 확대 또는 축소되어 있다. 유사한 참조번호는 도면 및 명세서 전반에 걸쳐 유사한 부재를 지시하고 있다.

[0027] 본 발명은 구리 표면의 노출된 부분을 규화 구리(copper silicide)로 변환하기 위해 실란(silane)과 같은 규소 분위기에서 구리 상호접속 구조의 노출된 구리(Cu) 표면을 패시베이션 처리하기 위한 방법을 제공한다. 상기 패시베이션 처리(passivation process)는 선택적으로 규화 처리(silicidation process)로서 인용될 수 있다. 상기 규화 구리는 규소가 원래의 구리 표면에 침투하여 내부에서 구리와 복합할 때 형성된다. 상기 규화 구리는 상기 표면으로부터 상위 도전성 재료 및 상위 유전체 재료와 같은 임의의 상위 재료 내로의 구리 확산을 방지한다. 또한, 상기 규화 구리는 규화 구리 구역에서 구리 상호접속 구조가 추가의 도전성 재료에 의해 접촉되는 구역에서 금속-금속 배리어층으로서 기능한다. 처음부터 노출된 구리 표면에 형성된 규화 구리는 탄화 규소, 질화 규소 또는 다양한 저(low)-k 유전체 재료와 같은 상위 유전체 재료와 구리 표면 사이에 형성된 계면을 따르는 구리 전자이동을 방지한다. 상기 탄화 규소 또는 질화 규소 재료는 일반적으로, 다마신 처리 기술을 사용하여 형성된 구리 상호접속 구조 위에 형성된다. 또한, 상기 규화 구리는 힐록(hillock)의 형성을 억제하고, 상기 구리 상호접속 구조의 규화 구리 표면에 접촉하도록 형성된 막에 대한 부착을 개선한다. 상기 구리 표면을 실란과 같은 규소-함유 화학물질에 노출시킴으로써 수행되는 상기 구리 표면의 패시베이션은 유리하게는, 상기 구리 상호접속 구조 위에 질화 규소, 탄화 규소, 또는 다른 유전체를 형성하는데 사용되는 처리 작업에 의해 인시츄에서 수행될 수 있다.

[0028] 또한, 본 발명은 구리 표면의 노출된 부분의 국부적인 패시베이션을 제공한다. 이러한 실시예에 따르면, 유전체는 구리 표면 위에 형성되고, 상기 유전체를 통해 연장되어 상기 구리 표면의 일부분을 노출시키기 위해 개구가 형성된다. 규소 화학물질을 사용하는 패시베이션 처리는 상기 구리 표면의 노출된 부분을 규화 구리로 변환시키기 위해 수행된다. 추가의 도전성 재료가 상기 개구 내에 형성될 수 있으며, 배리어층으로서 기능하는 상기 규화 구리 구역에 접촉한다. 또한, 개별적으로 형성된 배리어층들은 상기 추가의 도전성 재료의 일부분으로서 선택적으로 사용될 수 있다. 이러한 실시예에서, 상기 규화 구리 구역은 금속 확산 배리어에 대한 금속으로서 기능하고, 큰 종횡비를 갖는 개구 내부에 배리어층을 형성하는 것에 관련된 문제점들을 극복한다.

[0029] 통상적으로, 구리 상호접속 기술이 비아, 연결선 등과 같은 구리 상호접속 구조를 형성하기 위해 다마신 처리 기술을 사용할 지라도, 현재 상기 기술은 포토리소그래픽 기술과 함께 에칭 처리를 사용하여 표면 위에 형성된 구리막을 패턴화하기 위해 개선되고 있다. 그후, 패턴화된 구리는 당해 기술분야에서 사용되는 다른 패턴화된 연결재와 유사한 노출된 상부면 및 노출된 측벽을 포함한다. 본 발명은 상기 측벽을 포함하는 모든 표면상에 규화 구리를 형성하여 상기 패턴화된 구리 구조 위에 후속하여 형성되는 유전체층의 계면을 따른 구리 이동 및 구리 확산을 방지하기 위해 구리 상호접속 구조를 패시베이션 처리하도록 상기 패턴화된 구리 구조의 노출된 모든 표면들에 패시베이션을 제공한다. 전체적인 패시베이션 실시예에 대해서, 상기 패시베이션/규화는 유리하게는, 상위 유전체막의 후속 증착에 의해 인시츄에서 수행될 수 있다.

[0030] 도 1은 다마신 기술을 사용하여 형성된 구리 상호접속 구조의 단면 사시도이다. 도 1에 도시된 실시예에서, 예시적인 구리 상호접속 구조는 구리 상호접속 리드(10)이고, 이는 기판(1) 위에서 종방향으로 연장되고 횡방향으로 분리된 구조들 사이에 접촉부를 제공할 수 있다. 구리 상호접속 리드(10)은 단지 예시적인 것일 뿐이며, 다른 실시예에서, 본 발명에 따라 패시베이션/규화 처리되는 구리 구조는 다마신 처리 기술을 사용하여 형성된 비아 또는 다른 도전 구조일 수 있다. 또다른 실시예에서, 도 10 및 도 11에 도시된 바와 같이, 포토리소그래픽 기술에 의해 패턴화 및 에칭된 구리선이 사용될 수 있다.

[0031] 도 1을 참조하면, 구리 상호접속 리드(10)은 기판(1) 위에 특히, 유전체 재료(9) 내부에 형성된 개구(7) 내에 형성된다. 기판(1)은 규소, 비화 갈륨(gallium arsenide), 또는 다른 적절한 재료로 형성되는 반도체 웨이퍼일 수 있다. 또한, 본 실시예에 도시된 바와 같은 기판(1)은 상기 웨이퍼 위에 형성된 유전체층 또는 다른 층을 나

타낼 수도 있다. 유전체 재료(9)는 SiOC-H와 같은 규소 기반의 유전체, 스핀-온 방향족 탄소(spin-on aromatic carbon), 유기 규산염 글래스(organo-silicate-glass; OSG), 폴리이미드 또는 PSG일 수 있거나, 구리 상호접속 구조와 함께 사용되는 다른 적절한 유전체일 수 있다.

[0032] 바람직한 실시예에서, 유전체 재료(9)는 저-k 유전체 재료 즉, 4.0 이하의 유전 상수를 갖는 재료이다. 도시된 예시적인 실시예에서, 개구(7)는 유전체 재료(9) 내부에 형성된 이중 다마신 개구이다. 상기 이중 다마신 개구는 종래의 기술을 사용하여 형성될 수 있으며 단지 예시적인 개구이다. 다른 예시적인 실시예에서, 단일 다마신 구조는 다양한 형상이 사용될 수 있다. 유전체 재료(9)가 단일층으로서 도시되지만, 유전체 재료(9)는 다수의 유전체층으로 구성될 수 있다. 예를 들어, 개별 유전체층은 이중 다마신 개구(7)의 각각의 단자부에 대응할 수 있다. 다른 실시예에서, 유전체 재료(9)는 예시적인 이중 다마신(2-층) 개구(7)의 형성을 보조하는 적어도 하나의 하드 마스크(hard mask)층을 포함하는 유전체로 이루어진 다층의 적층부일 수 있다. 개구(7)는 유전체 재료(9)의 저부(19)까지 연장되어 기판(1) 위에 형성된 기저층(23)의 부분(21)에 접촉하는 것으로 도시된다. 이는 구리 상호접속 리드(10)이 비아에서와 같이 기저 부품에 전기적으로 접촉하는 실시예를 도시한 것이다. 이것은 단지 예시일 뿐이며, 다른 예시적인 실시예에서는, 개구(7)는 다른 형상을 취할 수 있으며, 저부(19)까지 아래로 연장되지 않는 대신에 유전체 재료(9) 내부에 전체적으로 트렌치로 형성될 수 있다. 도시된 실시예에 따르면, 기저층(23)은 구리 상호접속 리드(10)의 기능 및 구조에 따라 하드 마스크, 배리어층, 도전성 재료, 유전체 재료, 또는 임의의 다른 재료일 수 있다. 다른 예시적인 실시예에 따르면, 기저층(23)은 존재하지 않을 수 있다.

[0033] 도시된 실시예에서, 구리 상호접속 리드(10)는 벌크(bulk) 구리부(3)와 두 개의 배리어층(13, 15)으로 형성된다. 상기 배리어층들과 상기 배리어층들 위의 벌크 구리 재료를 형성하기 위해 종래의 방법이 사용될 수 있다. 상기 배리어층들은 구리 상호접속 리드(10)의 벌크 구리부(3)를 측부 및 기저부에서 효과적으로 보호한다. 예시적인 실시예에서, 하부 배리어층(13)은 탄탈륨(Ta)으로 형성될 수 있으며, 상부 배리어층(15)은 질화 탄탈륨(TaN)으로 형성될 수 있다. 이러한 막들은 단지 예시일 뿐이며, 다른 예시적인 실시예에서는, 티타늄, 질화 티타늄, 텉스텐, 및 티타늄 텉스텐으로 형성되는 다른 배리어층들이 사용된다. 다른 예시적인 실시예에 따르면, 다양한 규화물이 배리어층으로서 사용될 수 있다. 다양한 예시적인 실시예에 있어서는, 단지 단일의 배리어층이 사용된다. 또 다른 예시적인 실시예에 따르면, 배리어층들은 포함되지 않는다. 도 1은 연마 또는 다른 적절한 다마신 기술이 상기 구조를 실질적으로 평탄화하고 개구(7) 내부에 구리 상호접속 리드(10)를 형성하는데 사용된 후의 구조를 도시한다. 구리 상호접속 리드(10)은 본질적으로 평탄하며 유전체 재료(9)의 상부면(11)과 동일 평면인 상부면(12)을 포함한다. 상부면(12)은 상기 배리어층들로 형성되는 에지(17)들과 상부 구리 표면(5)을 포함한다. 선택적인 배리어층 또는 배리어층들과 그 후의 벌크 구리 재료(3)가 개구(7) 내부에 형성된 이후의 도 1에 도시된 구조를 형성하기 위해 당해 기술분야에서 이용되고 있는 다양한 연마 및 다른 기술이 사용될 수 있다.

[0034] 그후, 도 1에 도시된 상기 구조는 패시베이션 처리되어 도 2에 도시된 구조를 형성한다. 이러한 예시적인 실시예에 따르면, 상부 구리 표면(5) 전체가 노출되며, 실질적으로 모든 상부 구리 표면(5)은 본 발명의 패시베이션/규화 처리에 의해 규화 구리로 변환된다. 상기 패시베이션/규화 처리는 유리하게는, 300 내지 1,000sccm 범위 일 수 있는 유량, 1 내지 10torr 범위일 수 있는 압력, 및 13.56MHz에서 50 내지 1,000watts 범위 내의 RF 플라즈마 전력을 포함하는 300 내지 400°C 범위의 온도에서 실란을 사용한다. 예시적인 일실시예에 따르면, 상기 실란 유량은 대략 300sccm일 수 있으며, 상기 처리는 5torr의 압력, 350°C의 온도, 및 500 내지 1,000watts 범위의 RF 전력을 포함할 수 있다. 예시적인 다른 실시예에서는, 다른 규소(Si) 공급원을 사용하는 가스 화학물질이 사용될 수 있다. 또한, 상기한 값들은 단지 예시일 뿐이고, 예시적인 다른 실시예에 따르면, 플라즈마 화학물질로부터 상기 규소를 상기 노출된 구리(Cu) 표면에 침투시키고 그 안에서 구리와 반응시킴으로써, 상기 상부 구리 표면(5)의 노출된 부분을 규화 구리로 변환하기 위해 다양한 조합의 처리 인자가 사용될 수 있다. 다양한 상태의 규화 구리가 형성될 수 있다. 당업자에 의해 명백해지는 바와 같이 규화의 정도는 시간에 따라 증가한다. 일실시예에서, 상기 처리는 5 내지 20분 범위의 시간동안 수행될 수 있지만, 필요한 규화의 정도에 따라 다른 처리 시간이 사용될 수 있다.

[0035] 도 2는 노출된 전체 상부 구리 표면(5)이 실질적으로 규화 구리 표면(25)으로 변환된 후의 도 1에 도시된 구조를 도시한다. 다른 실시예에서, 상부 구리 표면(5)의 노출된 구역의 적어도 일부분은 규화 구리 표면(25)으로 변환된다. 원래의 구리 표면(5)에 비해, 규화 구리 표면(25)은 표면적이 증가된 거친 표면이고, 본질적으로 바람직하지 않은 구리 산화물을 포함하지 않는다. 상기 증가된 표면적은 규화 구리 표면(25) 위에 형성되어 접촉하는 막들에 대한 부착을 개선한다. 또한, 규화 구리 표면(25)은 구리 상호접속 리드(10)에서의 힐록 형성을 억

제하는 장점을 포함한다.

[0036] 도 2a는 원래의 구리 표면이 규화 구리로 변환된 것을 도시하는 확대 단면도이다. 도 2a는 도 1에 도시된 원래의 상부 구리 표면(5)이, 벌크 구리 재료(3)를 침식하는 규화 구리(29)를 포함하는 규화 구리 표면(25)으로 변환된 것을 도시한다. 규화 구리(29)는, 규소가 원래의 상부면에 침투하고 그 안에서 구리와 복합되어 규화 구리를 형성하는, 구리 상호접속 리드(10)의 변환된 부분을 나타낸다. 상기 실란 또는 다른 규소 가스 화학물질로부터의 규소가 상기 원래의 상부 구리 표면(5)에 침투하여 상기 구리와 혼합하고, 그에 따라 상기 표면의 상부가 규화 구리(29)로 변환됨으로써 상기 규화 구리가 형성되도록 상기 처리 인자들이 선택된다. 규화 구리(29)는 20 내지 200Å 범위의 깊이(31)를 가질 수 있지만, 대안적으로 다른 두께가 사용될 수 있다. 당업자라면, 규화 구리(29)의 두께(31)를 제어하기 위해 처리 온도 및 처리 기간이 변경될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 소망 규화 정도와 함께, 상기 구리 상호접속 구조로부터 구리 확산을 방지하기에 충분한 두께로 또한 연결선(10) 내의 구리의 면 저항(sheet resistance)의 증가를 최소화할 정도로 충분히 얇게 두께(31)가 선택될 수 있다. 규화 구리 표면(25)은 도시된 실시예에서는 거칠고 불규칙한 표면으로 도시된다. 상기 거칠고 불규칙한 표면은 추가의 표면적을 제공하여 상부에 형성되는 막에 대한 부착을 개선한다.

[0037] 상기 구리 상호접속 리드의 면 저항을 감소시키고, 상기 규화 구리 표면(25)과 상기 규화 구리 표면(25)에 접촉하도록 형성될 수 있는 임의의 추가의 도전성 재료 사이의 접촉 저항(contact resistance)을 감소시키기 위해 350°C 내지 400°C의 온도 범위 내에서 얇은 주기의 선택적인 어닐링 처리가 수행될 수 있다. 이러한 선택적인 어닐링 처리는 몇초 또는 몇분 정도의 어닐링 시간을 포함할 수 있다. 얇은 주기의 어닐링이 상기 초기에 형성된 규화 구리의 상태를 변경시키고 또한 추가의 규화 구리 형성이 과도한 양의 규소로 인해 발생하기 때문에, 상기 면/접촉 저항의 감소가 달성된다. 상기 어닐링 처리는 질소 또는 다른 불활성 가스를 포함할 수 있다. 예시적인 다른 실시예에 따르면, 상기 어닐링 처리는 사용되지 않을 수도 있다.

[0038] 도 2는 규화 구리 표면(25)이 형성된 후의 구조를 도시한다. 예시적인 일실시예에 따르면, 이러한 구조는 본 발명의 규화/패시베이션 처리가 상기 구조 위의 추가의 막의 후속 형성과 함께 인시츄에서 수행될 수 있는 본 발명의 장점에 대한 중간 단계의 구조일 수 있다. 상기 추가의 막은 상위 유전체 적층부를 형성하기 위해 사용되는 임의의 다양한 유전체 막일 수 있으며, 예시적인 일실시예에 따르면, 상기 표면의 바로 위에 형성된 제 1 층은 상기 규화/패시베이션 처리에 의해 인시츄에 형성된 질화 규소 또는 탄화 규소일 수 있다.

[0039] 도 3은 명료화를 위해 기저층(23) 및 배리어층(13, 15)이 생략된 것을 제외하고는, 도 2에 도시된 하위구조 위에 형성된 상부 유전체(35)를 도시하는 단면도이다. 그러므로, 도시되지는 않았을 지라도, 상기 구조가 상술된 실시예와 같은 다양한 실시예에 포함될 수 있다는 것을 이해해야 한다. 상부 유전체(35)는 상술된 바와 같이 규화 구리(29)를 포함하는 규화 구리 표면(25)과 상부면(11) 위에 형성된다. 상부 유전체(35)는 단일의 유전체 막으로 이루어지거나, 일부 또는 모든 층이 상기 규화/패시베이션 처리에 의해 인시츄에 형성될 수 있는 유전체 층들의 적층부로 이루어질 수 있다. 저(low)-k 유전체 재료 또는 규소 기반의 재료가 사용될 수 있으며, 상기 유전체 재료들은 도 1의 유전체 재료(9)와 관련하여 설명된 바와 같이 이루어질 수 있다. 예시적인 일실시예에서, 상부 유전체(35)는 다수의 개별 층으로 이루어진 복합층 또는 적층부일 수 있다. 상부 유전체(35)는 점선에 의해 구획된 두개의 층(35A, 35B)으로 형성될 수 있다. 이러한 예시적인 실시예에 따르면, 유전체층(35A)은 질화 규소 또는 탄화 규소로 이루어질 수 있으며, 유전체층(35B)은 저유전체 재료로 이루어질 수 있다. 이는 단지 예시일 뿐이며, 예시적인 다른 실시예에서는, 상부 유전체(35)를 형성하기 위해 다른 개수의 다양한 유전체 막이 사용될 수 있다. 하드 마스크 막 또는 막들은 상부 유전체(35)에 포함될 수 있다. 본 발명의 일양태는 규화된 규화 구리 표면(25)과 상부 유전체(35) 사이에서의 특히, 규화된 규화 구리 표면(25)에 접촉하는 상기 유전체층이 질화 규소 또는 탄화 규소인 경우의 부착을 개선한 것이다.

[0040] 도 4는 상부 유전체(35) 내에 형성된 개구(41)의 저부를 통해 구리 상호접속 리드(10)의 규화 구리 표면(25)에 접촉하도록 예시적인 도전 구조(39)가 형성된 후의 도 3의 구조를 도시한 도면이다. 개구(41)는 상부 유전체층(35)의 저부까지 연장되며 규화 구리 표면(25)의 영역(51)을 노출시킨다. 상기 실시예에서, 개구(41)는 이중 다마신 개구이지만, 다른 실시예에서는, 구리 상호접속 리드(10)의 규화 구리 표면(25)에 대한 접촉을 제공하기 위해 다른 개구가 사용될 수 있다. 개구(41)는 단지 규화 구리 표면(25)의 일부분만을 노출시킨다. 규화 구리 표면(25)의 다른 부분들은 상부 유전체(35)에 의해 덮힌 상태로 유지된다.(이는 도 5에 명확하게 도시됨.) 도전 구조(39)는 선택적인 배리어층(43, 45)과 벌크 도전성 재료(47)를 포함한다. 선택적인 배리어층(43, 45)은 구리 상호접속 리드(10)과 관련하여 설명된 배리어층(13, 15)과 유사하고, 벌크 도전성 재료(47)는 구리 또는 다른 적절한 도전성 재료로 이루어질 수 있다. 예시적인 일실시예에 따르면, 규화 구리 표면(25)이 구리 상호접속 리드(10)과 도전 구조(39) 사이의 확산 배리어로서 기능하기 때문에, 선택적인 배리어층(43, 45)은 불필요해진다

는 것이 본 발명의 장점이다. 도시된 실시예에 따르면, 도전 구조(39)는 실질적으로 상부 유전체(35)의 상부면(37)과 동일 평면인 평탄화된 상부면(49)을 포함하는 다마신 구조가다. 예시적인 다른 실시예에서는, 규화 구리 표면(25)과의 접촉을 위해 다양한 다른 다마신 및 비-다마신(non-damascene) 도전 구조가 사용될 수 있다.

[0041] 도 5는 도 4에 도시된 바와 같이 구리 상호접속 리드(10)의 위에 형성되어 접촉하는 상부 도전 구조(39)를 도시하는 평면도이다. 이러한 예시적인 실시예에서, 도전 구조(39)는 구리 상호접속 리드(10)의 규화 구리 표면(25)의 영역(51)에 접촉하는 개구[도 4에 도시된 개구(41)] 내부에 형성된 비아이다. 규화 구리 표면(25)의 다른 부분들은 상부 유전체(35)에 의해 덮힌다. 선택적인 배리어층(43, 45)은 도 5에서는 도시되지 않는다.

[0042] 상기 실시예에 따르면, 구리 상호접속 리드(10)은 디바이스를 통해 횡방향으로 연장되는 긴 트렌치 내부에서 연장되는 연결 와이어이고, 도전 구조(39)는 비아이지만, 다른 구성요소들은 다른 예시적인 실시예들에 따라 사용될 수 있다. 예를 들어, 상부 다마신 연결 구조가 유전체층의 저부까지 연장되는 예시적인 실시예에 따라 일반적으로 직교 관계로 서로 교차하는 두개의 연결선들 사이에는 접촉부가 형성될 수 있다. 또한, 상부 연결 구조는 다른 예시적인 실시예에 따라 비-다마신 구조일 수도 있다.

[0043] 본 발명의 다른 실시예는 노출된 구리 표면의 국부적인 규화이다. 도 6은 유전체 재료(9) 내부에 형성된 예시적인 구리 상호접속 리드(10)의 단면도이다. 제 2 유전체층(61)은 상부 구리 표면(5) 및 유전체 재료(9)의 상부면(11) 위에 형성된다. 제 2 유전체(61)는 전술된 바와 같이 임의의 다양한 재료들로 이루어지거나 재료층들의 적층부일 수 있다. 예를 들어, 제 2 유전체(61)는 규소 기반의 저-k 유전체층 단독으로 형성될 수 있고, 적어도 하나의 하드 마스크층을 포함할 수 있다. 개구(65)는 제 2 유전체(61)를 통해 연장하도록 형성되고 상부 구리 표면(5)의 영역(67)을 노출시킨다. 예시적인 개구(65)가 이중 다마신 개구로 도시되지만, 예시적인 다른 실시예에서는 다양한 다른 개구가 형성될 수 있다. 그후, 구리 상호접속 리드(10)의 상부 구리 표면(5)의 노출된 영역(67)은 상기 패시베이션/규화 처리에 따라 패시베이션 처리될 수 있다. 상기 패시베이션/규화 처리는 도 6에 도시된 구조상에서 수행되어 도 7에 도시된 구조를 형성한다.

[0044] 도 7은 구리 상호접속 리드(10)의 원래의 구리 상부면의 노출된 영역(67)에 형성된 국부적인 규화 구리 표면(25)을 도시한다. 상부 구리 표면(5)의 노출되지 않은 다른 부분들은 패시베이션 처리되지 않는다. 규소가 원래의 구리 상부면에 침투하여 구리 상호접속 리드(10)의 구리와 복합됨에 따라 상부 구리 표면(5)의 노출된 영역(67) 내의 구리가 변환되어 형성된 규화 구리(29)는 구리 상호접속 리드(10)을 침식한다. 이러한 실시예에서, 국부적인 규화 구리(29)는 구리 상호접속 리드(10)과 상기 구리 상호접속 리드(10)에 접촉하는 후속하여 형성된 도전 구조 사이에서 배리어층으로서 기능할 수 있다. 이는 구리 상호접속 리드(10)에 대한 접촉을 위해 개구(65) 내부에 연속 배리어층 막을 형성하고자 하는데 따른 단점을 극복한다. 개구(65)가 높은 종횡비를 가지는 실시예에 따르면, 종래의 방법을 사용하여 형성된 배리어층 막들은 불연속적이 되는 경향이 있고 상기 개구 내부에서의 보이드(void) 면적을 증가시킨다.

[0045] 도 8은 도 7에 도시된 구조의 평면도이다. 도 8은 구리 상호접속 리드(10) 위에 정렬되는 비아를 형성하는데 사용되는 예시적인 이중 다마신 개구(65)를 도시한다. 국부적인 규화 구리 표면(25)은 실질적으로 영역(67)에만 즉, 구리 상호접속 리드(10)의 원래의 상부 구리 표면(5)의 규화 구리로 변환된 노출 부분에만 형성된다. 노출되지 않아 국부적으로 규화되지 않은 상부 구리 표면(5)의 다른 부분들은 변환되지 않은 구리로서 유지된다. 이러한 방식에서, 도 7에 단면으로 도시된 제 2 유전체층(61)은 상부 구리 표면(5)을 덮고, 영역(67)에서만 규화 구리 표면(25)으로 변환되는 원래의 상부 구리 표면(5)의 영역(67)을 노출시키는 개구(65)를 포함한다. 그러므로, 개구(65)는 규화 구리로 변환되는 상부 구리 표면의 국부적인 부분을 한정한다.

[0046] 도 9는 영역(67)에서 국부적인 규화 구리 표면(25)에 접촉하도록 개구(65) 내부에 형성된 상부 도전 구조(71)를 도시한다. 상부 도전 구조(71)는 벌크 도전성 재료(77)를 포함하고, 종래의 방법을 사용하여 형성될 수 있다. 벌크 도전성 재료(77)는 구리, 알루미늄 또는 적절한 다른 도전성 재료일 수 있다. 도시된 실시예에서, 상부 도전 구조(71)는 비아이고, 상부면(81)이 본질적으로 제 2 유전체(61)의 상부면(69)과 동일평면이 되도록 다마신 처리를 사용하여 형성될 수 있다. 예시적인 다른 실시예에 따르면, 상부 도전 구조(71)는 규화 구리 표면(25)에 접촉하는 연결선과 같은 임의의 다른 다마신 구조로 이루어질 수 있다. 예시적인 또다른 실시예에 따르면, 규화 구리 표면(25)으로 변환되는 원래의 상부 구리 표면(5)의 국부적인 부분[영역(67)]을 한정하는 개구(65)를 충전하기 위해 비-다마신 구조가 형성될 수 있다. 그러므로, 개구 내부에 연속 배리어층 막을 형성하기 어렵게 만드는 높은 종횡비를 포함할 수 있는 개구(65)와 같은 개구 내로 막을 증착하지 않고도, 구리 상호접속 리드(10)과 상부 도전 구조(71) 사이에 배리어층-규화 구리(29)를 형성할 수 있다는 것이 본 발명의 장점이다. 예시적인 다른 실시예에서, 규화 구리(29)와 함께 추가의 배리어층이 사용될 수 있다.

[0047] 도 10은 층(101)의 표면(103) 위에 형성된 구리 상호접속 와이어(105)의 단면 사시도이다. 층(101)은 기판 위에 또는 다른 반도체 구조 위에 형성된 유전체층 또는 다른 층일 수 있다. 구리 상호접속 와이어(105)는 당해 기술 분야에서 현재 개발되고 있는 포토리소그래피 방법과 패턴화 및 에칭 방법 등의 다양한 기술을 사용하여 형성될 수 있다. 구리를 패턴화 및 에칭하기 위한 방법이 당해 기술분야에서 지속적으로 개발되고 있다. 패턴화된 구리 상호접속 와이어(105)는 각각 구리로 구성된 상부면(107)과 측벽(109)들을 포함한다.

[0048] 상술된 바와 같은 본 발명의 규화/패시베이션 처리는 유리하게는, 구리 상호접속 와이어(105)의 노출된 표면들 [상부면(107) 및 측벽(109)들]을 패시베이션 처리하는데 사용될 수 있다. 패시베이션 처리의 결과로서, 구리 상호접속 와이어(105)의 측벽들 및 상부면은 규화 구리로 변환된다.

[0049] 도 11은 이전의 실시예들에서 도시 및 설명된 바와 같은 규화 구리를 포함하여 현재는 규화 구리 표면으로 된 변환된 측벽(119)들과 변환된 상부면(117)을 도시한다. 도 11에 도시된 상기 규화된 구조는 규화 구리 표면(119, 117)이 상기 외부 확산을 억제하기 때문에 구리 상호접속 와이어(105)로부터 구리 확산을 감소시킨다는 장점을 갖는다. 또한, 규화 구리 표면들(117, 119)은 구리 상호접속 와이어(105)와 그 위에 형성된 유전체 또는 다른 재료 사이에 형성되는 경계를 따른 구리의 전자이동을 억제한다. 구리 상호접속 와이어(105)에 대한 후속 형성된 재료 특히, 질화 규소 및 탄화 규소의 부착은 규화 구리로 인해 개선된다. 헐록 형성은 억제된다. 선택적으로 배리어층들을 포함할 수 있는 다양한 도전성 재료는 규화된 표면들(117, 119)에 형성된 규화 구리 구역에 접촉하도록 형성될 수 있다. 다른 실시예에서, 구리 상호접속 와이어(105)의 규화 구리 표면들이 배리어 재료로서 작용하기 때문에 추가의 배리어층들이 사용되지 않는다.

[0050] 전술한 내용은 단지 본 발명의 원리를 설명하는 것이다. 따라서, 본원에 명백하게 도시 또는 설명되지는 않았지만 본 발명의 원리를 구현하고 그 정신 및 범위에 포함되는 다양한 장치가 고안될 수 있다는 것을 당업자라면 이해할 것이다. 또한, 본원에서 언급된 모든 예시 및 가정적인 문구들은 주로 교육 목적으로 특별히 의도된 것이며, 본 발명의 원리 및 본 발명이 당해 기술분야의 진보에 기여한 개념에 대한 이해를 돋기 위한 것이고, 상기에서 특별하게 언급된 예시 및 조건들에 본 발명을 제한하고자 하는 것이 아니다. 또한, 본 발명의 원리, 양태 및 실시예들을 기술하는 본원에서 사용된 모든 설명은 구조 및 기능상의 등가물을 포함하는 것이다. 또한, 상기 등가물은 현재 공지된 등가물 및 차후에 개발될 등가물 즉, 구조와 상관없이 동일한 기능을 수행하는 임의의 요소를 모두 포함하는 것이다. 그러므로, 본 발명의 범위는 본원에 도시 및 설명된 예시적인 실시예들에 제한되는 것은 아니다. 또한, 본 발명의 정신 및 범위는 특허청구범위에서 구체적으로 청구된다.

### 발명의 효과

[0051] 본 발명은 구리 상호접속 구조의 노출된 구리 표면을 규화 구리로 변환함으로써 직접적으로 패시베이션 처리하기 위한 방법을 제공한다. 상기 구리 상호접속 구조상에 직접적으로 형성된 박층의 규화 구리는 구리 확산 및 전자이동을 방지하고, 상기 구리 상호접속 구조를 다른 도전 구조에 연결시키기 위해 형성된 접촉부에서 배리어 층으로서 기능한다.

### 도면의 간단한 설명

[0001] 도 1은 예시적인 다마신(damascene) 구리 상호접속 리드를 단면으로 도시한 사시도.

[0002] 도 2는 노출된 구리 표면이 규화 구리로 변환된 후의 도 1의 구조를 도시하는 도면.

[0003] 도 2a는 도 2의 일부분의 확대 단면도.

[0004] 도 3은 패시베이션 처리된 규화 구리 표면 위에 형성된 유전체 재료를 도시하는 단면도.

[0005] 도 4는 도 3에 도시된 패시베이션 처리된 규화 구리 표면 위에 형성된 도전 구조를 도시하는 단면도.

[0006] 도 5는 구리 상호접속 리드 위에 형성된 예시적인 도전 구조를 도시하는 평면도.

[0007] 도 6은 유전체를 통해 형성되어 구리 표면의 일부분을 노출시키는 개구를 도시하는 단면도.

[0008] 도 7은 노출된 구리 표면을 규화하기 위해 패시베이션 처리가 사용된 후의 도 6에 도시된 구조를 도시하는 도면.

[0009] 도 8은 구리 상호접속 리드의 국부적으로 규화된 구역을 도시하는 평면도.

[0010] 도 9는 도 7에 도시된 개구에 형성된 다마신 도전 구조를 도시하는 단면도.

[0011] 도 10은 표면 위에 형성된 구리선을 단면으로 도시한 사시도.

[0012] 도 11은 노출된 구리 표면상에 규화 구리가 형성된 후의 도 10의 구조를 도시하는 도면.

[0013] \* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 \*

[0014] 1 : 기판 3 : 벌크 구리부

[0015] 5 : 상부 구리 표면 7 : 개구

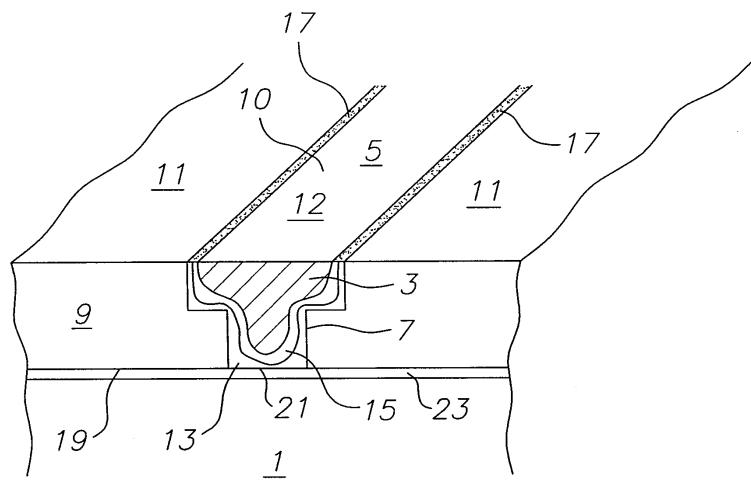
[0016] 9 : 유전체 재료 10 : 구리 상호접속 리드

[0017] 11, 12 : 상부면 13, 15 : 배리어층

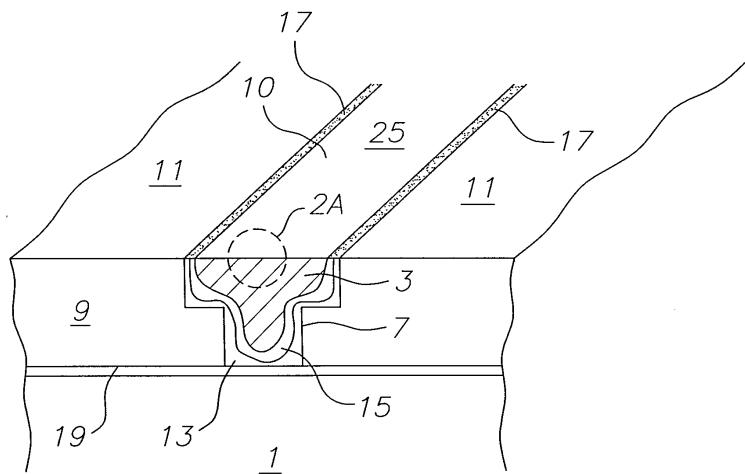
[0018] 17 : 에지 23 : 기저층

## 도면

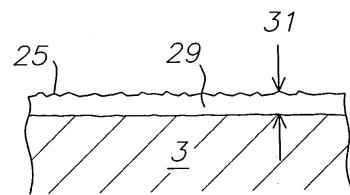
### 도면1



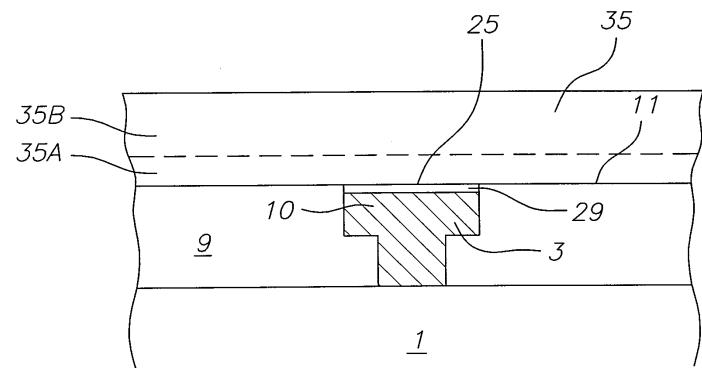
### 도면2



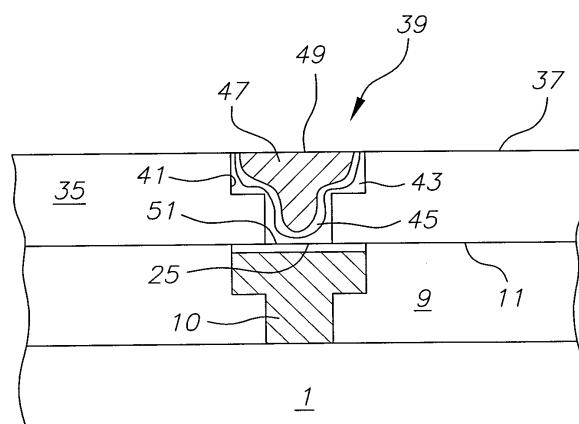
도면2a



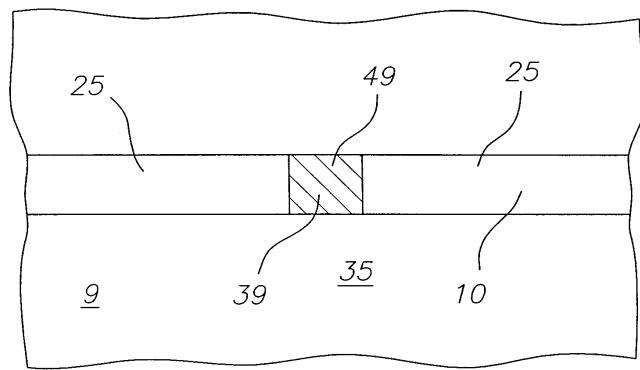
도면3



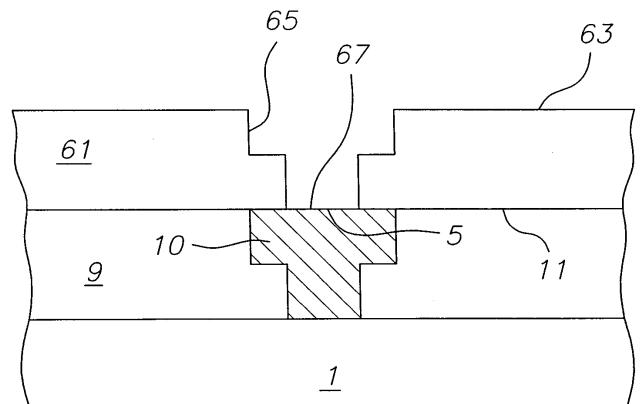
도면4



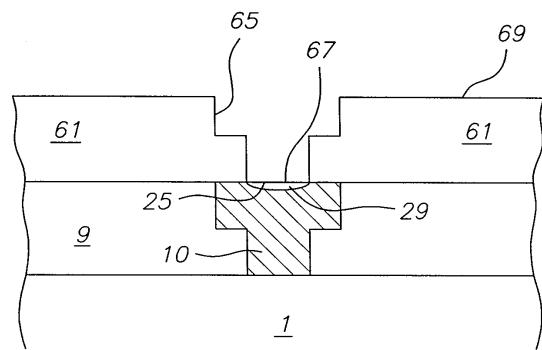
도면5



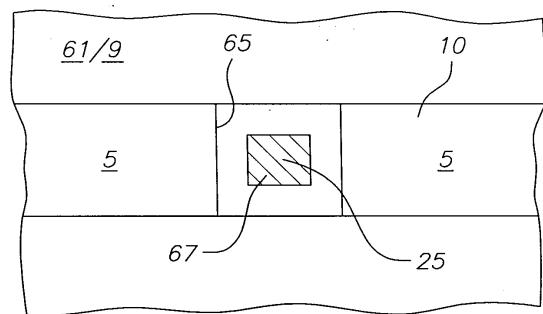
도면6



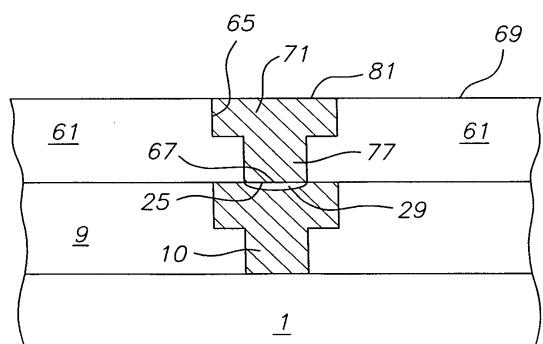
도면7



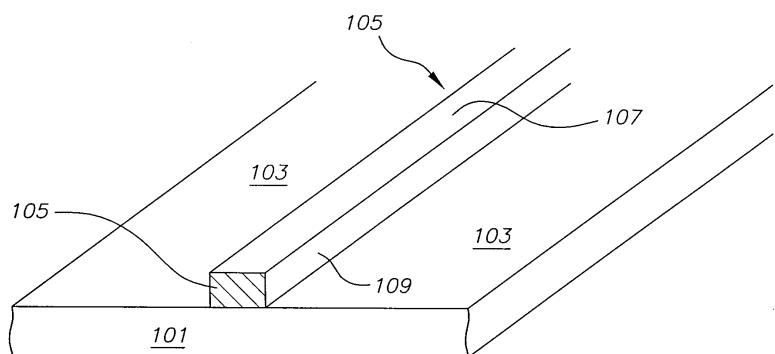
도면8



도면9



도면10



도면11

