

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구  
국제사무국



(43) 국제공개일  
2009년 12월 23일 (23.12.2009)

PCT

(10) 국제공개번호  
WO 2009/154386 A2

- (51) 국제특허분류:  
H01L 21/8246 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2009/003207
- (22) 국제출원일: 2009년 6월 16일 (16.06.2009)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:  
10-2008-0056481 2008년 6월 16일 (16.06.2008) KR
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **한양대학교 산학협력단 (INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION, HANYANG UNIVERSITY)** [KR/KR]; 서울시 성동구 행당 1 동 17 번 지, 133-791 Seoul (KR).
- (72) 발명자: **김태환 (KIM, Tae-Whan)** [KR/KR]; 서울시 마포구 성산동 181-7, 121-250 Seoul (KR). **함정훈 (HAM, Jung-Hoon)** [KR/KR]; 경기도 성남시 분당구 분당동 176-9 301 호, 463-030 Gyeonggi-Do (KR). **정재훈 (JUNG, Jae-Hoon)** [KR/KR]; 서울시 광진구 자양 2 동 663-21 프라젠스파 아파트 706 호, 143-873 Seoul (KR). **김상욱 (KIM, Sang-Wook)** [KR/KR]; 서울시 송파구 잠실 5 동 주공 아파트 516 동 706 호, 138-916 Seoul (KR).

- (74) 대리인: **송경근 (SONG, Kyeong-Keun)**; 서울시 서초구 서초동 1602-7 대성빌딩 12 층, 137-953 Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

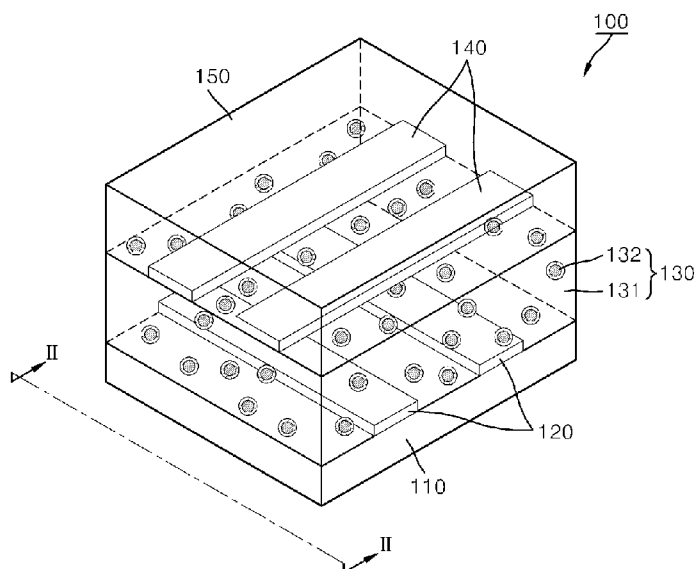
- 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도 공개함 (규칙 48.2(g))

[다음 쪽 계속]

(54) Title: WORM MEMORY USING NANOPARTICLES CONTAINED IN A POLYMER THIN FILM

(54) 발명의 명칭: 고분자 박막 안에 포함된 나노입자를 이용한 WORM 기억소자

[Fig. 1]



(57) Abstract: Disclosed is a WORM memory using nanoparticles contained in a polymer thin film. The WORM memory according to the present invention includes a substrate, and a lower electrode which is formed on the substrate, and consists of conductive materials. The WORM memory further includes a memory layer which is formed on the lower electrode, and has nanoparticles distributed in polymer materials, and an upper electrode which is formed on the memory layer, and consists of conductive materials. The WORM memory according to the present invention employs an insulating polymer and inorganic nanoparticles which are chemically stable, thus significantly improving resistances against an external environmental condition such as heat, light, etc. as compared to a WORM memory which employs organic matter, and maximally suppressing a memory time from being shortened due to the degradation of the characteristics of organic matter.

(57) 요약서: 고분자 박막 안에 포함된 나노입자를 이용한 WORM 기억소자가 개시된다. 본

[다음 쪽 계속]



발명에 따른 WORM 기억소자는 기판과, 기판 상에 형성되고 전도성 물질로 이루어진 하부전극을 구비한다. 그리고 하부전극 상에 형성되고 고분자 물질 내에 나노입자가 분산되어 있는 메모리층과, 메모리층 상에 형성되고, 전도성 물질로 이루어진 상부전극을 구비한다. 본 발명에 따른 WORM 기억소자는 화학적으로 안정된 절연성 고분자와 무기물 나노입자를 이용하므로, 유기물을 이용한 WORM 기억소자에 비해 열과 빛 등의 외부 환경에 월등히 강한 내성을 가지고, 유기물 특성 저하에서 발생하는 기억 시간의 감소 현상을 최대한 억제할 수 있다.

## 명세서

### 고분자 박막 안에 포함된 나노입자를 이용한 W O R M 기억소자 기술분야

- [1] 본 발명은 정보저장장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 WORM 기억소자에 관한 것이다.
- 배경기술**
- [2] WORM(write once read many times) 기억소자는 초기에 한 번만 기록이 가능하고, 그 이후로는 판독만 가능하며 정보의 소거가 불가능한 반영구적인 기억소자이다. 이러한 WORM 기억소자에는 정보의 변경이 필요 없는 PROM(programmable ROM), 정보의 영구 보존용으로 사용되는 CD 또는 DVD와 같은 광디스크가 있다. WORM 기억소자는 하드디스크 및 플래시 기억소자와 같이 정보의 변경 및 소거는 할 수 없으나, 저렴한 가격으로 대용량의 저장 공간을 제공한다는 장점이 있다. 또한, WORM 기억소자에 한번 기록된 정보는 일반적으로 전기적 또는 광학적으로 소거가 불가능하기 때문에, 외부 환경에 노출되어 경우에는 하드디스크나 플래시 기억소자에 비해 오랜 시간 동안 정보를 저장하기에 유리하다.
- [3] 현재 다양한 구조의 WORM 기억소자 중 널리 사용되고 있는 것은 원판 형태의 저장매체인 기록 가능한 광디스크이다. 광디스크는 레이저와 같은 강한 빛에 의해 분자 구조가 변화되는 화합물질을 사용하는 방식이다. 광디스크는 다른 WORM 기억소자보다 동일한 가격에서 가장 높은 저장 용량을 얻을 수 있다는 장점이 있으나, 집적 회로형 WORM 기억소자에 비해 크기가 훨씬 크며, 정보가 기록되는 면이 외부 환경에 노출되어 있어 빛과 열에 의해 기록 수명이 저하된다는 단점이 있다. 따라서 외부 환경에 강한 내성을 가지는 집적 회로 형태의 WORM 기억소자에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 특히 유기물을 이용하는 집적 회로 형태의 WORM 기억소자가 연구 중에 있다.
- [4] 유기물을 이용하는 집적 회로 형태의 WORM 기억 소자는 기존의 PROM과 유사한 구조를 갖는 것과 유기 쌍안정성 기억소자와 유사한 구조를 갖는 것으로 나누어진다. PROM과 유사한 구조를 갖는 형태는 유기물을 배선과 배선 사이의 퓨즈로서 활용하는 것으로서, 높은 전류를 흘려 유기물 분자의 결합 구조를 끊어지게 하여 정보를 저장한다. 그러나 이러한 형태의 WORM 기억소자는 금속 퓨즈를 사용한 기존의 PROM과 비교할 때 구조적으로 별다른 차이점이 없으며, 유기물의 안정성이 금속에 비해 일반적으로 좋지 않다는 점에서 기존의 PROM에 비해 발전을 이루었다고 보기 어렵다.
- [5] 유기 쌍안정성 기억소자와 유사한 구조를 갖는 형태는 유기물 분자를 전하포획물질로 이용하는 것으로서, 외부에서 주입되는 전자의 포획을 통한 전도도의 변화를 이용하여 정보를 저장한다. 이러한 형태의 WORM 기억소자의

동작은 근본적으로 유기 쌍안정성 기억소자의 동작과 같으며, 다만 특정 쓰기 전압을 인가한 후에는 전기적으로 기억 상태가 변하지 않는 것을 활용한 것으로서 매우 간단하게 고밀도로 제작할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 소자의 동작이 유기물 분자 내에 전자의 포획을 통한 전도도의 변화를 바탕으로 하고 있으므로, 외부 환경에 따른 유기물 자체의 특성 저하에 의해 반영구적이어야 할 소자의 기억 상태가 달라질 수 있다는 문제점이 있다.

## 발명의 상세한 설명

### 기술적 과제

- [6] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 열과 빛 등의 외부 환경에 강한 내성을 가지고, 장시간 정보 저장이 가능한 집적 회로 형태의 유기물이 이용된 WORM 기억소자를 제공하는 데 있다.

### 기술적 해결방법

- [7] 상기의 기술적 과제를 해결하기 위한, 본 발명에 따른 WORM 기억소자는 기판; 상기 기판 상에 형성되고, 전도성 물질로 이루어진 하부전극; 상기 하부전극 상에 형성되고, 고분자 물질 내에 나노입자가 분산되어 있는 메모리층; 및 상기 메모리층 상에 형성되고, 전도성 물질로 이루어진 상부전극;을 구비한다.

### 유리한 효과

- [8] 본 발명에 따른 WORM 기억소자는 화학적으로 안정된 절연성 고분자와 무기물 나노입자를 이용하므로, 종래의 유기물을 이용한 WORM 기억소자에 비해 열과 빛 등의 외부 환경에 월등히 강한 내성을 가진다. 또한, WORM 기억소자 내에 전자를 유기물이 아닌 무기물 나노입자에 포획하므로, 유기물 특성 저하에서 발생하는 기억 시간의 감소 현상을 최대한 억제할 수 있다. 그리고 쓰기 동작시에 PROM과 같이 높은 전류를 흘려주어야 할 필요가 없어 전력 소비를 감소시킬 수 있다. 본 발명에 따른 WORM 기억소자는 스핀코팅 등과 같은 간단한 공정으로 제작할 수 있어, 소자 제작시 소용되는 비용을 감소시킬 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [9] 도 1은 본 발명에 따른 WORM 기억소자에 대한 바람직한 일 실시예의 개략적인 구성을 나타내는 투영도이다.
- [10] 도 2는 도 1의 II-II 단면도이다.
- [11] 도 3은 본 발명에 따른 WORM 기억소자에 이용되는 나노입자의 개략적인 구조를 나타내는 도면이다.
- [12] 도 4는 본 발명에 따른 WORM 기억소자의 기억 특성을 나타내는 그래프이다.

### 발명의 실시를 위한 형태

- [13] 이하에서 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 비휘발성 유기 쌍안정성 기억소자 및 그 제조방법의 바람직한 실시예에 대해 상세하게 설명한다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한

형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다.

- [14] 도 1은 본 발명에 따른 WORM 기억소자에 대한 바람직한 일 실시예의 개략적인 구성을 나타내는 투영도이고, 도 2는 도 1의 II-II 단면도이다.
- [15] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 WORM 기억소자(100)는 기판(110), 하부전극(120), 메모리층(130), 상부전극(140) 및 보호층(150)을 구비한다.
- [16] 기판(110)은 절연성 무기물 또는 절연성 유기물로 이루어진다. 절연성 무기물은 Si, GaAs, InP, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiC, 유리 및 석영(quartz) 중 적어도 어느 하나가 이용될 수 있다. 그리고 절연성 유기물은 PET(poly ethylene terephthalate), PS(poly styrene), PI(poly imide), PVC(poly vinyl chloride), PVP(poly vinyl pyrrolidone) 및 PE(poly ethylene) 중 적어도 어느 하나가 이용될 수 있다.
- [17] 하부전극(120)은 기판(110) 상에 일 방향으로 길게 뻗은 형상으로 형성되며, 전도성 물질로 이루어진다. 하부전극(120)을 구성하는 전도성 물질은 Al, Au, Cu, Pt, Ag, W, Ni, Zn, Ti, Zr, Hf, Cd, Pd 및 이들의 조합이 이용될 수 있다. 하부전극(120)은 열증착(thermal evaporation)과 같은 방법으로 형성될 수 있다. 열증착과 같은 방법으로 전도성 물질을 형성하는 방법은 이미 공지되어 있는 기술이므로 자세한 설명은 생략한다.
- [18] 메모리층(130)은 하부전극(120) 상에 형성된다. 메모리층(130)은 고분자 물질(131)과 나노입자(132)로 이루어지면, 고분자 물질(131) 내에 나노입자(132)가 분산되어 있는 형태이다. 메모리층(130)은 고분자 물질(131)과 나노입자(132)의 혼합 용액을 이용하여 스핀 코팅(spin coating)법과 같은 간단한 방법으로 손쉽게 형성할 수 있다.
- [19] 고분자 물질(131)은 PMMA(poly methyl methacrylate)가 이용될 수 있다. 나노입자(132)는 무기물 물질로 이루어지는데, 나노입자(132)의 구조를 도 3에 나타내었다. 나노입자(132)는 도 3에 도시된 바와 같이, 코어(core)(133)-셸(shell)(134) 구조로 되어 있을 수 있다. 코어(133)는 CdSe, InP, InGaAs, PbTe 및 이들의 조합으로 이루어질 수 있고, 셸(134)은 ZnTe, ZnS, ZnSe, CdSe, GaAs, PbS 및 이들의 조합으로 이루어질 수 있다. 바람직하게는 코어(133)는 InP로 이루어지고, 셸(134)은 ZnS로 이루어진다.
- [20] 상부전극(140)은 메모리층(130) 상에 하부전극(120)의 형성방향과 직교하는 방향으로 길게 뻗은 형상으로 형성되며, 전도성 물질로 이루어진다. 상부전극(140)을 구성하는 전도성 물질은 하부전극(120)과 마찬가지로 Al, Au, Cu, Pt, Ag, W, Ni, Zn, Ti, Zr, Hf, Cd, Pd 및 이들의 조합이 이용될 수 있다. 공정의 편의상 상부전극(140)은 하부전극(120)과 동일한 물질을 동일한 방법으로 형성시킬 수 있다.
- [21] 보호층(150)은 외부 오염원으로부터 메모리층(130)을 보호하기 위한 것으로서, 상부전극(140)과 메모리층(130)이 함께 덮이도록 상부전극(140) 상에 형성되며,

- 고분자 물질로 이루어진다. 이때 이용되는 고분자 물질은 PI(poly imide)일 수 있다.
- [22] 본 발명에 따른 WORM 기억소자(100)는 상부전극(140) 및 하부전극(120)을 통해 주입된 전자를 나노입자(132)에 포획시킴으로써 정보를 기록한다. 나노입자(132)는 고분자 물질(131)에 둘러싸여 있으므로 나노입자(132)에 포획된 전자가 외부로 방출되는 것은 용이치 않다. 그리고 나노입자(132)가 도 3에 도시된 바와 같이 코어(133)-셸(134) 구조를 가지는 경우에는 코어(133)에 전자가 포획된다. 코어(133)에 전자가 포획되면, 포획된 전자는 외부를 구성하고 있는 셸(134)에 의해 방출이 더욱 어렵게 된다. 즉 한번 포획된 전자는 외부로 방출되는 것이 용이치 않으므로, 기록 상태의 장시간 보존이 가능하게 된다.
- [23] 나노입자(132)에 전자를 포획시키는 방법은 상부전극(140)과 하부전극(120)을 이용하여 쓰기 전압을 인가함으로써 이루어진다. 즉 한 번의 쓰기 전압 인가만으로 정보를 기록할 수 있으며, 한번 기록된 정보는 장기간 보존된다. 또한, 상술한 바와 같이 본 발명에 따른 WORM 기억소자(100)는 열증착과 스펀 코팅법과 같이 간단한 공정만을 이용하여 제작하는 것이 가능하므로, 저렴한 비용으로 대량생산할 수 있다. 결국 본 발명에 따른 WORM 기억소자(100)는 대용량의 저장공간을 저가로 제공하면서, 한 번 기록된 정보를 장기간 보존할 수 있는 장점이 있다.
- [24] 이하에서는 본원발명에 따른 WORM 기억소자를 제조하기 위한 바람직한 일 실시예를 서술하고, 실시예의 방법을 통해 제조된 WORM 기억소자의 특성을 평가한다.
- [25] (실시예)
- [26] 우선, 불순물이 도핑되지 않은 진성 실리콘(Si) 기판(110)을 TCE(trichloroethylene) 용액에 노출시켜 기판(110) 표면의 불순물을 제거하였다. 그 후 탈이온수(deionized water)로 기판(110)을 세척한 후, 기판(110)을 증류수와 불산(HF)을 1:1로 섞은 용액에 5분간 노출시켜 자연적으로 형성된 산화막을 제거하였다. 그리고 기판(110) 상에 열증착을 통해 300nm의 Al을 증착하여 하부전극(120)을 형성하였다. Al 하부전극(120)은 도 1에 도시된 바와 같이 일 방향으로 길게 뻗은 판상의 형상이 일정한 간격으로 배치되도록 형성하였다.
- [27] 다음으로, PMMA 0.2 g을 용매인 THF(tetrahydrofuran) 9 g에 용해시켰다. 그리고 초음파 교반기를 사용하여 PMMA가 용해된 THF를 30분 동안 교반하여 PMMA를 고르게 용해시켰다. 고분자 물질과 용매의 혼합비를 조절하면 형성되는 용액의 점성이 변화하고, 이를 통해 형성되는 메모리층의 두께가 조절된다. 그리고 도 4에 도시된 바와 같은 코어(133)-셸(134) 구조를 갖는 InP/ZnS 나노입자(132) 0.05 g을 용매인 클로로포름(chloroform) 1 g에 용해시켰다. InP/ZnS 나노입자(132)가 용해된 클로로포름을 초음파 교반기를 사용하여 5분 동안 교반하였다.
- [28] 다음으로 PMMA가 용해된 THF 용액과 InP/ZnS 나노입자(132)가 용해된

클로로포름 용액을 1:1로 섞고, 섞여진 용액을 초음파 교반기를 사용하여 5분 동안 고르게 섞어주었다. 이러한 과정을 통해 형성된 혼합용액을 상기 A1 하부전극(120)이 형성되어 있는 기판(110) 상에 스핀 코팅법을 이용하여 도포하여 메모리층(130)을 형성하였다. 두께가 균일한 메모리층(130)을 형성하기 위하여 처음 5초 동안은 500 rpm의 속도로 회전시키면서 스핀 코팅을 수행하고, 다음 30초 동안은 3000rpm의 속도로 회전시키면서 스핀 코팅을 수행하였다. 스핀 코팅시 회전수와 회전 시간을 조절하여 형성되는 메모리층(130)의 두께를 조절하는 것이 가능하다. 그리고 60°C의 핫플레이트에서 30분간 가열하여 용매를 제거하였다.

[29] 다음으로 메모리층(130) 상에 상부전극(140)을 형성하였다. 상부전극(140)은 상술한 A1 하부전극(120)을 형성하는 방법과 동일한 방법으로 하였다. 다만 상부전극(140)이 하부전극(120)과 90°의 각도를 이루도록 형성하였다.

[30] 그리고 외부 오염원으로부터 소자를 보호하기 위해 PI(poly imide) 보호층(150)을 상부전극(140) 상에 형성하였다. 마지막으로 외부 구동 회로를 상부전극(140)과 하부전극(120)에 연결하여 WORM 기억소자(100)를 완성하였다.

[31] 상기의 방법으로 제조된 WORM 기억소자(100)의 특성을 평가한 그래프를 도 4에 나타내었다.

[32] 상기의 방법으로 제조된 WORM 기억소자(100)의 초기 상태의 전류-전압 특성을 참조번호 410으로 표시된 그래프에 나타내었다. 참조번호 410으로 표시된 그래프에 도시된 바와 같이, WORM 기억소자(100)의 초기 상태는 -3 ~ 3V의 전압 범위 안에서는 1  $\mu$ A 이하의 전류가 흐르는 낮은 전도도를 보인다. 이와 같이 WORM 기억소자(100)의 전도도가 낮은 경우를 상태 "0"이라 정의한다.

[33] 초기 상태의 WORM 기억소자(100)에 3V 이상의 쓰기 전압을 인가한 후, 전류-전압 특성을 참조번호 420으로 표시된 그래프에 나타내었다. 참조번호 420으로 표시된 그래프에 도시된 바와 같이, 쓰기 전압이 인가된 WORM 기억소자(100)의 전도도는 급격히 상승한다. 1V 이하의 낮은 전압 영역을 제외하고는 전류가 1  $\mu$ A 이상 흐르게 되며, 이와 같이 WORM 기억소자(100)의 전도도가 높은 경우를 상태 "1"로 정의한다. 쓰기 동작이 완료된 WORM 기억소자(100)는 그 후에 인가되는 전압의 크기와는 무관하게 상태가 반영구적으로 "1"로 유지되며 결코 "0"으로 환원되지 않는다. 즉 본 발명에 따른 WORM 기억소자(100)는 WORM 특성을 보임을 알 수 있다.

[34] 그리고 상태 "1"로 쓰기 동작이 완료된 WORM 기억소자(100)의 4달 이후의 전류-전압 특성을 참조번호 430으로 표시된 그래프에 나타내었다. 참조번호 430으로 표시된 그래프에 도시된 바와 같이, (-) 전압 영역에서는 쓰기 전압을 인가한 직후에 비해 전류의 양이 1/10로 감소하였으나, (+) 전압 영역에서는 쓰기 전압을 인가한 직후와 변화가 거의 없음을 알 수 있다. 따라서 소자의 읽기

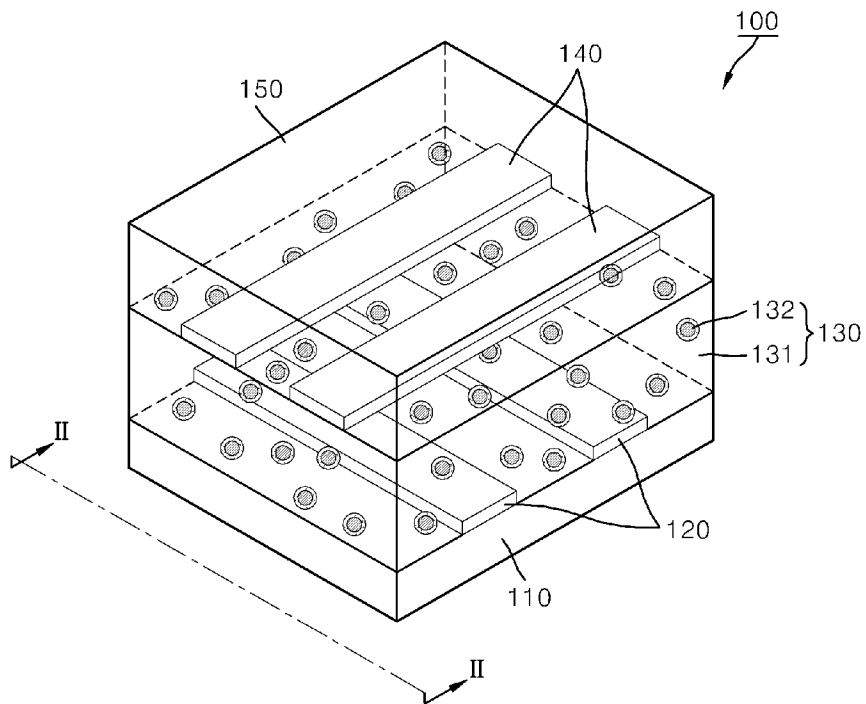
전압을 (+) 전압 영역에 설정하여 사용할 경우 본 발명에 따른 WORM  
기억소자(100)는 매우 장시간의 기억 능력을 가짐을 알 수 있다.

- [35]     이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 상술한 특징의 바람직한 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 범위 내에 있게 된다.

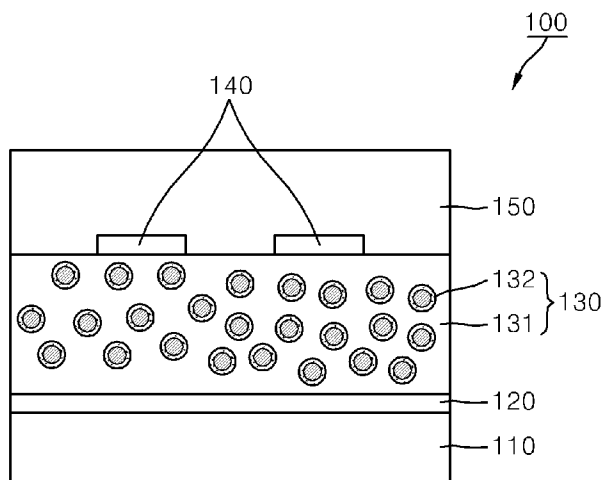
## 청구범위

- [1]       기관;  
           상기 기관 상에 형성되고, 전도성 물질로 이루어진 하부전극;  
           상기 하부전극 상에 형성되고, 고분자 물질 내에 나노입자가 분산되어 있는 메모리층; 및  
           상기 메모리층 상에 형성되고, 전도성 물질로 이루어진 상부전극;을  
           포함하는 것을 특징으로 하는 WORM 기억소자.
- [2]       제1항에 있어서,  
           상기 하부전극은 일 방향으로 길게 뻗은 형상으로 형성되고,  
           상기 상부전극은 상기 하부전극의 형성방향과 직교하는 방향으로 길게 뻗은 형상으로 형성된 것을 특징으로 하는 WORM 기억소자.
- [3]       제1항에 있어서,  
           상기 고분자 물질은 PMMA(poly methyl methacrylate)인 것을 특징으로 하는 WORM 기억소자.
- [4]       제1항에 있어서,  
           상기 나노입자는 코어(core)-셸(shell) 구조로 되어 있는 것을 특징으로 하는 WORM 기억소자.
- [5]       제4항에 있어서,  
           상기 코어는 CdSe, InP, InGaAs 및 PbTe 중에서 선택된 1종 이상의 물질로 이루어지고, 상기 셸은 ZnTe, ZnS, ZnSe, CdSe, GaAs 및 PbS 중에서 선택된 1종 이상의 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 WORM 기억소자.
- [6]       제1항에 있어서,  
           상기 하부전극 및 상부전극은 Al, Au, Cu, Pt, Ag, W, Ni, Zn, Ti, Zr, Hf, Cd 및 Pd 중에서 선택된 1종 이상으로 이루어진 것을 특징으로 하는 WORM 기억소자.
- [7]       제1항에 있어서,  
           상기 기관은 절연성 무기물 또는 절연성 유기물로 이루어지고,  
           상기 절연성 무기물은 Si, GaAs, InP, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiC, 유리 및 석영(quartz) 중 적어도 어느 하나이며,  
           상기 절연성 유기물은 PET(poly ethylene terephthalate), PS(poly styrene), PI(poly imide), PVC(poly vinyl chloride), PVP(poly vinyl pyrrolidone) 및 PE(poly ethylene) 중 적어도 어느 하나인 것을 특징으로 하는 WORM 기억소자.
- [8]       제1항에 있어서,  
           상기 상부전극 및 상기 메모리층이 함께 덮이도록 상기 상부전극 상에 형성되고, 고분자 물질로 이루어진 보호층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 WORM 기억소자.

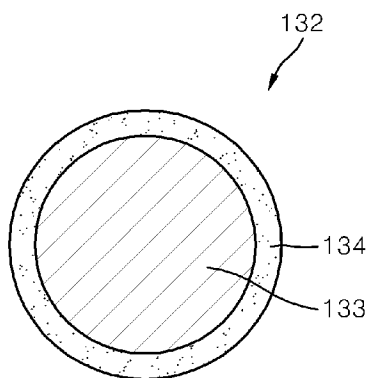
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]

