(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl. [7]
G11C 11/34

(45) 공고일자 2003년02월06일
(11) 등록번호 10-0371102
(24) 등록일자 2003년01월22일

(21) 출원번호 10-2000-7006146
(22) 출원일자 2000년06월05일
번역문 제출일자 2000년06월05일
(86) 국제출원번호 PCT/US1998/25830
(86) 국제출원출원일자 1998년12월04일
(65) 공개번호 특2001-0032827
(43) 공개일자 2001년04월25일
(87) 국제공개번호 WO 1999/28914
(87) 국제공개일자 1999년06월10일

(81) 지정국 국내특허 : 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아-헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 캐나다, 스위스, 중국, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 에스토니아, 스페인, 핀랜드, 영국, 그루지야, 헝가리, 이스라엘, 아이슬란드, 일본, 케냐, 키르기즈, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 라이베리아, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아, 몽고, 말라위, 멕시코, 노르웨이, 뉴질랜드, 슬로베니아, 슬로바키아, 타지키스탄, 투르크메니스탄, 터어키, 트리니다드토바고, 우크라이나, 우간다, 미국, 우즈베키스탄, 베트남, 폴란드, 포르투칼, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르,
AP ARIPO특허: 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 스와질랜드, 우간다,
EA 유라시아특허: 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르기즈, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크메니스탄,
EP 유럽특허: 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투칼, 스웨덴, 핀랜드,
OA OAPI특허: 부르키나파소, 베넹, 중앙아프리카, 콩고, 코트디브와르, 카메룬, 가봉, 기네, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고,

(30) 우선권주장 60/067,509 1997년12월04일 미국(US)

(73) 특허권자 엑손 테크놀로지스 코포레이션
미합중국 아리조나주 85257, 스코츠데일, 노스 하이든 로드 1435
아리조나 보드 오브 리전트스
미합중국 아리조나주 85004, 피닉스 #230 노스 센트럴 에버뉴 2020

(72) 발명자 코지키,마이클,엔.
미합중국아리조나주85048,피닉스,사우쓰23스트리트14624
웨스트,윌리암,씨.
미합중국아리조나주85044,피닉스,이스트마운틴비스타4205

(74) 대리인 이만재

심사관 : 이철희

(54) 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체 및 그 제조 방법

요약

본 발명의 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체(PSAM; 100)는, 금속 이온들을 함유하는 칼코겐-유리와 같은 이온 전도체(110)와, 각각이 전기 전도 물질을 가지며 상기 이온 전도체(110)의 반대 표면들에 배치된 적어도 두개의 전극(120, 130)들을 구비한다. 바람직하게는, 이온 전도체(110)는 IB 족 또는 IIB 족 금속을 가진 칼코겐 물질이다. 두 전극(120, 130)의 하나는 음극, 다른 하나는 양극으로 형성된다. 양극과 음극 사이에 전압이 인가될 때, 금속 덴드라이트(140)는 음극으로부터 이온 전도체(110)를 관통하여 양극을 향하여 성장한다. 덴드라이트(140)의 성장율은 상기 전압을 제거함으로써 중지될 수 있으며, 또는 양극 및 음극에서의 전압 극성을 역전시킴으로써 덴드라이트(140)가 음극을 향하여 퇴거하도록 할 수도 있다. 전압이 충분한 길이의 시간 동안 인가될 때, 연속적인 금속 덴드라이트(140)가 이온 전도체(110)를 통하여 성장하여 전극들(120, 130)을 연결시키며, 따라서 장치를 쇼트시키게 된다. 연속적인 금속 덴드라이트(140)는 또 다른 전압을 인가함으로써 차단될 수 있다. 이런 금속 덴드라이트(140)의 차단은 또 다시 다른 전압을 인가함으로써 다시 폐쇄될 수 있다. 덴드라이트(140)의 길이에서의 변화 또는 덴드라이트(140) 내의 단절의 존재는 PSAM 의 저항, 커패시턴스, 및 임피던스에 영향을 미친다.

대표도

도 1A

명세서

기술분야

본 발명은 프로그램형 금속화 구조체에 관한 것이며, 더욱 구체적으로는 이온 전도체, 다수의 전극, 그리고 상기 이온 전극과 전극들 사이에 형성된 덴드라이트 또는 전압-제어형 금속 구조체를 포함하는 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체(programmable sub-surface aggregating metal; PSAM)에 관한 것이다.

배경기술

본 출원은 1997년 12월 4일부로 출원된 미합중국 가 특허출원 (Provisional Application) 제60/067509호를 기초로 우선권 주장을 하는 출원으로서 본원 발명의 특허청구범위는 상기 우선권의 이익을 가진다.

메모리 장치 (MEMORY DEVICES)

메모리 장치들은 바이너리 데이타(binary data)의 형태로 정보를 저장할 수 있도록 전자 장치 및 컴퓨터들에 사용된다. 이러한 메모리 장치들은 그 특성에 따라 여러 가지 형태로 분류되며 각각의 형태는 각각 여러 가지 장점 및 단점들을 가진다.

예를 들어, 퍼스널 컴퓨터(personal computer)에 이용되는 랜덤 엑세스 메모리(random access memory; 이하에서는 RAM이라 함)는 휘발성 반도체 메모리(volatile semiconductor memory)이다; 다시 말해, 전원이 차단되거나 제거되는 경우, 저장된 데이타가 유실되는 메모리인 것이다. 다이나믹 램(Dynamic RAM; 이하 DRAM이라 함)은 특히 휘발성이라 할 수 있는 데, 그것은 저장된 데이타를 유지하기 위해서는 매 몇 마이크로 초(microseconds) 마다 "회복(refresh)", 즉 재충전(recharge)되어야 하기 때문이다. 스타틱 램(static RAM; 이하 SRAM이라 함)은 전원이 유지되는 한 일회의 기록 후에도 데이타를 유지하지만, 일단 전원이 차단되면 데이타는 유실된다. 따라서, 이러한 휘발성 메모리 장치들에서는 시스템으로의 전력 공급이 차단되지 않는 한도에서만 정보가 보존된다.

CD-ROM은 비휘발성 메모리의 일 예이다. CD-ROM은 긴 오디오 및 비디오 세그먼트(segment)를 수용하기에 충분할 정도로 크지만, 이 메모리로는 정보를 읽을 수만 있을 뿐 기록할 수는 없다. 따라서, CD-ROM이 제조시에 일단 기록된 후에는, 새로운 정보로 다시 기록될 수는 없다.

광학 디스크와 같은 다른 장치들 뿐 아니라 플로피 디스트, 하드 디스크, 자기 테이프 등의 다른 자기 저장 장치들과 같은 다른 저장 장치들은 비휘발성이며, 대단히 큰 용량을 가지며, 또한 여러 번 재 기록될 수 있다. 불행하게도, 이러한 메모리 장치들은 물리적으로 크고, 쇼크 및 진동에 민감하며, 값 비싼 기계적 구동 드라이브를 필요로 하며, 그리고 상대적으로 다량의 전력을 소모한다. 이러한 부정적 측면들로 인하여, 상기 메모리 장치들은, 랩-탑(lap-top) 및 팜-탑(palm-top) 컴퓨터, 그리고 퍼스널 디지탈 보조 장치(personal digital assistant; 이하 PDAs 라 함) 용으로는 이상적이지 못하다.

저장된 정보가 정규적으로 변하는 저 전력, 소형의 휴대용 컴퓨터 시스템들의 수가 급속히 증가함에 따라, 판독/기록(read/write) 반도체 메모리들이 널리 퍼지게 되었다. 또한, 상기 휴대용 시스템들에서는 전력이 차단될 때 데이타 저장이 요구되기 때문에, 비휘발성 저장 장치가 요구된다. 상기 컴퓨터들에서 가장 간단한 프로그램형 반도체 비휘발성 메모리 장치는 프로그램형 판독 전용 메모리(programmable read-only memory; 이하 PROM이라 함)이다. 가장 기본적인 PROM은 퓨징 가능한 연결들의 어레이(array of fusible links)를 이용한다, 즉, 일단 프로그램되면, PROM은 다시 프로그램될 수 없다. 이것은 일회-기록 다회-판독 (write-once read-many: 이하 WORM 이라 함) 메로리의 일예이다. 소거 가능한(erasable) PROM(이하 EPROM 이라 함)은 변경 가능하나, 각각의 재기록에 앞서 자외선에의 노출을 포함하는 소거 단계가 선행되어야 한다. 전기적으로 소거 가능한 PROM(E^2PROM 이라고도 하며, 이하에서는 EEPROM 이라함)은 여러 번 재 기록될 수 있기 때문에, 종래의 비휘발성 반도체 메모리 중에서 아마도 가장 이상적인 것이라 할 수 있다. 또 다른 형태의 EEPROM인 플래시(flash) 메모리는, 저 밀도의 전통적인 EEPROM 보다는 더 큰 용량을 가지지만, 내구성(endurance)이 부족하다. 상기 메모리 장치들에 사용되는 부동 게이트 저장 소자들(floating gate storage elements)은 제조하기가 어렵고, 상대적으로 다량의 반도체를 소비한다. 더구나, 그 회로 설계에 있어서는 그 장치를 프로그램하기 위하여 필요한 고 전압을 견딜수 있도록 되어야 한다. 따라서, 메모리 용량의 비트 당 EEPROM의 비용은, 다른 데이타 저장 수단에 비해 극히 높다. EEPROM들의 또 다른 단점은, 비록 이들이 전원이 연결되지 않은 상태에서도 데이타를 유지할 수 있지만, 프로그램하기 위하여 상대적으로 다량의 전력을 필요로 한다는 것이다. 이러한 전력 소모는, 배터리에 의해 구동되는 소형의 휴대용 장치에 있어서는, 상당한 것일 수 있다.

따라서, 위에서 설명한 종래의 데이타 저장 장치들과 관련한 여러가지 문제들의 관점에서 볼 때, 간단하게 그리고 저 비용으로 생산할 수 있는 기록/판독 메모리 기술 및 장치에 관한 요청은 대단히 크다. 또한, 이러한 메모리 기술은, 높은 저장 밀도, 비휘발성, 그리고 낮은 제조 비용을 실현하면서도 저 전압에 의해 작동될 수 있는, 새로운 세대의 휴대용 컴퓨터 장치의 실현을 위한 요구 조건들을 충족하여야 한다.

프로그램형 수동 및 능동 부품들(PROGRAMMABLE PASSIVE AND ACTIVE COMPONENTS)

전자 회로에는 그야말로 수 많은 부품들이 포함되어 있다. 이러한 많은 부품들은 일반적으로 두개의 카테고리로서 분류될 수 있다, 즉, 수동 부품들과 능동 부품들이 그것이다. 저항 및 커패시터(capacitor)와 같은 수동 부품들은, 상대적으로 일정한 전기적 특성치를 가지는 반면에, 트랜지스터와 같은 능동 부품의 일부 전기적 특성치는 인가되는 전압 또는 전류에 따라 변하도록 설계된다.

이와 같은 두가지 형태의 부품들의 광범위한 사용으로 인하여, 수동 부품과 능동 부품의 기능 모두를 수행할 수 있는 저가의 장치에 대한 요청이 대단히 크다. 예를 들어, 인가되는 신호에 감응하여 자신의 저항과 커패시턴스를 변경하는 능동 부품으로서 기능함됨과 동시에, 한편으로는 재 프로그램될 수 있는, 즉 일단 프로그래밍이 완료된 후에도 그 변화가 기억되는, 수동 부품으로서도 기능할 수 있는 장치에 관한 요청이 대단히 크다. 그러한 장치는, 통신 장비에서의 튜닝 회로(tuned circuit)로 부터 오디오 시스템의 볼륨 조절기에 이르기까지 많은 장치들에서 사용될 수 있다.

메모리 장치, 그리고 프로그램형 저항 및 커패시터 장치와 같은 장치의 광범위한 사용으로 인하여, 이러한 여러 가지 장치와 기타의 장치에 채택될 수 있는 장치를 저 비용으로 쉽게 제조하는 것에 대한 요청이 대단히 크다.

발명의 상세한 설명

본 발명의 일 실시예에 따라 제공되는 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체(PSAM)는, 금속 이온들을 함유하는 칼코겐-유리와 같은 이온 전도체와, 각각이 전기 전도 물질을 가지며 상기 이온 전도체의 반대 표면들에 배치된 적어도 두 개의 전극들(예를 들어, 양극 및 음극)을 구비한다. 여기서 언급되는 칼코겐 물질은 황, 셀레늄 및/또는 텔루륨을 포함하는 임의의 화합물을 포함한다. 일 실시예에서, 이온 전도체는, 적어도 하나의 IB 족 또는 IIB 족 금속 (가장 바람직하게는 삼황화 비소-은) 및 칼코겐으로 부터 형성되는 화합물이다. 양극 및 음극은 각각 적절한 전도성 물질을 재료로 만들어지며, 양극은 바람직하게는 은을 함유한다.

양극과 음극 사이에 전압이 인가될 때, 금속 덴드라이트는 음극으로부터 이온 전도체를 관통하여 양극을 향하여 성장한다. 덴드라이트의 성장율은 상기 전압을 제거함으로써 중지될 수 있으며, 또는 양극 및 음극에서의 전압 극성을 역전시킴으로써 덴드라이트가 음극을 향하여 퇴거하도록 할 수도 있다. 전압이 충분한 길이의 시간 동안 인가될 때, 연속적인 금속 덴드라이트가 이온 전도체를 통하여 성장하여 전극들을 연결시키며, 따라서 장치를 쇼트시키게 된다. 연속적인 금속 덴드라이트는 또 다른 전압을 인가함으로써 차단될 수 있다. 이러한 금속 덴드라이트의 차단은 또다시 다른 전압을 인가함으로써 다시 폐쇄될 수 있다. 덴드라이트의 길이에서의 변화 또는 덴드라이트 내의 단절의 존재는 PSAM 의 저항, 커패시턴스, 및 임피던스에 영향을 미친다.

도면의 간단한 설명

본 발명의 주제는 명세서의 결론 부분에서 상세히 설명되고 청구 범위에 명료하게 한정될 것이다. 그러나, 본 발명은, 특허 청구 범위 및 첨부된 도면과 관련한 이하의 설명으로부터 가장 잘 이해될 것이며, 첨부된 도면에서는 유사한 부품들에는 유사한 도면 부호들이 부여된다:

도 1A는 본 발명의 일 실시예에 따른 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체의 사시도이며;

도 1B는 도 1A의 선 1-1 을 따라 취한 단면도이며;

도 2A 내지 2D는 본 발명의 다른 실시예에 따른 여러가지 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체의 단면도들이며;

도 3A 내지 3F는 본 발명의 또 다른 실시예들에 따른 여러가지 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체들의 단면도들이며;

도 4A는 본 발명의 일 실시예에서의 전류 및 시간 사이의 관계를 나타내는 선도이며;

도 4B는 본 발명의 일 실시예에서의 인가되는 전압 및 시간 사이의 관계를 나타내는 선도이며;

도 5A는 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 메모리 장치의 단면도이며;

도 5B는 도 5A 에 도시된 메모리 장치의 일부의 변형된 단면도이며;

도 5C는 본 발명의 일 실시예에 따른 메모리 장치의 네트워크의 개략도이며;

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 프로그램형 저항/커패시턴스 장치의 단면도이며;

도 8은 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 프로그램형 저항/커패시턴스 장치의 단면도이며; 그리고

도 9는 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따른 프로그램형 저항/커패시턴스 장치의 단면도이다.

실시예

이하의 설명은 단지 실시예들에 관한 것이며, 어떤 형태로든 본 발명의 범위, 적용 분야 또는 특징을 한정하기 위한 것이 아니다. 오히려, 이하의 설명은 본 발명의 실시예들을 편리하게 구현할 수 있도록 하기 위한 것이다. 이러한 관점에서, 첨부된 특허 청구 범위에 의해 한정되는 본 발명의 사상과 영역으로부터 이탈하지 않는 범위 내에서 실시예들을 통해 설명된 요소들의 배열 및 기능에 있어 많은 변화가 가능하다.

도 1A 및 도 1B를 참조하면, 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체(이하 PSAM 이라 함)가 도시되었다. 본 발명의 일 실시예에서, PSAM 구조체(100)는 바람직하게는 이온 전도체(110)와, 이온 전도체(110)의 표면상에 배치된 다수의 전극들(120, 130)을 포함한다.

PSAM 구조체(100)의 이온 전도체(110)는, 금속 이온 등을 포함하는 칼코겐-유리(chalcogenide-glass), 금속 이온-함유 비정형(amorphous) 반도체, 금속 이온-함유 유리(glass), 고체 전해질 등을 포함할 수 있다. 넓은 의미에서는, 본 발명의 여러 측면에 따라, 칼코겐 물질은, 삼성분(ternary) 화합물, 사성분(quarternary) 화합물, 또는 더 고차 성분의 화합물이든 무관하게, 황, 셀레늄(selenium) 및/또는 텔루륨(tellurium)을 포함하는 임의의 화합물을 포함할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서는, 이온 전도체(110)는 금속 이온 합성물을 포함하는 칼코겐-유리를 재료로 하여 형성될 수 있으며, 이 경우 그 금속은, 여러 가지 I 족 또는 II 족 금속, 바람직하게는 은, 동, 아연 또는 그 복합물들로부터 선택될 수 있다.

금속 이온 합성물을 포함하는 이온 전도체(110)는 임의의 편리한 방법을 이용하여 제조될 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 일 실시예에서는, 이온 전도체(110)는 바람직하게는, 광분해(photodissolution)에 의하여 삼황화 비소-은(이하 As_2S_3-Ag 라 함)으로 부터 형성될 수 있다. 약 500 나노미터(nanometer) 미만의 파장과 같은 적절한 파장의 빛을, 은박막(thin silver film)과 As_2S_3-Ag 층에 조사함으로써, 은이 적절하게 As_2S_3-Ag 내에 유입된다. 은과 As_2S_3-Ag 의 이중 층은, 적절한 포화 수준(saturation level), 즉 As_2S_3-Ag 에 대한 은 함량이 약 45 원자 퍼센트에 도달할 때 까지, 빛에 노출된다. 이온 전도체(110)의 두께는 몇 나노미터로부터 몇 백 나노미터까지의 범위에서 변할 수 있다.

전극들(120, 130)은 서로 적절하게 이격되도록 이온 전도체(110)의 표면에 배치된다. 전극들(120, 130)은, 이온 전도체(110) 내로 금속 이온을 수송할 수 있는 전기장을 발생시킬 수 있도록 임의의 전기 전도 물질을 재료로 하여 형성된다. 본 실시예에서, 전극들(120, 130)은 은 함유 물질을 재료로 하여 만들어진다.

적절한 전압이 전극들(120, 130) 사이에 가해질 때, 금속 덴드라이트(140)는, 전력 공급기의 음극에 연결된 음극인 전극(120)으로 부터, 이온 전도체(110)를 거쳐 양극인 전극(130)을 향하여 성장한다. 금속 덴드라이트(140)의 성장에 선행하여 전극들(120, 130)의 극성이 바뀌어 질 수도 있으며, 이 경우 금속 덴드라이트(140)는 음극인 전극(130)으로 부터 양극인 전극(120)을 향하여 성장하게 된다. 이하에 상세히 설명되는 바와 같이, 금속 덴드라이트(140)가 이미 음극인 전극(120)으로부터 양극인 전극(130)을 향해 성장하기 시작했을 때 전극들(120, 130)의 극성이 역전되는 경우, 금속 덴드라이트(140)는 전극(120)을 향하여 다시 수축될 것이다.

금속 덴드라이트(140)는 전극(130)을 만날 때 까지 이온 전도체(110)를 완전히 관통하여 성장하여, 전극(130)을 만나서 전기 회로를 완성하게된다. 양자택일적으로, 인가 전압을 중지함으로써, 금속 덴드라이트(140)가 전극(130)에 도달하기 전에 중지될 수 있다. 금속 덴드라이트(140)가 전극(130)에 도달하지 않는 한, 전극들(120, 130)에 가해지는 전압을 역전시킴으로써 금속 덴드라이트(140)의 성장이 중지되거나 수축될 수 있다.

또한, 금속 덴드라이트(140)의 성장율은 인가 전압, 장치 치수 및 시간의 함수이며, 따라서, 저전압은 상대적으로 느린 성장을 초래하는 반면에 고 전압은 상대적으로 빠른 성장을 초래한다. 이상에서 설명한 바와 같은 금속 덴드라이트(140)의 길이를 따른 성장 및 변화들은 PSAM 구조체(100)의 전기적 특성, 예를 들어 저항, 커패시턴스 등에 영향을 미치는 데, 이러한 특성들은 임의의 편리한 감지 회로를 이용하여 적절하게 감지된다. 일단 금속 덴드라이트(140)가 특정의 길이 만큼 성장한 상태에서는, 전극(120, 130)으로의 전압의 인가가 중단되는 경우에도 금속 덴드라이트(140)는 그대로 유지된다. 따라서, 금속 덴드라이트(140)의 길이의 변화로 부터 초래되는 PSAM 구조체(100)의 전기적 특성에 있어서의 변화는 또한 비휘발성이 된다.

이상에서는 본 발명의 일 실시예에 따른 기본 구조에 대해 설명하였으며, 이하에서는 관련 도면을 참조하여 본 발명의 또 다른 가능한 실시예들의 구조 및 작용에 관하여 설명한다. 도 2A 내지 도 2D를 참조하면, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 PSAM 구조체(200)가 도시된다. 본 실시예에서, PSAM 구조체(200)는 바람직하게는 전극들(220, 230) 사이에 배치된 이온 전도체(210)를 포함한다.

도 2A를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따라, PSAM 구조체(200)의 전극들(220, 230) 사이에는 고전압 설정점과 저전류 한계가 인가된다. 본 실시예에서, 전극들(220, 230)은 각각 음극 및 양극으로 적절하게 설정된다. 따라서, 비휘발성 금속 덴드라이트(240)는 음극인 전극(220)으로 부터 이온 전도체(210)를 통하여 양극인 전극(230)을 향하여 성장한다.

도 2B를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따라, 비휘발성 금속 덴드라이트(240)는 이온 전도체(210)를 완전히 관통하여 성장하며, 충분히 긴 시간 동안 PSAM 구조체(200)의 전극(220)에 조절 펄스(conditioning pulse)가 인가될 때, 전극(230)에 도달한다. 이 때 필요한 시간의 길이는 부분적으로는 조절 펄스의 전압과 PSAM 구조체(200)의 치수(geometry)에 의존한다. 예를 들어, 이온 전도체(210)의 두께(t_2)가 약 10 내지 50 나노미터로서 얇고, 조절 펄스가 약 1 볼트인 경우, 220를 완전히 관통하도록 비휘발성 금속 덴드라이트(240)를 성장시키기 위해서는 약 50 μsec(마이크로 초)의 시간이 필요하다. 따라서, 전압, 칫수, 및 요구되는 시간의 길이에 있어서 여러 가지 변화가 가능함은 이해될 수 있을 것이다.

PSAM 구조체(200)의 전극들(220, 230) 사이에는 한계 전압이 적절하게 인가된다. 소거 펄스(erase pulse)는 편향되게(biased) 진행된다, 즉 전극들(220, 230)의 극성이 역전될 필요 없이 진행된다. 소거 펄스는 금속 덴드라이트(240)을 파괴하여 금속 덴드라이트(240) 내에 간극이 발생하게 한다. 금속 덴드라이트(240) 내의 간극의 존재는 PSAM 구조체(200)의 전기적 특성, 예를 들어 임피던스(impedance)의 경고 신호가 될 수 있다. 매우 작은 전압, 예를 들어 약 300 mV 이하의 전압에서의 펄스들은 대개 덴드라이트의 성장을 촉진하지 못하며, 따라서, 덴드라이트의 상태는 짧은 저 전류 펄스를 사용하여 적절하게 감지될 수 있다.

도 2D를 참조하면, 본 발명의 또 다른 측면에 따라, 상대적으로 높은 전압 설정점과 상대적으로 낮은 전류 한계를 가진 기록 펄스가 PSAM 구조체(200)의 전극들(220, 230) 에 적절하게 인가되어, 금속 덴드라이트(240)의 간극을 폐쇄할 수 있도록 할 수 있다. 따라서, PSAM 구조체(200)는, 서로 다른 유니폴라(unipolar) 전압 펄스들을 적절히 인가함으로써, 소거되고, 판독되고, 그리고 기록될 수 있다. 대신에, PSAM 구조체(200)는 또한 여러가지 방향으로 소거되고, 판독되고, 그리고 기록될 수 있으며, 따라서 상당한 작동 유연성을 제공할 수 있다. 예를 들어, PSAM 구조체(200)는 진행 바이어스 펄스(forward bias pulse)에 의해 삭제되고, 역 바이어스 펄스(reverse bias pulse)에 의해 판독되고, 그리고 진행 바이어스 펄스에 의해 기록될 수 있으며, 또는 여러가지 다른 조합도 가능하다.

이상의 설명에서, 고 또는 저 전압 설정점과 고 또는 저 전류 한계를 가진 펄스들이 설명되었다. 특정한 고 및 저 수준의 전압 설정점 그리고 전류 한계들은 PSAM 구조체의 치수와 특정 형상에 따라 크게 변화될 수 있다. 일반적으로, 저

전압 설정점은 금속 덴드라이트의 성장을 방지하기에 충분할 정도로 잔은 전압 설정점에 관련된다. 따라서, 고 전압 설정점은 금속 덴드라이트의 성장을 촉진하는 전압 설정점에 관계된다. 고 전류 한계는 전극들 사이에서 성장하는 금속 덴드라이트 내에 간극을 형성할 만큼 충분히 높은 전류 한계에 관련된다. 따라서, 저 전류 한계는 금속 덴드라이트를 그대로 유지할 만큼 충분히 낮은 전류 한계에 관한 것이다. 금속 덴드라이트 내의 간극이 형성될 수 있을 정도의 특정 전류 한계는 부분적으로는 금속 덴드라이트의 두께에 의존한다. 예를 들어, 얇은 금속 덴드라이트 내의 간극은 수 나노-암페어(nano-amperes)의 전류 한계에 의해 형성될 수 있으며, 반면에 두꺼운 금속 덴드라이트 내의 간극은 수 마이크로-암페어(micro-amperes)의 전류 한계에 의해 형성될 수 있다.

비록 이상에서는 형태에 있어 대체로 수직으로 배열된 본 발명의 몇가지 실시예들이 설명되었지만, 본 발명의 사상과 영역으로부터 이탈하지 않는 범위에서 여러 가지 형상과 배열의 변형이 가능하다. 예를 들어, 도 3A 내지 도 3F에는 본 발명의 여러 가지 대체 가능한 형상이 도시되었다. 특히, 그 중 일 실시예를 도시한 도 3A를 참조하면, PSAM 구조체(300)는 바람직하게는 이온 전도체(302)와, 전극들(304, 306)을 구비한다. 이 형상에 따르면, 전극들(304, 306)은 바람직하게는 이온 전도체(302) 보다 작다. 또 다른 일 실시예를 도시한 도 3B를 참조하면, PSAM 구조체(310)는 바람직하게는 이온 전도체(312)와, 전극들(314, 316)을 구비한다. 이 형상에 따르면, 전극들(314, 316)은 바람직하게는 실질적으로 이온 전도체(312)와 같은 크기를 가진다. 또 다른 일 실시예를 도시한 도 3C를 참조하면, PSAM 구조체(320)는 바람직하게는 이온 전도체(322)와, 다수의 쌍의 전극들(324, 326, 328, 329)을 구비한다. 또 다른 일 실시예를 도시한 도 3D를 참조하면, PSAM 구조체(330)는 바람직하게는 이온 전도체(332)와, 전극들(334, 336)을 구비한다. 이 형상에서는, 전극들(334, 336)은 이온 전도체(332) 상에 수평 방향을 따라 적절하게 배치된다. 또 다른 일 실시예를 도시한 도 3E를 참조하면, PSAM 구조체(340)는 바람직하게는 이온 전도체(342)와, 이온 전도체(342) 상에 여러 가지 칫수를 가지고 적절히 배치되 다수의 쌍의 전극들(344, 346, 348, 349)을 구비한다. 또 다른 일 실시예를 도시한 도 3F를 참조하면, PSAM 구조체(350)는 바람직하게는 구형 이온 전도체(352)와, 전극(354, 356)을 구비한다. 이러한 형상에서는, 이온 전도체(352)가 비록 구형의 형상을 가지고 있지만, 이온 전도체(352)는 여러가지 다른 비전형적인 형상을 가질 수도 있다. 또한, 위에서 설명한 선택적인 여러 형상들은 모두 3 차원 구조체로 확장될 수 있다. 예를 들어, 이온 전도체는 그 표면들 중 일부 또는 전부에 부착된 다수의 전극을 구비하는 블럭의 형태를 가지도록 형성될 수도 있다.

도 4A 및 4B에 도시된 선도는 각각 본 발명의 일 실시예에 따른 PSAM 구조체에서의 전압과 시간 사이의 관계, 그리고 인가 전압과 쇼트 시간 사이의 관계를 나타내는 선도들이다. 이러한 결과들을 얻는 데 사용된 PSAM 구조체는, 약 120 나노미터의 두께를 가지며 도 1A 및 도 1B에 도시된 실시예와 유사한 형상을 가지는 이온 전도체를 가진다. 그러나, 이하에 서술되는 특정의 실시예는 단지 예를 들기 위한 것이며, 본 발명은 어떠한 특정의 형상에도 한정되지 않는다. 도 4A를 참조하면, 곡선(410)은 상기 PSAM 구조체의 전압 및 시간 사이의 관계를 나타낸다. 5 볼트의 전압이 인가될 때, 상기 PSAM 구조체는 약 2 마이크로 초 만에 쇼트된다. 도 4B를 참조하면, 곡선(420)은 상기 PSAM 구조체의 인가 전압 과 쇼트 시간 사이의 관계를 나타낸다. 덴드라이트가 이온 전도체를 완전히 관통하여 전극들을 서로 연결시키고 그에 따라 PSAM 구조체를 쇼트시키도록, 덴드라이트를 성장시키는 데 요구되는 시간의 양은, 인가되는 전압이 감소함에 따라 증가한다. 도 4C를 참조하면, 곡선(430)은 쇼트되지 않은 PSAM 구조체의 전류 및 전압 사이의 관계를 나타낸다. 상기 장치의 소-신호 버틀러-포머(Butler-Volmer) 특성은 매우 적은 바이어스(bias)에서 매우 적은 페러데이 전류(Faradaic current)를 나타냄을 보여준다. 따라서, 10 mV (밀리 볼트) 이하의 바이어스에서 덴드라이트의 성장은 거의 없어지게 된다. PSAM 구조체의 이런 특성은, 덴드라이트의 상태를 방해함이 없이 유니폴라 펄스를 이용하여 덴드라이트의 상태가 판독되는 것이 가능해 지도록 한다.

본 발명의 여러가지 실시예에 따른 PSAM 구조체는, 프로그램형 판독 전용 메모리(programmable read only memory; PROM) 장치, 전기적 소거형 PROM(EEPROM) 장치 등등과 같은 메모리 장치와 관련하여 사용되는 것이 특히 적당하다. 뿐만 아니라, 본 발명은 프로그램형 저항 및 커패시턴스 장치와 관련하여 사용되는 것이 특히 적당하다. 그러나, 이상에서 설명하는 사용 분야가 본 발명의 사용 또는 적용 분야를 한정하기 위한 의도를 가지는 것은 아니며, 오히려 실

시예들에 대한 전체적이고 완전한 설명을 위한 것임은 인지되어야 한다.

금속 덴드라이트 메모리(METAL DENDRITE MEMORY)

이상에서 설명한 바와 같이, PSAM 구조체는 메모리 장치와 같은 여러 가지 서로 다른 기술을 실현하기 위해 사용될 수 있다. 따라서, 도 5A를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 금속 덴드라이트 메모리(metal dendrite memory; MDM)가 도시되었다. 본 실시예에서, MDM(500)은 바람직하게는 메모리 셀 또는 장치 를 위한 물리적 지지를 제공하는 기판(510)을 구비한다. 기판(510)이 비휘발성이거나 또는 MDM(500)에 사용된 물질과 양립될 수 없는 경우, 절연층(520)이 기판(510) 상에 적절히 배치되어 기판(510)으로부터 MDM(500)의 활성 부분(active portion)을 차단시킬 수 있도록 한다. 다음에, 기저 전극(530)은 기판(510) 상에 적절히 증착되고 패턴 형성된다. 다만, 절연층(520)이 사용되는 경우에는 절연층(520) 상에 증착 및 패턴 형성된다. 다음에, 바람직하게는 유전막(550)이 이온 전도체(540) 위에 증착되며, 비어들(vias)이 이온 전도체(540) 및 기저 전극(530) 층들의 일부 위에 개방된다. 마지막으로, 상부 전극(560)은 상기 비어들 내에 적절히 증착되고 패턴 형성된다. 기저 전극(530) 및 상부 전극(560)으로의 적절한 연결 통로들이, 예를 들어 반도체 집적 회로 산업에서와 같은 기술 분야에서 잘 알려진 임의의 편리한 방법을 이용하여 제공된다.

적절한 전압이 음극인 상부 전극(560)과 양극인 기저 전극(530) 사이에 인가될 때, 비휘발성 금속 덴드라이트(570)는 이온 전도체(540)를 통하여 양극인 기저 전극(530)을 향하여 성장한다. 전술한 PSAM 구조체와 유사하게, 비휘발성 금속 덴드라이트(570)의 길이에 따른 성장 및 변화는 MDM(500)의 예를 들어, 저항, 커패시턴스 등등과 같은 전기적 특성에 영향을 미친다. 이러한 방식으로, 이하에서 상세히 설명되는 바와 같이, MDM(500)은 여러 가지 메모리 장치들에 이용될 수 있다.

MDM(500)은 또한 적절히 패턴 형성됨으로서 다중의 인접한 MDM 장치들으로 부터 절연될 수 있다. 예를 들어, 도 5B를 참조하면, 쇼트키(Schottky) 또는 p-n 접합 다이오드와 같은 적절한 비정형 실리콘 다이오드(562)는 상부 전극(560) 및 이온 전도체(540) 사이에 형성될 수 있다. 또한, 유전막이 상부 전극(560) 상에 증착될 수 있으며, 이러한 전체 구조의 형성이 반복될 수 있다. 따라서, 도 5C를 참조하면, MDM 장치(500)의 열과 행이 고 밀도의 집적 형태를 가지도록 조직되어 극히 대형의 저장 밀도를 제공하도록 될 수 있다. 일반적으로, 메모리 장치들의 최대 저장 밀도는 컬럼 및 로우 디코더(column and row decoder) 회로의 크기와 복잡성에 의해 한정될 수 있다. 그러나, MDM 소자들은 어떠한 실리콘도 사용하지 않기 때문에, MDM 저장 스택(stack)은 집적 회로 위에 겹쳐지도록 적절히 조직되어, 전체 반도체 칩 면적이 로우/컬럼 디코드(row/column decode), 감지 증폭기(sense amplifier), 그리고 데이타 운영 회로(data management circuitry; 도시 생략)에 할당되도록 될 수 있다. 이와 같은 방식으로, 많은 Gb/cm^2의 저장 밀도가 MDM 장치를 이용하여 성취될 수 있다. 이러한 방식에 이용되기 때문에, MDM은 근본적으로 기존의 실리콘 집적 회로 기술에 성능과 기능을 부가하는 부가적 기술이다.

본 발명에 따라 MDM 장치를 제조하기 위한 여러가지 대체적인 구성 및 방법이 있다는 것은 인지되어야 한다. 예를 들어, 본 발명의 일 실시예에 따른 대체적인 구성이 도시된 도 6을 참조하면, MDM(600)이 도시되었다. MDM(600) 내에는, 바람직하게는, 기판(610), 또는 절연체가 사용되는 경우에는 절연층(620) , 및 기저 전극(630) 위에 유전막(650)이 증착된다. 비어들은 기저 전극(630)의 일부 위로 개방된다. 이온 전도체(640)은 상기 비어들 내에서 기저 전극(630) 위로 증착되고 패턴 형성된다. 다음에, 상부 전극(660)은 비어들 내에 증착되고 패턴 형성될 수 있다.

도 7을 참조하면, 도시된 장치는 도 5A 및 6의 금속 덴드라이트 메모리 셀 또는 메모리 셀과 유사하나, 부가 전극들이 구비된다. 특히, MDM(700)은 이온 전도체(710)와, 이온 전도체(710)의 표면에 배치된 전극들(720, 730)을 구비한다. 적절한 전압이 음극인 전극(720)에 인가될 때, 덴드라이트(740)는 이온 전도체(710)를 통하여 양극인 730을 향하여 성장한다.

본 발명의 일 실시예에 따라, MDM(700)은 또한 두개의 부가 전극들(760, 770)을 구비한다. 부가 전극들(760, 770)은, 유전 물질 또는 저항성 물질일 수 있는 소재(750)에 의해 이온 전도체(710)로 부터 절연된다. 유전 물질인 경우에, MDM(700)은 상기 여러 가지 전극들 사이에 프로그램형 커패시턴스를 나타낸다. 저항성 물질인 경우, MDM(700)은 상기 여러 가지 전극들 사이에 프로그램형 저항을 나타낸다. 여러 가지 전극들 사이의 프로그램형 커패시턴스 또는 저항들은 바람직하게는 금속 덴드라이트(740)의 성장의 범위에 따라 프로그램된다.

MDM(700)은, 두개의 전극을 구비한는 형태를 가지는 도 5A 및 도 6에 도시된 MDM(500) 및 MDM(600) 에 비해 몇가지 장점들을 제공한다. 예를 들어, 그러한 장점의 하나는, 덴드라이트(740)의 길이를 변경하지 않고도, 따라서 장치의 커패시턴스 및/또는 저항을 변경하지 않고도, 전극들(720, 730) 아닌 다른 전극들의 임의의 조합에 대해 전압이 인가될 수 있다는 것이다. 이것은, 메모리 장비 및 기타 전자 회로 장비에서의 MDM(700)의 사용에 대한 중요한 암시를 보여준다. 이와 같은 고려와 장점들은 4 전극 장치 보다는 3 전극 장치에 적용된다. 이러한 특정의 실시예에서, 덴드라이트(740)는 다른 전극들 사이가 아닌 전극들(720, 730) 사이에서 성장한다는 점이 인지되어야 한다. 따라서, 전극들(720, 730)은 MDM(700)의 프로그래밍 단자들이 되며, 다른 전극들은 MDM(700)의 출력 단자들이 된다.

도 5A, 6 및 7에 도시된 MDM 들은 종래의 실리콘-베이스의 마이크로일렉트로닉스(silicon-based microelectronics)와는 중요한 차이점을 나타낸다. 사실상, 제어 전자 장치가 동일 칩 상에 통합되지 않는 한, MDM 의 작동을 위해 실리콘은 요구되지 않는다. 또한, MDM 의 전체 제조 과정은 심지어 가장 기본적인 반도체 제조 기술보다도 상당히 더 간단하다. 적당한 재료 비용과 함께 간단한 처리 기법으로 인하여, MDM은 다른 메모리 장치에 비해 저가의 제조 비용으로 제조될 수 있는 메모리 장치를 제공한다.

1. PROM 및 앤티-퓨즈 장비들 (Anti-fuse Applications)

도 5A를 참조하면, 본 발명의 여러 가지 실시예들에 따라, MDM 장치는 PROM 형 메모리 장치로서 이용될 수 있다. 가장 전통적인 PROM 들은 프로그래밍 하는 동안에 절단 또는 차단될 수 있는 퓨저블 링크들(fusible links)을 사용한다. 일단 하나의 링크가 차단되면, 다시 복구되지 않는다. 본 발명의 MDM 장치는 실질적으로 차단될 수 있을 뿐 아니라, 연결될 수 있는 능력을 제공한다. 이것은 더 많은 허용 범위와 유연성을 제공하기 때문에 더욱 바람직한데, 예를 들면, 심지어 잘못된 링크, 즉 덴드라이트가 이루어지더라도, 이 링크는 종래의 퓨즈와 마찬가지로 항상 차단될 수 있게 된다. 또한, MDM 장치의 덴드라이트들은 많은 싸이클들(cycles)의 연결/차단을 감당할 수 있으며, 따라서, 다중 프로그램형 싸이클들이 가능해 진다.

본 발명의 MDM 장치는 또한 프로그램형 논리 어레이들(programmable logic arrys; 이하 PLAs 라 함)에 사용될 수 있다. PLAs 에서는, 게이트들(gates) 또는 가산기들(adders)과 같은 논리 요소들의 블럭들은 형성되지만 연결되지는 않는다. 예를 들어 고객 칩 설계(custom chip design)를 허용하지 않는 장비와 같은 특정의 저 볼륨 장비에 적합하게 하기 위해서는 연결들이 이루어 질 수 있다. 전통적으로, 많은 논리 소자들 사이의 최종 연결은 제조 절비에서 이루어진다. 그러나, MDM 장치는 그러한 PLA 장치들이 "필드 프로그램형(field programmable)"이 되는 것을 가능하게 하는데, 그것은 금속 덴드라이트들과 함께 칩 상에서의 부분들 사이를 견고하게 전기적으로 연결하는 것이 상대적으로 용이하기 때문이다.

앤티-퓨즈들은 또한, 제조 과정 상에서 발생하는 결점과 서비스 중의 문제점들에 대처하기 위해 잉여 기술이 이용되는

집적 회로에서도 이용된다. 예를 들어, 64 메가 바이트 DRAM 과 같은 복잡한 고-밀도 회로들은 실제로 사용되는 것보다 더 많은 메모리를 칩 상에 탑재하고 있다. 칩의 하나의 부분이 처리 과정 중에 손상되거나 작동 중에 고장이 나는 경우, 스페어 메모리가 대신에 연결되어 이용될 수 있다. 전형적으로, 이러한 과정은, 메모리 칩 상의 논리 게이트들에 의해 제어되며, 항시적인 자기 시험(self testing)과 전기적 재구성(electrical reconfiguration)을 요구한다. 본 발명에 따른 MDM 장치는, 필요할 때 칩의 내부에 새로운 연결을 적절히 형성할 수 있는 그러한 메모리 칩들에 채택될 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 따르면, 덴드라이트의 성장을 촉진할 수 있도록 MDM 장치의 전극들에 대하여 일정한 또는 펄스형의 조절 바이어스(bias)를 인가함으로써, PROM 형상 구성된 MDM (MDM-PROM) 장치에 데이타가 기록될 수 있다. 금속 덴드라이트는 양극에 도달하도록 형성되어 저 저항 앤티-퓨즈 연결을 형성할 수 있도록 허용된다. 이러한 연결은 메모리 시스템의 저항과 커패시턴스 모두를 변화시킨다. 이 경우, MDM-PROM 장치는 소량의 전류, 즉 덴드라이트에 손상을 가하지 않을 정도로 충분히 작은 양의 전류를 통과시킴으로써 용이하게 "판독"될 수 있다. MDM-PROM 장치를 "소거하는 것(erasing)"은, 덴드라이트를 차단하기에 또한 그에 따라 그 연결을 차단하기에 충분할 정도로 큰 전류를 덴드라이트를 통하여 도통시킴으로써, 성취된다. MDM 장치의 전극들에 또 다른 일정한 또는 펄스형의 바이어스를 인가함으로써, 덴드라이트에서의 차단은 다시 연결된다.

상기 MDM-PROM 에서, 두개의 덴드라이트 연결 전극들 사이의 전기적 변화는, MDM 셀들에서 트랜지스터들이 요구되지 않을 정도로 충분히 클 수 있다. 따라서, 메모리 요소 크기는 양극/이온 전도체/음극 칫수 만의 함수가 된다. 이러한 칫수는, 트랜지스터들을 그들의 저장 소자들로 하는 강유전(ferroelectric) 메모리들 또는 전형적인 플로팅 게이트보다, 본 발명의 메모리가 더욱 컴팩트(compact)해 질 수 있게 한다. 더구나, MDM 장치들은 실질적으로 어떠한 화학적으로 및 기계적으로 안정된 기판 재료 상에도 형성될 수 있으며, 부가적인 회로를 위해 실리콘이 필요한 경우에는, MDM 장치들은 단순히 실리콘 기판상에 형성된다.

2. EEPROM 장비들

다시 도 5A를 참조하면, 저항 또는 커패시턴스와 같은 전기적 변수에 있어서의 비휘발성 변화를 발생시키고 제어하기 위한 능력은 본 발명의 MDM으로 하여금, 본 발명의 MDM이 아니라면 전통적인 EEPROM 또는 FLASH 기술을 이용하여야 할 많은 장비들에 사용될 수 있게 한다. 기존의 EEPROM 또는 FLASH 메모리에 비해 본 발명에 의해 제공되는 장점들은, 다른 것들 중에서, 많은 장비들에 용이하게 채택될 수 있는 유연한 제조 기법을 사용할 수 있도록 하는 능력과 낮은 제조 비용을 포함한다. MDM 들은, 예를 들어 스마트 카드(smart card)나 전자 목록표(electronic inventory tags)와 같이, 비용이 주된 관심사인 장비들에 특히 유리하다. 또한, 플라스틱 카드 상에 직접 메모리를 형성할 수 있는 능력은 이러한 장비들에 있어 특히 유리한 장점이라 할 것인 바, 그것은 어떠한 다른 반도체 메모리들에서도 일반적으로 이러한 능력은 가능하지 않기 때문이다.

또한, 본 발명의 MDM 장치에 따라, 메모리 소자들은 수 제곱 마이크론 미만의 크기를 가질 수 있으며, 그 장치의 활성 부분은 일 마이크론 미만일 수 있다. 이것은, 각각의 장치와 그 연결부가 수십 제곱 마이크론을 차지하는 전통적인 반도체 기술들에 비해, 중요한 장점을 제공한다.

본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 패스 트랜지스터들(pass transistors)이 EEPROM 형상 구성된 MDM들(MDM-EEPROMs)에 사용되어 EEPROM 장치에 DRAM-형 밀도를 제공한다. 양자 택일적으로, 박막 트랜지스터들(thin film transitors; TFTs) 또는 별도의 다이오드들 또는 MDM 장치들이 패스 트랜지스터들 대신에 사용되어, 다수의 장치들을 가지는 어레이에서 셀-투-셀 단락 회로들(cell-to-cell circuits)을 방지하도록 될 수 있다. 본 발명의 일 측면에

따르면, MDM-EEPROM 장치의 전극들에 일정한 또는 펄스형의 바이어스를 인가하여 덴드라이트 성장을 촉진함으로써, 데이타가 MDM-EEPROM 장치에 기록되도록 할 수 있다. 전술한 바와 같이, 덴드라이트의 성장은 상기 장치의 저항 및 커패시턴스 양자를 변화시키며, 상기 양자는 임의의 종래의 방법을 사용하여 탐지될 수 있다.

상기 MDM-EEPROM 장치는 높은 비휘발성 특성을 나타내기 때문에, 그리고 덴드라이트 위치(및 따라서 저항 및 커패시턴스)가 부분적으로는 인가 전압의 크기와 지속 시간의 함수이기 때문에, 다-상태 또는 n-상태의 논리 저장(multiple-state or n-state logic storage)이 또한 가능하다. 이러한 저장 기구에서는, 두개 이상의 레벨(level), 즉 바이너리(binary),이 각각의 저장 셀 내에 유지될 수 있으며, 따라서 전체적인 저장 밀도를 크게 증가시킨다. 예를 들어, 4-상태 저장(네개의 덴드라이트 위치를 사용함으로써 가능한)은 동일한 저장 셀 크기에 대해 단위 면적당 메모리 용량을 배가하는 것을 가능하게 한다. 따라서, 본 발명의 여러 가지 측면에 따르면, MDM-EEPROM 장치는, 디지털(digital) 보다는 아날로그한(analog) 양의 연속체를 저장하는 것이 가능하다. 종래의 메모리 기술들에서의 상기 아날로그 값의 저장은 불가능하거나 극히 어려운 실정이었다.

본 발명의 또 다른 측면에 따르면, MDM-EEPROM 장치는, 적절한 낮은 전류 한계를 가지고 조절 바이어스를 인가함으로써 조절될(controlled) 수 있다. 조절 바이어스는, 비휘발성 금속 덴드라이트를 성장시켜 MDM-EEPROM 장치의 전극들을 연결시킬 수 있도록 충분한 길이의 시간 동안 인가된다. 적절하게 높은 전류 한계를 가진 짧은 소거 바이어스는 금속 덴드라이트를 차단하도록 인가되어 MDM-EEPROM 장치를 "소거(erasing)"한다. 덴드라이트 성장을 방지하기 위한 충분히 낮은 전압 한계를 가지는 판독 바이어스(read bias)는 MDM-EEPROM 장치를 판독할 수 있도록 인가된다. 낮은 전류 한계를 가지는 기록 바이어스는 덴드라이트 내의 차단을 다시 폐쇄할 수 있도록 인가되어 MDM-EEPROM 장치를 "재기록(re-writing)"하게 된다.

MDM-EEPROM 장치는, 작동 요건들에 따라 동일한 또는 다른 극성들을 가진 서로 다른 바이어스를 인가함으로써, 소거, 판독, 및 기록될 수 있다. 예를 들어, MDM-EEPROM 장치는 진행 바이어스에 의해 소거될 수 있으며, 역행 바이어스에 의해 판독될 수 있고, 그리고 다시 진행 바이어스에 의해 기록될 수 있거나, 또는 여러 가지 다른 조합이 가능하다.

3. 군사 및 우주 장비들 (Military and Aerospace Application)

본 발명은 많은 다른 잠재적 응용 분야를 제공한다. 일반적으로, 판독/기록 전자 메모리들은 충전 저장(charge storage)의 원리에 기초를 둔다. 예를 들어, DRAMs 에서는, 전하는 몇 마이크로 초 동안 저장되며, EEPROMs 에서는 전하는 수년 동안 저장될 수 있다. 불행하게도, 전리 방사(ionizing radiation)와 같이 이러한 전하를 변화시킬 수 있는 여러 가지 과정들이 있다. 예를 들어, 군사 및 우주 장비들에 있어서, 알파 입자들이, 전형적인 반도체 장치를 통과할 때, 반도체 장치 내의 전하를 변화시키는 충전 궤적을 남긴다. 메모리 기술들의 경우에는, 이것은 가벼운 에러들(errors)과 데이타 손상(data corruption)을 일으킨다. 본 발명은, 다른 한편으로는, 전하 저장에 의존하지 않고, 소재의 물리적 변화에 의존하며, 이러한 소재는 상대적으로 큰 방사능의 작용으로 부터 영향을 받지 않는다. 다시 말하면, 본 발명은 항 방사능성이다. 이것은, 비행 및 항해 시스템들과 같은 많은 고-집적 상업 시스템들 뿐 아니라 군사 및 우주 시스템들에, 중대한 장점들을 제공한다.

4. 인공 신경 시스템들 (Synthetic Neural System)

본 발명의 또 다른 적용 분야는 인공 신경 시스템들(synthetic neural system; SNS)이다. SNS 장치들은 인간의 두뇌의 활동에 기초를 두며, 컴퓨팅(computing) 및 제어 장치들의 다음 세대를 형성할 것이 확실하다. SNS 장치들은 "

학습(learning)" 과정의 일부로서 소자들 간의 연결을 이루는 능력에 의존한다. 가장 능동적인 회로 단자들, 즉 대부분의 시간 동안 존재하는 신호들을 가지는 그런 단자들, 사이에 연결이 이루어진다. 상기 시스템들의 "훈련(training)"은, 입력의 인가에 의해, 하드-와이어드(hard-wired) 논리의 형태로 귀결된다. 그러나, 이런 형태의 시스템은 종래의 실리콘-베이스의 장치들로서는 성취하기가 극히 어렵다. 다른 한편으로는, 본 발명에 따라, SNS 시스템들은 MDM 으로 구성될 수 있다. 전술한 바와 같이, MDM 장치들에서는, 덴드라이트의 형성은 전압 신호의 존재 여부에 의존하고, 따라서 전압이 인가되는 전극들을 향하여 덴드라이트들이 성장함에 따라, 가장 능동적인 단자들 사이에 연결이 자연히 이루어진다. 더구나, 그 커패시턴스에 의해 지배되는 연결의 강도는 입력의 강도에 의존하게 될 것이다. 이러한 지향성(directable) 아날로그 메모리 효과는 본 발명의 또 다른 중요한 측면이다.

III. 프로그램형 저항/커패시턴스 장치들 (Programmable Resistance/ Capacitance Devices)

전술한 바와 같이, PSAM 구조체는 프로그램형 저항 및 커패시턴스(programmable resistance and capacitance; PR/C) 장치들과 같은 여러 가지 서로 다른 기술들을 구현하는 데 이용될 수 있다. 따라서, 도 8을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 PR/C 장치(800)가 도시되었다. 도시된 실시예에서, PR/C 장치(800)는 바람직하게는 기판(810)을 구비하는데, 기판(810)은 PR/C 장치(800)에 대한 물리적 지지를 제공한다. 기판(810)이 비휘발성이거나 또는 PR/C 장치(800)에 사용된 물질과 양립될 수 없는 경우, 절연층(820)이 기판(810) 상에 배치디어 기판(810)으로부터 PR/C 장치(800)의 능동 부분을 절연하게 된다. 다음에, 기저 전극(830)은 기판(810) 또는 절연체가 사용되는 경우 절연층(820) 상에 증착되고 패턴 형성된다. 다음에, 바람직하게는 이온 전도체(840)가 기저 전극(830) 및 기판(810), 또는 절연체가 사용되는 경우 절연층(820), 상에 증착되고 패턴 형성된다. 다음에, 유전막(850)이 이온 전도체(840) 위에 증착될 수 있으며, 비어들이 기저 전극(830) 층들과 이온 전도체(840)의 일부 위에 개방된다. 마지막으로, 상부 전극(860)은 바람직하게는 상기 비어들 내에 증착되고 패턴 형성된다. 기저 전극(830) 및 상부 전극(860) 으로의 적절한 연결은 임의의 편리한 방법을 사용하여 제공된다.

음극인 상부 전극(860)과 양극인 기저 전극(830) 사이에 적절한 전압이 인가될 때, 비휘발성 금속 덴드라이트(870)는 이온 전도체(840)를 관통하여 양극인 기저 전극(830)을 향하여 성장한다. 전술한 바와 같은 PSAM 구조체와 유사하게, 비휘발성 금속 덴드라이트(870)의 길이를 따른 성장과 변화는, 예를 들어 저항, 커패시턴스, 등등과 같은 PR/C 장치(800)의 전기적 특성에 영향을 미친다.

PR/C 장치(800)는 또한, 다수의 인접한 PR/C 장치들로부터의 절연을 제공할 수 있도록 적절히 패턴 형성될 수 있다. 또한, 유전막이 상부 전극(860) 상에 증측되고, 또한 전체 구조체가 반복될 수 있다. 따라서, PR/C 장치들의 행들과 열들이 고밀도 구조로 조직되어 극히 큰 밀도를 제공할 수 있다.

PR/C 장치를 구성하기 위한 여러 가지 가능한 구성들 또는 방법들이 본 발명에 따라 사용될 수 있다는 점은 인지될 것이다. 예를 들어 도 9를 참조하면, PR/C 장치(900)에 있어서, 바람직하게는 유전막(950)이 기저 전극(930) 및 기판(910), 또는 절연체가 사용되는 경우 절연층(920), 상에 증착된다. 비어들은 기저 전극(930)의 일부 위에 개방될 수 있다. 이온 전도체(940)는 상기 비어들 내에서 기저 전극(930) 상에 증착되고 패턴 형성될 것이다. 다음에, 상부 전극(960)은 비어들 애에 증착되고 패턴 형성된다.

도 7과 관련하여 전술한 바와 같이, 본 발명의 몇 가지 실시예들과 관련한 MDM 장치들은, 장치들의 "출력들"을 위하여 사용될 수 있는, 덴드라이트 성장을 프로그램하는 데 이용될 수 있는 두개의 전극들에 부가하여 하나의 전극 또는 둘 이상의 전극들을 포함한다. 도 7에 도시된 것과 동일한 구조체들은, 메모리 소자들을 제외한 다른 내용 소자들에서 프로그램형 커패시턴스 및 저항 소자들을 제공하도록 적용될 수 있으며, 또한 커패시턴스 및 저항 소자들이 이용되는 모든 적절한 장비에 적용될 수 있다.

본 발명의 PR/C 장치들은 대 부분, 더욱 큰 변수가 얻어질 수 있도록 도 5A, 6 및 7의 MDM 장치들 보다 물리적으로 더 크게 되도록 구성되어 있다. 본 발명의 PR/C 장치들은 상대적으로 큰 전류 레벨들을 가진 직류(DC) 전압을 이용하여 적절히 "프로그램"될 수 있으며, 따라서 상대적으로 낮은 전류 레벨의 소 신호 교류 전압 또는 직류 전압은 덴드라이트의 상태에 영향을 미치지 않을 것이며, 또한 그에 따라 저항 또는 커패시턴스는 변하지 않을 것이다. 이러한 프로그램형 장치들은, 예를 들어 통신 시스템에서의 주파수 선택기, 톤 조절기 및 오디오 시스템들, 전압 조절 필터 회로들 등과 같은 튜닝되는 회로들이나, 전압 조절 오실레이터들(voltage controlled oscillators; VCOs), 예를 들어 볼륨 조절기와 같은 신호 레벨들, 자동 이득 조절기(automatic gain control; AGC) 등등에 일반적으로 사용될 수 있다.

도 8을 다시 참조하면, 예시된 PR/Cs 는 종래의 실리콘-베이스의 마이크로일렉트로닉스들과는 상당한 차이를 나타낸다. 사실상, 실리콘은 PR/C 의 작동을 위해 요구되지도 않는다. 또한, 전체 제조 과정은, 심지어 가장 기본적인 반도체 제조 공정의 경우 보다 상당히 더 간단하다. 적절한 재료 비용을 필요로 하는 이 간단한 기술은 장치의 제조 비용을 감소시킨다.

IV. 결론

따라서, 본 발명에 따르면, 메모리 장치들, 프로그램형 저항 및 커패시터 장치들, 등등과 같은 여러 가지 장비들에 채택될 수 있는, 저가의 고 작업성 장치가 성취된다.

비록 이상에서는 본 발명이 첨부된 도면의 내용을 기초로 설명되었지만, 본 발명은 설명되고 도시된 형태에 한정되지는 않는다. 본발명의 사상과 영역으로 부터 벗어나지 않는 범위 내에서, 전술한 PSAM 구조체 등에 대한 여러가지 다른 변형들, 변화들, 그리고 설계, 배열 및 구현의 보완이 가능하다. 또한, 당업자는 PSAM 구조체에 대해 상기 설명에서 특정된 예들 외에도 여러 가지 다른 응용 및 용도가 가능함을 인지할 수 있을 것이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

이온 전도체; 및

상기 이온 전도체 상에 배치된 다수의 전극들을 포함하며,

적어도 두개의 상기 전극들은, 상기 두개의 전극들에 전압이 인가될 때, 상기 두개의 전극들 중 음극으로부터 상기 이온 전도체를 관통하여 상기 두개의 전극들 중 양극을 향하여 금속 덴드라이트를 성장시킬 수 있도록 하는 형상을 가지는 것을 특징으로 하는 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 이온 전도체는 금속 이온들을 함유하는 칼코겐 물질을 재료로 하여 형성되는 것을 특징으로 하는 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체.

청구항 3.

제 2 항에 있어서, 상기 칼코겐 물질은, 황, 셀레늄 및 텔루륨으로 구성된 물질의 군으로부터 선택되며, 상기 금속 이온들은 은, 동 및 아연으로 구성된 물질의 군으로 부터 선택된 것을 특징으로 하는 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체.

청구항 4.

제 3 항에 있어서, 상기 이온 전도체는 삼황화 비소-은을 함유하는 것을 특징으로 하는 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체.

청구항 5.

제 1 항에 있어서, 상기 전극들 중의 적어도 하나는 은을 함유하는 전기 전도 물질을 재료로 하여 형성되는 것을 특징으로 하는 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체.

청구항 6.

제 1 항에 있어서, 상기 다수의 전극들은:

전기 전도성 물질의 제 1 층; 및

전기 전도성 물질의 제 2 층을 포함하며,

상기 이온 전도체는 전도성 물질의 상기 제 1 층과 상기 제 2 층의 사이에 배치되는 것을 특징으로 하는 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체.

청구항 7.

제 6 항에 있어서, 전도성 물질의 상기 제 1 층과 상기 제 2 층 그리고 상기 이온 전도체는 강도 및 강성을 위한 기판 물질 상에 형성되는 것을 특징으로 하는 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체.

청구항 8.

이온 전도체;

음극;

양극; 및

금속 덴드라이트를 포함하며,

상기 음극과 양극은 상기 이온 전도체 상에서 서로 대향하도록 배치되며, 제 1 연속 펄스의 전기가 상기 음극 및 양극 사이에 인가될 때 상기 금속 덴드라이트는 상기 음극으로부터 상기 이온 전도체를 통하여 상기 양극을 향하여 연장하는 것을 특징으로 하는 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체.

청구항 9.

제 8 항에 있어서, 상기 금속 덴드라이트는 상기 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체의 전기적 특성에 영향을 미치는 길이를 가지며, 상기 제 1 연속 펄스의 전기가 제거될 때 상기 금속 덴드라이트의 상기 길이는 그대로 유지되는 것을 특징으로 하는 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체.

청구항 10.

제 9 항에 있어서, 제 2 연속 펄스의 전기가 인가될 때 상기 금속 덴드라이트의 상기 길이는 감소하며, 상기 제 2 연속 펄스의 전기는 상기 제 1 연속 펄스의 전기와는 반대되는 극성을 가지는 것을 특징으로 하는 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체.

청구항 11.

제 8 항에 있어서, 상기 제 1 연속 펄스의 전기는 상기 금속 덴드라이트가 상기 양극에 접할 때까지 인가되는 것을 특징으로 하는 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체.

청구항 12.

제 11 항에 있어서, 제 3 연속 펄스의 전기가 상기 양극 및 음극 사이에 인가될 때 상기 금속 덴드라이트 내에는 간극이 형성되며, 상기 제 3 연속 펄스의 전기는 높은 전류 설정점과 낮은 전압 한계를 가지는 것을 특징으로 하는 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체.

청구항 13.

제 12 항에 있어서, 상기 금속 덴드라이트 내에 형성되는 상기 간극은 제 4 연속 펄스의 전기가 상기 음극 및 양극 사이에 인가될 때 다시 폐쇄되며, 상기 제 4 연속 펄스의 전기는 높은 전압 설정점과 낮은 전류 한계를 가지는 것을 특징으로 하는 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체.

청구항 14.

제 8 항에 있어서, 상기 이온 전도체는 금속 이온들을 함유하는 칼코겐 물질을 포함하며, 상기 칼코겐 물질은, 황, 셀레늄 및 텔루륨으로 구성된 물질의 군으로부터 선택되며, 상기 금속 이온들은 은, 동 및 아연으로 구성된 물질의 군으로부터 선택된 것을 특징으로 하는 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체.

청구항 15.

제 8 항에 있어서, 상기 음극 및/또는 양극은 은을 함유하는 전기 전도성 물질을 재료로 하여 형성되는 것을 특징으로 하는 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체.

청구항 16.

음극을 제공하는 단계;

양극을 제공하는 단계; 및

상기 음극 및 상기 양극 사이에 제 1 전압이 인가될 때 금속 덴드라이트가 상기 음극으로 부터 이온 전도체를 통하여 상기 양극을 향하여 성장할 수 있도록, 상기 음극 및 양극 사이에 배치되는 이온 전도체를 제공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체를 형성하는 방법.

청구항 17.

제 16 항에 있어서, 상기 이온 전도체를 제공하는 단계는, 황, 셀레늄, 텔레늄, 그리고 주기표의 IB 족 또는 IIB 족으로부터 선택된 금속들로 구성된 칼코겐 물질을 재료로 하여 이온 전도체를 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체를 형성하는 방법.

청구항 18.

제 16 항에 있어서, 상기 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체를 형성하는 방법은, 상기 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체를 지지하기 위한 기판을 제공하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체를 형성하는 방법.

청구항 19.

제 16 항에 있어서, 상기 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체를 형성하는 방법은:

상기 금속 덴드라이트를 상기 음극으로부터 상기 이온 전도체를 관통하여 상기 양극으로 성장시킴으로써 상기 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체를 조절하는 단계;

상기 음극과 상기 양극 사이에 제 2 전압을 인가하여 상기 금속 덴드라이트 내에 간극을 형성함으로써 상기 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체를 소거하는 단계; 및

상기 음극과 상기 양극 사이에 제 3 전압을 인가하여 상기 간극을 다시 폐쇄함으로써 상기 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체에 기록하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체를 형성하는 방법.

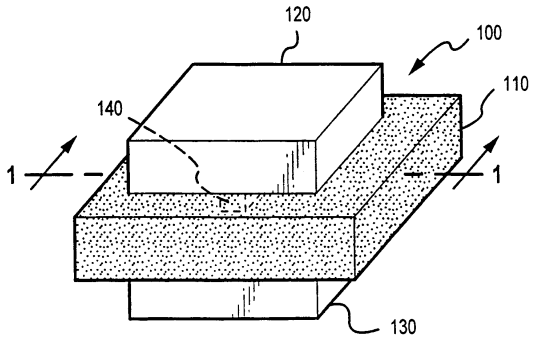
청구항 20.

제 19 항에 있어서, 상기 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체를 형성하는 방법은 상기 음극과 상기 양극 사이에 제 3 전압을 인가함으로써 상기 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체를 판독하는 단계를 추가로 포함하며, 상기 제 4 전압은 짧은 저 전류 펄스인 것을 특징으로 하는 프로그램형 표면하 군집 금속화 구조체를 형성하는 방법.

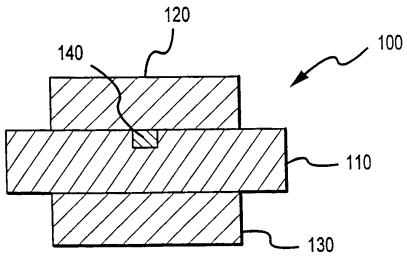
도면

도면 1A

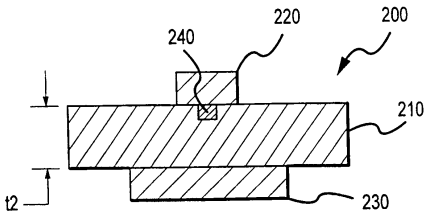
1/10



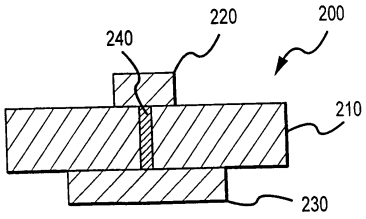
도면 1B



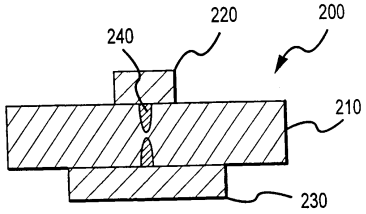
도면 2A



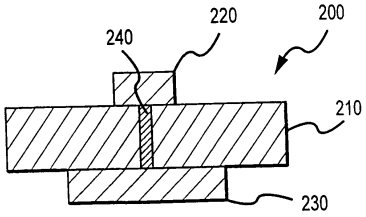
도면 2B



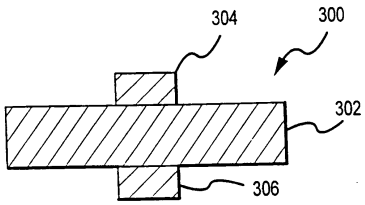
도면 2C



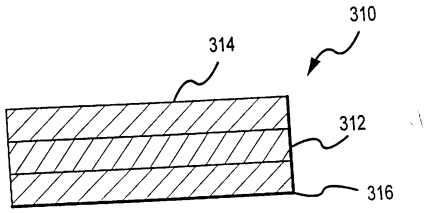
도면 2D



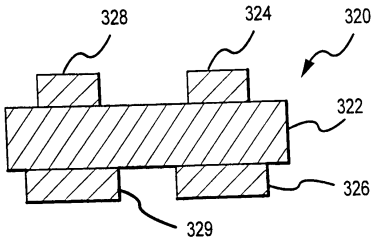
도면 3A



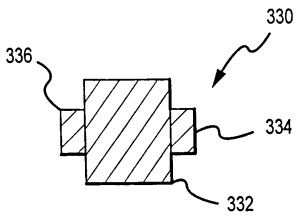
도면 3B



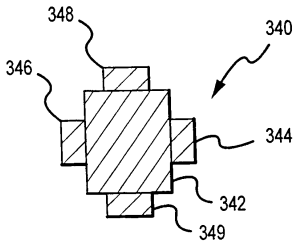
도면 3C



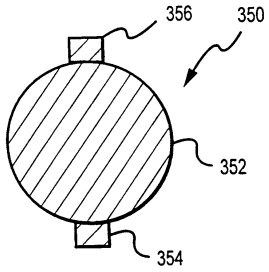
도면 3D



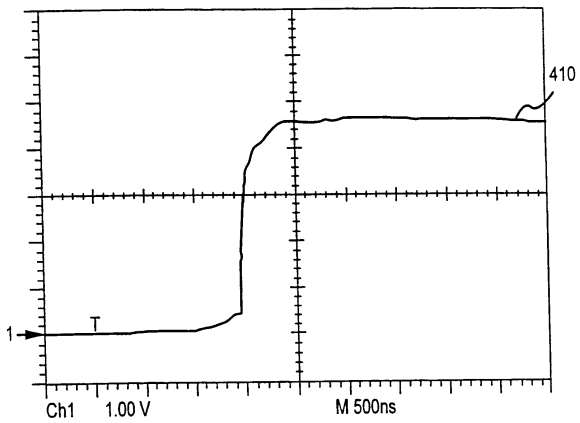
도면 3E



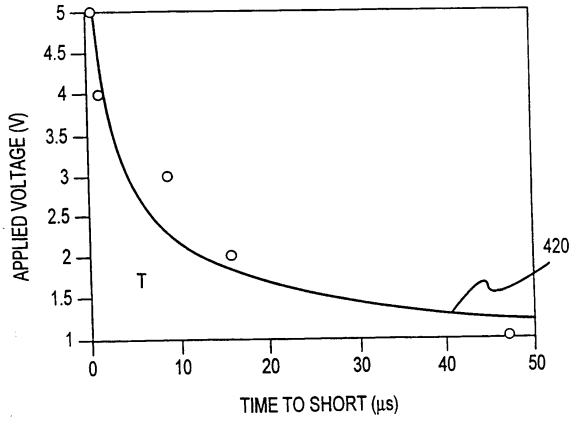
도면 3F



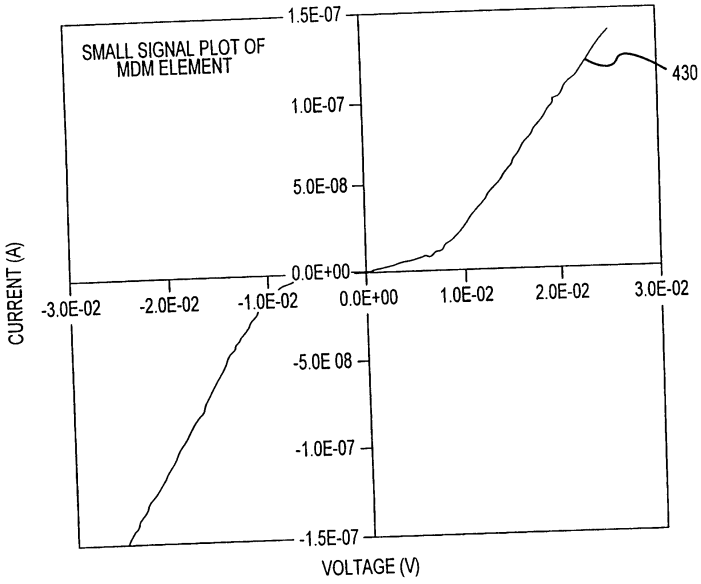
도면 4A



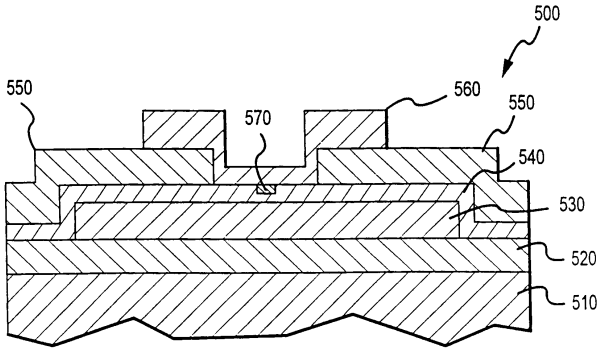
도면 4B


APPLIED VOLTAGE (V)
5
4.5
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
T
420
0
10
20
30
40
50
TIME TO SHORT (μs)

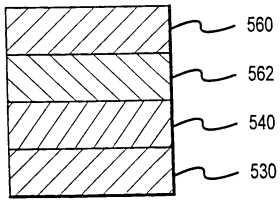
도면 4C


SMALL SIGNAL PLOT OF
MDM ELEMENT
1.5E-07
1.0E-07
5.0E-08
0.0E+00
-5.0E 08
-1.0E-07
-1.5E-07
430
CURRENT (A)
-3.0E-02
-2.0E-02
-1.0E-02
0.0E+00
1.0E-02
2.0E-02
3.0E-02
VOLTAGE (V)

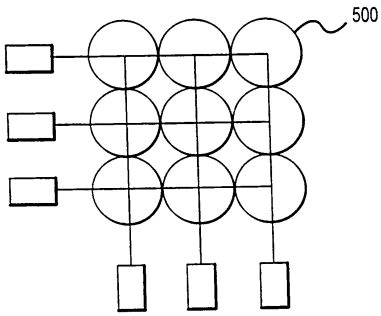
도면 5A



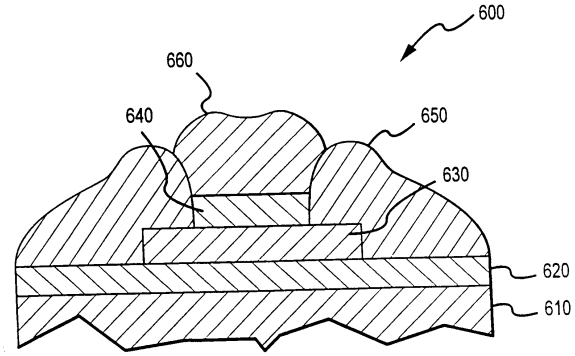
도면 5B



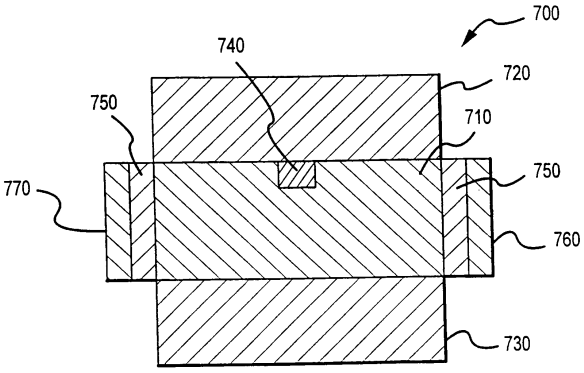
도면 5C



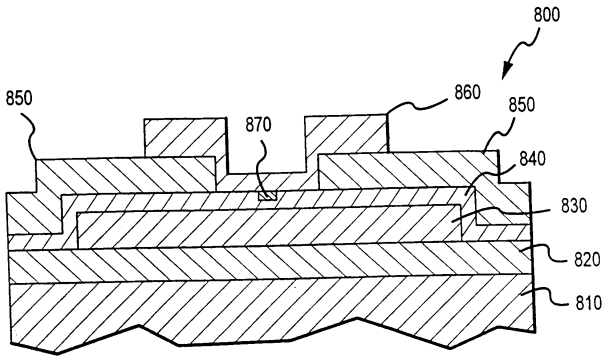
도면 6


600
660
640
650
630
620
610

도면 7


700
740
720
750
710
750
770
760
730

도면 8


800
850
860
850
870
840
830
820
810

도면 9

