



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0107203
(43) 공개일자 2009년10월13일

(51) Int. Cl.

B82B 3/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0032592

(22) 출원일자 2008년04월08일

심사청구일자 2008년04월08일

(71) 출원인

이화여자대학교 산학협력단

서울 서대문구 대현동 11-1 이화여자대학교내

(72) 발명자

조월림

서울 강남구 압구정1동 구현대아파트 71동 103호

정아름

서울 은평구 갈현동 422-22

(74) 대리인

권혁수, 송윤호, 오세준

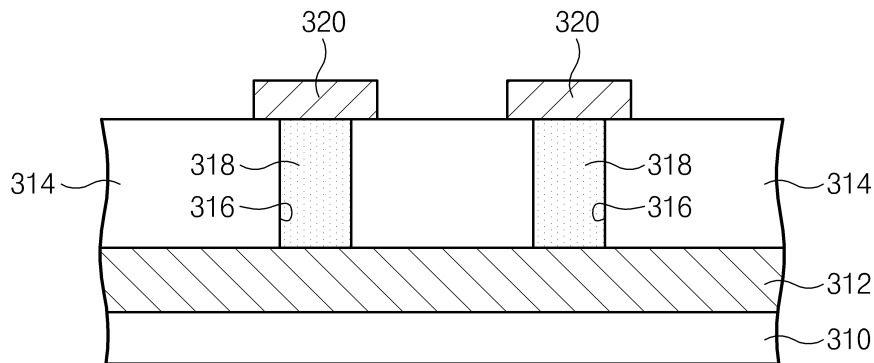
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질의 제조 방법 및 이를 이용한 메모리 소자

(57) 요약

나노-이온 메모리 소자가 제공된다. 이 메모리 소자는 기판, 기판 상에 제공되며 화학적으로 비활성인 하부 전극, 하부 전극 상에 제공되며 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 포함하는 고상의 전해질층 및 전해질층 상에 제공되며 산화 가능한 상부 전극을 포함한다.

대표도 - 도6



특허청구의 범위

청구항 1

텔루라이드계 벌크 타깃이 장착된 어블레이션 챔버를 준비하는 것;

빔 발생부로부터 상기 벌크 타깃에 에너지 빔을 조사하여 텔루라이드계 나노 입자를 발생시키는 것;

상기 어블레이션 챔버에 캐리어 가스를 제공하여, 발생된 상기 텔루라이드계 나노 입자를 은 입자를 포함하는 열 처리부로 이송하는 것; 및

상기 캐리어 가스에 의해 이송된 상기 텔루라이드계 나노 입자와 상기 열 처리부에 포함된 상기 은 입자를 반응시켜 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 형성하는 것을 포함하는 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질의 제조 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 빔 발생부는 아르곤 플루오라이드 엑시머 레이저, 크립톤 플루오라이드 엑시머 레이저, 크세논 클로라이드 엑시머 레이저 및 쿼-스위치 엔디야그 레이저 중에서 선택된 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질의 제조 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 텔루라이드계 나노 입자와 상기 은 입자를 반응시키는 것은 상기 열처리부에서 열처리하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질의 제조 방법.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 열처리부는 상온에서 1,000℃ 범위의 온도를 갖는 것을 특징으로 하는 나노 입자의 제조 방법.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 열처리부는 200~500℃ 범위의 온도를 갖는 것을 특징으로 하는 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질의 제조 방법.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 캐리어 가스의 압력에 의해 상기 어블레이션 챔버 및 상기 열처리부의 압력이 조절되는 것을 특징으로 하는 나노 입자의 제조 방법.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 캐리어 가스의 흐름 속도에 의해 상기 열처리 시간이 조절되는 것을 특징으로 하는 나노 입자의 제조 방법.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질은 $Ag_8(Sb,As)Te_2S_3$, $(Au,Ag)_4Cu(Te,Pb)$, $AgCu_7Te_{10}$, $Ag_8(Sn,Ge)(S,Te)_6$,

Ag_4TeS , AgTe , $\text{Ag}_3\text{Cu}_4\text{Te}_4$, Ag_2Te , $(\text{Pd}, \text{Ag})_2\text{Te}$, $\text{Ag}_3\text{Fe}^{3+}\text{Te}_2\text{S}_4$, $(\text{Au}, \text{Ag})\text{Te}_2$, $\text{Ag}_3\text{HgPbSbTe}_5$, $(\text{Au}, \text{Ag})\text{Te}$, Ag_3AuTe_2 , $\text{Zn}_6\text{Cu}_3(\text{TeO}_6)_2(\text{OH})_6 \cdot \text{Ag}_x\text{Pb}_y\text{Cl}_{x+2y}$, $\text{Ag}_4\text{Pd}_3\text{Te}_4$, Ag_7Te_4 , $(\text{Au}, \text{Ag})_2\text{Te}_4$, $(\text{Pd}, \text{Ag})_3(\text{Te}, \text{Bi})$, $\text{Ag}_8(\text{Sn}, \text{Ge})(\text{S}, \text{Te})_6$, $\text{Ag}_9\text{SbTe}_3(\text{S}, \text{Se})_3$, $\text{Ag}_{16}\text{FeBiTe}_3\text{S}_8$, Pd_6AgTe_4 및 AgBiTe_2 중에서 선택된 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질의 제조 방법.

청구항 9

제 1항에 있어서,

상기 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 기관 장착부에 장착된 기관 상에 증착하는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질의 제조 방법.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 상기 기관 상에 증착하는 것은 vapor-liquid-solid법 또는 vapor-solid법을 이용하는 것을 특징으로 하는 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질의 제조 방법.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질은 나노 입자 형태 또는 나노 로드 형태로 증착되는 것을 특징으로 하는 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질의 제조 방법.

청구항 12

기관;

상기 기관 상에 제공되되, 화학적으로 비활성인 제 1 전극;

상기 제 1 전극 상에 제공되되, 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 포함하는 고상의 전해질층; 및

상기 전해질층 상에 제공되되, 산화 가능한 제 2 전극을 포함하는 나노-이온 메모리 소자.

청구항 13

제 12항에 있어서,

상기 제 1 전극은 백금, 알루미늄, 금, 티탄, 텅스텐, 바나듐, 니오븀, 탄탈, 크롬, 몰리브덴, 이들 금속의 질 화물, 이들 금속의 실리사이드 및 이들의 조합물 중에서 선택된 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노-이온 메모리 소자.

청구항 14

제 12항에 있어서,

상기 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질은 $\text{Ag}_8(\text{Sb}, \text{As})\text{Te}_2\text{S}_3$, $(\text{Au}, \text{Ag})_4\text{Cu}(\text{Te}, \text{Pb})$, $\text{AgCu}_7\text{Te}_{10}$, $\text{Ag}_8(\text{Sn}, \text{Ge})(\text{S}, \text{Te})_6$, Ag_4TeS , AgTe , $\text{Ag}_3\text{Cu}_4\text{Te}_4$, Ag_2Te , $(\text{Pd}, \text{Ag})_2\text{Te}$, $\text{Ag}_3\text{Fe}^{3+}\text{Te}_2\text{S}_4$, $(\text{Au}, \text{Ag})\text{Te}_2$, $\text{Ag}_3\text{HgPbSbTe}_5$, $(\text{Au}, \text{Ag})\text{Te}$, Ag_3AuTe_2 , $\text{Zn}_6\text{Cu}_3(\text{TeO}_6)_2(\text{OH})_6 \cdot \text{Ag}_x\text{Pb}_y\text{Cl}_{x+2y}$, $\text{Ag}_4\text{Pd}_3\text{Te}_4$, Ag_7Te_4 , $(\text{Au}, \text{Ag})_2\text{Te}_4$, $(\text{Pd}, \text{Ag})_3(\text{Te}, \text{Bi})$, $\text{Ag}_8(\text{Sn}, \text{Ge})(\text{S}, \text{Te})_6$, $\text{Ag}_9\text{SbTe}_3(\text{S}, \text{Se})_3$, $\text{Ag}_{16}\text{FeBiTe}_3\text{S}_8$, Pd_6AgTe_4 및 AgBiTe_2 중에서 선택된 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노-이온 메모리 소자.

청구항 15

제 14항에 있어서,

상기 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질은 나노 입자 형태 또는 나노 로드 형태인 것을 특징으로 하는 나노-이

온 메모리 소자.

청구항 16

제 12항에 있어서,

상기 전해질층은 그래시 절연 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 나노-이온 메모리 소자.

청구항 17

제 16항에 있어서,

상기 그래시 절연 물질은 SiO_2 , SiN , Si_3N_4 , $\alpha\text{-SiAlON}$, $\beta\text{-SiAlON}$, SiC , Al_2O_3 , AlN , BeO , MgO , TiO_2 , TiCN , ZrO_2 , $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ 및 MgAl_2O_4 중에서 선택된 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노-이온 메모리 소자.

청구항 18

제 12항에 있어서,

상기 제 2 전극은 구리, 은, 스칸듐, 망간, 철, 코발트, 니켈, 아연, 마그네슘, 칼슘 및 바륨 중에서 선택된 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노-이온 메모리 소자.

청구항 19

기관;

상기 기관 상에 제공되되, 산화 가능한 제 1 전극;

상기 제 1 전극 상에 제공되되, 층간 절연막에 의해 서로 이격된 도전성 비아 및 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 포함하는 고상의 전해질층; 및

상기 도전성 비아 및 상기 전해질층 상에 각각 제공되되, 화학적으로 비활성인 제 2 전극 및 제 3 전극을 포함하는 나노-이온 메모리 소자.

청구항 20

제 19항에 있어서,

상기 제 1 전극은 게이트 전극 역할을 하고, 상기 제 2 전극 및 상기 제 3 전극은 각각 소오스 영역 및 드레인 영역 역할을 하는 것을 특징으로 하는 나노-이온 메모리 소자.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

- <1> 본 발명은 메모리 소자에 관한 것으로, 더 구체적으로 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 포함하는 나노-이온 메모리 소자에 관한 것이다.

배경 기술

- <2> 반도체 메모리 소자 내에는 통상 다수의 메모리 셀(memory cell)과, 행 라인(row line) 및 열 라인(column line) 또는 워드 라인(word line) 및 비트 라인(bit line)의 매트릭스(matrix)로 이루어진 셀 필드(cell field)가 형성된다. 도전 재료로 이루어진 피드 라인(feed line)의 교차점에는 실제 메모리 셀이 배치된다. 행 라인 및 열 라인 또는 워드 라인 및 비트 라인은 각각 상부 전극과 하부 전극을 통해 메모리 셀에 전기적으로 접속된다. 어드레싱(addressing)된 교차점에 있는 특정 메모리 셀 내의 정보 내용을 변경하기 위해 또는 메모리 셀 내용을 호출하기 위해서, 관련 워드 라인 및 비트 라인이 선택되고 기록 전류 또는 판독 전류가 공급된다. 이를 위해, 워드 라인 및 비트 라인은 상응하는 제어 장치에 의해 제어된다.
- <3> 여러 방식의 반도체 메모리, 예컨대 소위 선택 트랜지스터에 접속된 각각 하나의 커패시터(capacitor)를 가진

다수의 메모리 셀을 포함하는 램(Random Access Memory : RAM)이 공지되어 있다. 열 라인 및 행 라인을 통해 상응하는 선택 트랜지스터에 전압을 의도적으로 인가함으로써, 기록 과정 동안 전하가 정보 단위(bit)로서 커패시터에 저장되고, 판독 과정 동안 선택 트랜지스터를 통해 다시 호출된다. RAM 소자는 랜덤 액세스 메모리이기 때문에, 데이터가 특정 어드레스로 저장될 수 있고, 나중에 동일한 어드레스로 다시 판독될 수 있다.

<4> 다른 방식의 반도체 메모리로는 일반적으로 단 하나의, 상응하게 제어되는 용량성 소자, 예컨대 트렌치(trench) 커패시터를 포함하는 디램(Dynamic RAM : DRAM)이 있다. 트렌치 커패시터의 용량에 의해 각각 하나의 비트가 전하로서 저장될 수 있다. 그러나 저장된 전하는 DRAM 셀 내에서 비교적 짧은 시간만 유지되기 때문에, 규칙적으로, 예컨대 약 64ms마다 소위 "리프레시(refresh)"가 실행되어야 한다. 즉, 정보 내용이 다시 메모리 셀 내에 기록되어야 한다.

<5> 이와는 달리, 소위 에스램(Static RAM : SRAM)의 셀은 일반적으로 각각 다수의 트랜지스터를 포함한다. DRAM과는 달리, SRAM에서는 "리프레시"가 수행될 필요가 없는데, 그 이유는 메모리 셀의 트랜지스터 내에 저장된 데이터가, SRAM에 상응하는 공급 전압이 공급되는 동안 유지되기 때문이다. 비휘발성 메모리(NonVolatile Memory : NVM) 소자, 예컨대 이피롬(Erasable Programmable Read-Only Memory : EPROM), 이이피롬(Electrically Erasable Programmable ROM : EEPROM) 및 플래시 메모리(flash memory)에서만, 공급 전압이 차단될 때도 저장된 데이터가 유지된다.

<6> 최근 통상의 반도체 메모리 기술은 대부분 표준 씨모스(Complement Metal-Oxide-Semiconductor : CMOS) 공정에 의해 제조된 재료 내에 전하 저장하는 원리를 기초로 한다. DRAM에 있어서 전하 손실 또는 정보 손실을 일으키는, 메모리 커패시터 내의 누설 전류에 대한 문제점은 지금까지는 저장된 전하에 대한 지속적인 리프레시와 같은 만족스럽지 못한 방법으로부터만 해결되었다. 플래시 메모리는 배리어 층(barrier layer)에 의한 제한된 기록 및 판독 사이클(cycle)의 문제점을 가지며, 높은 전압, 및 느린 판독 및 기록 사이클에 대해서는 아직도 최상의 해결책을 찾지 못했다.

<7> DRAM 소자 내에는 일반적으로 가능한 많은 메모리 셀이 포함되어야 하기 때문에, 메모리 셀을 가급적 간단히 그리고 가장 좁은 공간에 구현하는 집적도가 높아져야 했다. 지금까지 사용된 메모리(예컨대, NVM, 플래시 메모리 및 DRAM)는 전하 저장에 기초하는 그 동작 방식으로 인해 아마 머지않아 물리적인 스케일링 한계에 부딪히게 될 것이다.

<8> 또한, 플래시 메모리에서는 높은 스위칭(switcing) 전압과, 판독 및 기록 사이클의 제한된 수가, DRAM에서는 전하 저장 상태의 제한된 지속 시간이 추가의 문제점으로 나타난다.

<9> 상기 문제점에 대한 해결책으로서, 근래에 소위 씨비램(Conductive Bridging RAM : CBRAM) 셀이 있으며, 이 메모리에서는 저항 스위칭 과정에 의해 디지털 정보가 저장될 수 있다. CBRAM 셀은 쌍극성 전기 펄스(pulse)에 의해 상이한 전기 저항값 차이에 의해 스위칭 될 수 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<10> 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질의 제조 방법을 제공하는 데 있다.

<11> 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 이용한 나노-이온 메모리 소자를 제공하는 데 있다.

과제 해결수단

<12> 상기한 과제를 달성하기 위하여, 본 발명은 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질의 제조 방법을 제공한다. 이 방법은 텔루라이드계 벌크 타겟이 장착된 어블레이션 챔버를 준비하는 것, 빔 발생부로부터 벌크 타겟에 에너지 빔을 조사하여 텔루라이드계 나노 입자를 발생시키는 것, 어블레이션 챔버에 캐리어 가스를 제공하여 발생된 텔루라이드계 나노 입자를 은 입자를 포함하는 열 처리부로 이송하는 것 및 캐리어 가스에 의해 이송된 텔루라이드계 나노 입자와 열 처리부에 포함된 은 입자를 반응시켜 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 형성하는 것을 포함할 수 있다.

<13> 빔 발생부는 아르곤 플루오라이드 엑시머 레이저, 크립톤 플루오라이드 엑시머 레이저, 크세논 클로라이드 엑시머 레이저 및 큐-스위치 엔디야그 레이저 중에서 선택된 하나를 포함할 수 있다.

- <14> 텔루라이드계 나노 입자와 은 입자를 반응시키는 것은 열처리부에서 열처리하는 것일 수 있다.
- <15> 열처리부는 상온에서 1,000℃ 범위의 온도를 가질 수 있다. 열처리부는 200~500℃ 범위의 온도를 가질 수 있다.
- <16> 캐리어 가스의 압력에 의해 어블레이션 챔버 및 열처리부의 압력이 조절될 수 있다.
- <17> 캐리어 가스의 흐름 속도에 의해 열처리 시간이 조절될 수 있다.
- <18> 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질은 $\text{Ag}_8(\text{Sb,As})\text{Te}_2\text{S}_3$, $(\text{Au,Ag})_4\text{Cu}(\text{Te,Pb})$, $\text{AgCu}_7\text{Te}_{10}$, $\text{Ag}_8(\text{Sn,Ge})(\text{S,Te})_6$, Ag_4TeS , AgTe , $\text{Ag}_3\text{Cu}_4\text{Te}_4$, Ag_2Te , $(\text{Pd,Ag})_2\text{Te}$, $\text{Ag}_8\text{Fe}^{3+}\text{Te}_2\text{S}_4$, $(\text{Au,Ag})\text{Te}_2$, $\text{Ag}_3\text{HgPbSbTe}_5$, $(\text{Au,Ag})\text{Te}$, Ag_3AuTe_2 , $\text{Zn}_6\text{Cu}_3(\text{TeO}_6)_2(\text{OH})_6 \cdot \text{Ag}_x\text{Pb}_y\text{Cl}_{x+2y}$, $\text{Ag}_4\text{Pd}_3\text{Te}_4$, Ag_7Te_4 , $(\text{Au,Ag})_2\text{Te}_4$, $(\text{Pd,Ag})_3(\text{Te,Bi})$, $\text{Ag}_8(\text{Sn,Ge})(\text{S,Te})_6$, $\text{Ag}_9\text{SbTe}_3(\text{S,Se})_3$, $\text{Ag}_{16}\text{FeBiTe}_3\text{S}_8$, Pd_6AgTe_4 및 AgBiTe_2 중에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- <19> 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 기관 장착부에 장착된 기관 상에 증착하는 것을 더 포함할 수 있다. 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 기관 상에 증착하는 것은 vapor-liquid-solid법 또는 vapor-solid법을 이용하는 것일 수 있다. 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질은 나노 입자 형태 또는 나노 로드 형태로 증착될 수 있다.
- <20> 또한, 상기한 다른 과제를 달성하기 위하여, 본 발명은 나노-이온 메모리 소자를 제공한다. 이 메모리 소자는 기관, 기관 상에 제공되되 화학적으로 비활성인 하부 전극, 하부 전극 상에 제공되되 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 포함하는 고상의 전해질층 및 전해질층 상에 제공되되 산화 가능한 상부 전극을 포함할 수 있다.
- <21> 하부 전극은 백금, 알루미늄, 금, 티탄, 텅스텐, 바나듐, 니오븀, 탄탈, 크롬, 몰리브덴, 이들 금속의 질화물, 이들 금속의 실리사이드 및 이들의 조합물 중에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- <22> 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질은 $\text{Ag}_8(\text{Sb,As})\text{Te}_2\text{S}_3$, $(\text{Au,Ag})_4\text{Cu}(\text{Te,Pb})$, $\text{AgCu}_7\text{Te}_{10}$, $\text{Ag}_8(\text{Sn,Ge})(\text{S,Te})_6$, Ag_4TeS , AgTe , $\text{Ag}_3\text{Cu}_4\text{Te}_4$, Ag_2Te , $(\text{Pd,Ag})_2\text{Te}$, $\text{Ag}_8\text{Fe}^{3+}\text{Te}_2\text{S}_4$, $(\text{Au,Ag})\text{Te}_2$, $\text{Ag}_3\text{HgPbSbTe}_5$, $(\text{Au,Ag})\text{Te}$, Ag_3AuTe_2 , $\text{Zn}_6\text{Cu}_3(\text{TeO}_6)_2(\text{OH})_6 \cdot \text{Ag}_x\text{Pb}_y\text{Cl}_{x+2y}$, $\text{Ag}_4\text{Pd}_3\text{Te}_4$, Ag_7Te_4 , $(\text{Au,Ag})_2\text{Te}_4$, $(\text{Pd,Ag})_3(\text{Te,Bi})$, $\text{Ag}_8(\text{Sn,Ge})(\text{S,Te})_6$, $\text{Ag}_9\text{SbTe}_3(\text{S,Se})_3$, $\text{Ag}_{16}\text{FeBiTe}_3\text{S}_8$, Pd_6AgTe_4 및 AgBiTe_2 중에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- <23> 전해질층은 그래시 절연 물질을 포함할 수 있다. 그래시 절연 물질은 SiO_2 , SiN , Si_3N_4 , $\alpha\text{-SiAlON}$, $\beta\text{-SiAlON}$, SiC , Al_2O_3 , AlN , BeO , MgO , TiO_2 , TiCN , ZrO_2 , $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ 및 MgAl_2O_4 중에서 선택된 하나를 포함할 수 있다.
- <24> 상부 전극은 구리, 은, 스칸듐, 망간, 철, 코발트, 니켈, 아연, 마그네슘, 칼슘 및 바륨 중에서 선택된 하나를 포함할 수 있다.
- <25> 이에 더하여, 본 발명은 다른 나노-이온 메모리 소자를 제공한다. 이 메모리 소자는 기관, 기관 상에 제공되되 산화 가능한 제 1 전극, 제 1 전극 상에 제공되되 층간 절연막에 의해 서로 이격된 도전성 비아 및 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 포함하는 고상의 전해질층, 및 도전성 비아 및 전해질층 상에 각각 제공되되 화학적으로 비활성인 제 2 전극 및 제 3 전극을 포함할 수 있다.
- <26> 제 1 전극은 게이트 전극 역할을 하고, 제 2 전극 및 제 3 전극은 각각 소오스 영역 및 드레인 영역 역할을 할 수 있다.

효 과

- <27> 상술한 바와 같이, 본 발명의 과제 해결 수단에 따르면 펄스 레이저 어블레이션(Pulsed Laser Ablation : PLA)과 Vapor-Liquid-Solid법(VLS method)을 이용하여 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질들을 범용의 기관 상에 용이하게 성장시킬 수 있다. 이에 따라, 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 이용한 나노-이온 메모리 소자를 제공할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <28> 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 그러나 본 발명은 여기서 설명되는 실시예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다. 또한, 바람직한 실시예에 따른 것이기 때문에, 설명의 순서에 따라 제시되는 참조 부호는

그 순서에 반드시 한정되지는 않는다. 도면들에 있어서, 막 및 영역들의 두께는 명확성을 기하기 위하여 과장된 것이다. 또한, 막이 다른 막 또는 기판 상에 있다고 언급되는 경우에 그것은 다른 막 또는 기판 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 막이 개재될 수도 있다.

- <29> 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질 제조 시스템을 설명하기 위한 개략도이고, 도 2는 도 1의 기판 장착부를 설명하기 위한 사시도이다.
- <30> 도 1 및 도 2를 참조하면, 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질(Ag doped Te-base nano material) 제조 시스템(100)은 어블레이션 챔버(ablation chamber, 110), 빔 발생부(beam generator, 140), 캐리어 가스 공급부(carrier gas supplier, 150), 열처리부(annealing part, 160) 및 기판 장착부(substrate loading part, 170)를 포함할 수 있다.
- <31> 어블레이션 챔버(110)에는 텔루라이드계 벌크 타겟(bulk target, 130)이 장착될 수 있다. 텔루라이드계 벌크 타겟(130)은 텔루라이드계 금속 물질을 포함할 수 있다. 어블레이션 챔버(110)는 텔루라이드계 벌크 타겟(130)을 장착하기 위한 타겟 장착부(target loading part, 120)를 더 포함할 수 있다. 타겟 장착부(120)는 텔루라이드계 벌크 타겟(130)을 회전시키기 위한 회전 부재(호선 화살표)를 더 포함할 수 있다. 회전 부재는 빔 발생부(140)로부터 발생하는 에너지 빔에 의해 텔루라이드계 벌크 타겟(130)이 손상되는 것을 방지하기 위한 것일 수 있다. 회전 부재는 모터(motor)일 수 있다.
- <32> 빔 발생부(140)는 나노 입자를 발생시키기 위해 텔루라이드계 벌크 타겟(130)에 에너지 빔(점선 화살표)을 조사할 수 있다. 빔 발생부(140)는 아르곤 플루오라이드 엑시머 레이저(ArF excimer laser), 크립톤 플루오라이드(KrF) 엑시머 레이저, 크세논 클로라이드(XeCl) 엑시머 레이저 및 큐-스위치 엔디야그(Q-switched Nd:YAG) 레이저 중에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다. 아르곤 플루오라이드 엑시머 레이저로부터 생성되는 에너지 빔은 193nm의 파장, 10~40ns의 펄스 폭(pulse width) 및 1~20Hz의 진동수를 가질 수 있다. 크립톤 플루오라이드 엑시머 레이저로부터 생성되는 에너지 빔은 248nm의 파장, 10~40ns의 펄스 폭 및 1~20Hz의 진동수를 가질 수 있다. 크세논 클로라이드 엑시머 레이저로부터 생성되는 에너지 빔은 308nm의 파장, 10~40ns의 펄스 폭 및 1~20Hz의 진동수를 가질 수 있다. 큐-스위치 엔디야그 레이저로부터 생성되는 에너지 빔은 266nm, 355nm, 532nm 및 1064nm의 파장, 10~40ns의 펄스 폭 및 1~20Hz의 진동수를 가질 수 있다. 바람직하게는, 빔 발생부(140)로부터 생성되는 에너지 빔은 193nm의 파장, 20ns의 펄스 폭 및 5Hz의 진동수를 가지는 펄스 레이저 빔일 수 있다. 빔 발생부(140)는 에너지 빔의 진행 방향이 텔루라이드계 벌크 타겟(130)과 실질적으로 일직선을 이루는 위치에 배치될 수 있다.
- <33> 캐리어 가스 공급부(150)는 에너지 빔 조사에 의해 발생된 텔루라이드계 나노 입자를 이송하기 위해 어블레이션 챔버(110)에 캐리어 가스(실선 화살표)를 제공할 수 있다. 캐리어 가스는 비휘발성 기체 또는 질소 기체(N₂)를 포함할 수 있다. 캐리어 가스는 산소 기체(O₂)를 더 포함할 수 있다. 이러한 산소 기체는 텔루라이드계 나노 입자의 반응성을 더 높이기 위한 것일 수 있다. 어블레이션 챔버(110) 및 열처리부(160)의 압력은 캐리어 가스의 압력에 의해 조절될 수 있다. 캐리어 가스의 흐름 속도에 의해 텔루라이드계 나노 입자와 은 입자 사이의 반응을 위한 열처리 시간이 조절될 수 있다. 캐리어 가스 공급부(150)는 텔루라이드계 벌크 타겟(130) 및 빔 발생부(140)를 연결하는 일직선(즉, 에너지 빔의 진행 방향)에 실질적으로 수직으로 교차하는 직선의 위치에 배치될 수 있다.
- <34> 열처리부(160)는 열처리로 캐리어 가스에 의해 이송된 텔루라이드계 나노 입자와 열처리부(160)에 포함된 은 입자를 서로 반응시켜 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 형성할 수 있다. 열처리부(160)는 가열로(furnace)일 수 있다. 열처리부(160)에서 텔루라이드계 나노 입자와 반응하는 은 입자는 열 처리부(160) 내부에 미리 제공된 은이 열 처리부(160)의 가열에 의해 생성될 수 있다. 열처리부(160)는 캐리어 가스 공급부(150)와 일직선(즉, 에너지 빔의 진행 방향)에 실질적으로 수직으로 교차하는 직선의 위치에 배치될 수 있다. 열처리부(160)와 캐리어 가스 공급부(150)는 에너지 빔에 대해 서로 대향하는 위치에 배치될 수 있다.
- <35> 기판 장착부(170)는 텔루라이드계 나노 입자와 은 입자의 반응에 의해 형성된 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질이 증착되는 기판(미도시)을 장착할 수 있다. 기판 장착부(170)는 기판 장착 면(174)을 포함하는 장착 헤드(loading head, 172) 및 장착 헤드(172)에 연결된 장착 바디(loading body, 176)로 구성될 수 있다. 장착 헤드(172)는 실리콘 카바이드(SiC)를 포함할 수 있다. 장착 바디(176)는 석영관(quartz tube)일 수 있다. 기판은 평면형 또는 선형 기판일 수 있다. 평면형 기판은 원형 기판 또는 사각형 기판 형태일 수 있고, 선형 기판은 팁(tip)들이 형성된 기판 형태일 수 있다. 기판 장착부(170)는 기판의 온도를 측정하기 위한 온도 감지 장치(17

8)를 더 포함할 수 있다. 온도 감지 장치(178)는 기관의 온도를 정확하게 측정하기 위해 기관 장착 면(174) 및 장착 헤드(172)의 온도를 측정할 수 있다. 온도 감지 장치(178)는 열전대(thermocouple)를 포함하는 장치일 수 있다. 석영관인 장착 바디(176)를 통해 열전대가 기관 장착 면(174) 및 장착 헤드(172)의 온도를 감지하기 위해 투입될 수 있다.

<36> 상기한 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질 제조 시스템(100)을 이용함으로써, 기관 상에 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질들이 증착되어 나노 입자들 또는 나노 로드들(또는 나노 와이어들(nano wire))로 성장할 수 있다. 은 도핑된 텔루라이드계 나노 입자들 또는 나노 로드들은 benleonardite($\text{Ag}_8(\text{Sb,As})\text{Te}_2\text{S}_3$), bezsmertnovite($(\text{Au,Ag})_4\text{Cu}(\text{Te,Pb})$), cameronite($\text{AgCu}_7\text{Te}_{10}$), canfieldite($\text{Ag}_8(\text{Sn,Ge})(\text{S,Te})_6$), cervelleite(Ag_4TeS), empressite(AgTe), Henryite($\text{Ag}_3\text{Cu}_4\text{Te}_4$), Hesseite(Ag_2Te), IMA1993-062($(\text{Pd,Ag})_2\text{Te}$), IMA2004-042a($\text{Ag}_8\text{Fe}^{3+}\text{Te}_2\text{S}_4$), krennerite($(\text{Au,Ag})\text{Te}_2$), mazzettite($\text{Ag}_3\text{HgPbSbTe}_5$), muthmannite($(\text{Au,Ag})\text{Te}$), petzite(Ag_3AuTe_2), quetzalcoatlite($\text{Zn}_6\text{Cu}_3(\text{TeO}_6)_2(\text{OH})_6 \cdot \text{Ag}_x\text{Pb}_y\text{Cl}_{x+2y}$), sopcheite($\text{Ag}_4\text{Pd}_3\text{Te}_2$), stutzite(Ag_7Te_4), sylvanite($(\text{Au,Ag})_2\text{Te}_4$), telargpalite($(\text{Pd,Ag})_3(\text{Te,Bi})$), tellurian canfieldite($\text{Ag}_8(\text{Sn,Ge})(\text{S,Te})_6$), tsnigtiite($\text{Ag}_3\text{SbTe}_3(\text{S,Se})_3$), 'unnamed (Ag-Fe-Bi telluride sulphide)'($\text{Ag}_{16}\text{FeBiTe}_3\text{S}_8$), 'unnamed (PdAg telluride)'(Pd_6AgTe_4) 및 volynskite(AgBiTe_2)중에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다.

<37> 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질 제조 시스템을 설명하기 위한 개략도이다.

<38> 도 3을 참조하면, 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질 제조 시스템(200)은 어블레이션 챔버(210), 빔 발생부(240), 캐리어 가스 공급부(250), 반응 물질 공급부(280), 열처리부(260) 및 기관 장착부(270)를 포함할 수 있다.

<39> 어블레이션 챔버(210)에는 텔루라이드계 벌크 타깃(230)이 장착될 수 있다. 텔루라이드계 벌크 타깃(230)은 텔루라이드계 금속 물질을 포함할 수 있다. 어블레이션 챔버(210)는 텔루라이드계 벌크 타깃(230)을 장착하기 위한 타깃 장착부(220)를 더 포함할 수 있다. 타깃 장착부(220)는 벌크 타깃(230)을 회전시키기 위한 회전 부재(호선 화살표)를 더 포함할 수 있다. 회전 부재는 빔 발생부(240)로부터 발생하는 에너지 빔에 의해 텔루라이드계 벌크 타깃(230)이 손상되는 것을 방지하기 위한 것일 수 있다. 회전 부재는 모터일 수 있다.

<40> 빔 발생부(240)는 텔루라이드계 나노 입자를 발생시키기 위해 텔루라이드계 벌크 타깃(230)에 에너지 빔(점선 화살표)을 조사할 수 있다. 빔 발생부(240)는 아르곤 플루오라이드 엑시머 레이저, 크립톤 플루오라이드 엑시머 레이저, 크세논 클로라이드 엑시머 레이저 및 큐-스위치 엔디야그 레이저 중에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다. 아르곤 플루오라이드 엑시머 레이저로부터 생성되는 에너지 빔은 193nm의 파장, 10~40ns의 펄스 폭 및 1~20Hz의 진동수를 가질 수 있다. 크립톤 플루오라이드 엑시머 레이저로부터 생성되는 에너지 빔은 248nm의 파장, 10~40ns의 펄스 폭 및 1~20Hz의 진동수를 가질 수 있다. 크세논 클로라이드 엑시머 레이저로부터 생성되는 에너지 빔은 308nm의 파장, 10~40ns의 펄스 폭 및 1~20Hz의 진동수를 가질 수 있다. 큐-스위치 엔디야그 레이저로부터 생성되는 에너지 빔은 266nm, 355nm, 532nm 및 1064nm의 파장, 10~40ns의 펄스 폭 및 1~20Hz의 진동수를 가질 수 있다. 바람직하게는, 빔 발생부(240)로부터 생성되는 에너지 빔은 193nm의 파장, 20ns의 펄스 폭 및 5Hz 진동수를 가지는 펄스 레이저 빔일 수 있다. 빔 발생부(240)는 에너지 빔의 진행 방향이 텔루라이드계 벌크 타깃(230)과 실질적으로 일직선을 이루는 위치에 배치될 수 있다.

<41> 캐리어 가스 공급부(250)는 에너지 빔 조사에 의해 발생된 텔루라이드계 나노 입자를 이송하기 위해 어블레이션 챔버(210)에 캐리어 가스(실선 화살표)를 제공할 수 있다. 캐리어 가스는 비휘발성 기체 또는 질소 기체를 포함할 수 있다. 캐리어 가스는 산소 기체를 더 포함할 수 있다. 이러한 산소 기체는 텔루라이드계 나노 입자의 반응성을 더 높이기 위한 것일 수 있다. 어블레이션 챔버(210) 및 열처리부(260)의 압력은 캐리어 가스의 압력에 의해 조절될 수 있다. 캐리어 가스의 흐름 속도에 의해 텔루라이드계 나노 입자와 은 입자 사이의 반응을 위한 열처리 시간이 조절될 수 있다. 캐리어 가스 공급부(250)는 텔루라이드계 벌크 타깃(230) 및 빔 발생부(240)를 연결하는 일직선(즉, 에너지 빔의 진행 방향)에 실질적으로 수직으로 교차하는 직선의 위치에 배치될 수 있다.

<42> 반응 물질 공급부(280)는 텔루라이드계 나노 입자와 반응하여 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 형성하는 반응 물질인 은 입자를 제공할 수 있다. 반응 물질 공급부(280)는 어블레이션 챔버(210)와 열처리부(260) 사이로

반응 물질을 공급하는 위치에 배치될 수 있다. 반응 물질 공급부(280)는 반응 물질을 이송하기 위한 반응 물질용 캐리어 가스를 더 제공할 수 있다. 반응 물질용 캐리어 가스는 비휘발성 기체 또는 질소 기체를 포함할 수 있다. 열처리부(160)에서 텔루라이드계 나노 입자와 반응하는 은 입자는 반응 물질 공급부(280)로부터 반응 물질용 캐리어 가스에 의해 열 처리부(160)로 제공될 수 있다.

<43> 열처리부(260)는 열처리로 캐리어 가스에 의해 이송된 텔루라이드계 나노 입자와 반응 물질용 캐리어 가스에 의해 이송된 반응 물질인 은 입자를 서로 반응시켜 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 형성할 수 있다. 열처리부(260)는 가열로일 수 있다. 열처리부(260)는 캐리어 가스 공급부(250)와 일직선(즉, 에너지 빔의 진행 방향)에 실질적으로 수직으로 교차하는 직선의 위치에 배치될 수 있다. 열처리부(260)와 캐리어 가스 공급부(250)는 에너지 빔에 대해 서로 대향하는 위치에 배치될 수 있다.

<44> 기관 장착부(270)는 텔루라이드계 나노 입자와 은 입자의 반응에 의해 형성된 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질이 증착되는 기관(미도시)을 장착할 수 있다. 기관은 평면형 또는 선형 기관일 수 있다. 평면형 기관은 원형 또는 사각형 형태일 수 있고, 선형 기관은 튜브가 형성된 기관 형태일 수 있다. 기관 장착부(270)는 증착 부재의 온도를 측정하기 위한 온도 감지 장치(278)를 더 포함할 수 있다. 온도 감지 장치(278)는 기관의 온도를 정확하게 측정하기 위해 기관 장착 면(도 2b의 174) 및 장착 헤드(도 2b의 172)의 온도를 측정할 수 있다. 온도 감지 장치(278)는 열전대를 포함하는 장치일 수 있다. 석영관인 장착 바디(도 2b의 176)를 통해 열전대가 기관 장착 면 및 장착 헤드의 온도를 감지하기 위해 투입될 수 있다.

<45> 상기한 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질 제조 시스템(200)을 이용함으로써, 기관 상에 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질들이 증착되어 나노 입자들 또는 나노 로드들로 성장할 수 있다. 은 도핑된 텔루라이드계 나노 입자들 또는 나노 로드들은 benleonardite($\text{Ag}_8(\text{Sb,As})\text{Te}_2\text{S}_3$), bezsmertnovite($(\text{Au,Ag})_4\text{Cu}(\text{Te,Pb})$), cameronite($\text{AgCu}_7\text{Te}_{10}$), canfieldite($\text{Ag}_8(\text{Sn,Ge})(\text{S,Te})_6$), cervelleite(Ag_4TeS), empressite(AgTe), Henryite($\text{Ag}_3\text{Cu}_4\text{Te}_4$), Hessite(Ag_2Te), IMA1993-062($(\text{Pd,Ag})_2\text{Te}$), IMA2004-042a($\text{Ag}_8\text{Fe}^{3+}\text{Te}_2\text{S}_4$), krennerite($(\text{Au,Ag})\text{Te}_2$), mazzettiite($\text{Ag}_3\text{HgPbSbTe}_5$), muthmannite($(\text{Au,Ag})\text{Te}$), petzite(Ag_3AuTe_2), quetzalcoatlite($(\text{Zn}_6\text{Cu}_3(\text{TeO}_6)_2(\text{OH})_6 \cdot \text{Ag}_x\text{Pb}_y\text{Cl}_{x+2y})$), sopcheite($\text{Ag}_4\text{Pd}_3\text{Te}_4$), stutzite(Ag_7Te_4), sylvanite($(\text{Au,Ag})_2\text{Te}_4$), telargpalite($(\text{Pd,Ag})_3(\text{Te,Bi})$), tellurian canfieldite($\text{Ag}_8(\text{Sn,Ge})(\text{S,Te})_6$), tsnigiite($\text{Ag}_6\text{SbTe}_3(\text{S,Se})_3$), 'unnamed (Ag-Fe-Bi telluride sulphide)'($\text{Ag}_{16}\text{FeBiTe}_3\text{S}_8$), 'unnamed (PdAg telluride)'(PdAgTe_4) 및 volynskite(AgBiTe_2)중에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다.

<46> 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질의 제조 방법을 설명하기 위한 공정 순서도이다.

<47> 도 4를 참조하면, 텔루라이드계 벌크 타겟이 장착된 어블레이션 챔버를 준비(S210)한다. 텔루라이드계 벌크 타겟은 텔루라이드계 금속 물질 또는 은 도핑된 텔루라이드계 금속 물질을 포함할 수 있다. 이러한 벌크 타겟은 나노-이온 메모리 소자(nano-ionic memory device)에 사용되는 전해질층(electrolyte layer)을 형성하기 위해 사용될 수 있다. 어블레이션 챔버는 텔루라이드계 벌크 타겟을 장착하기 위한 타겟 장착부를 더 포함할 수 있다.

<48> 어블레이션 챔버는 텔루라이드계 벌크 타겟을 장착하기 위한 타겟 장착부를 더 포함할 수 있다. 타겟 장착부는 텔루라이드계 벌크 타겟을 회전시키기 위한 회전 부재를 더 포함할 수 있다. 회전 부재는 빔 발생부로부터 발생되는 에너지 빔에 의해 텔루라이드계 벌크 타겟이 손상되는 것을 방지하기 위한 것일 수 있다. 회전 부재는 모터일 수 있다.

<49> 빔 발생부로부터 텔루라이드계 벌크 타겟에 에너지 빔을 조사하여 텔루라이드계 나노 입자를 발생(S220)시킨다. 텔루라이드계 벌크 타겟이 은 도핑된 텔루라이드계 금속 물질일 경우에는 은 도핑된 텔루라이드계 나노 입자가 발생할 수 있다. 빔 발생부는 아르곤 플루오라이드 엑시머 레이저, 크립톤 플루오라이드 엑시머 레이저, 크세논 클로라이드 엑시머 레이저 및 큐-스위치 엔디야그 레이저 중에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다. 아르곤 플루오라이드 엑시머 레이저로부터 생성되는 에너지 빔은 193nm의 파장, 10~40ns의 펄스 폭 및 1~20Hz의 진동수를 가질 수 있다. 크립톤 플루오라이드 엑시머 레이저로부터 생성되는 에너지 빔은 248nm의 파장, 10~40ns의 펄스 폭 및 1~20Hz의 진동수를 가질 수 있다. 크세논 클로라이드 엑시머 레이저로부터 생성되는 에너지 빔은 308nm의 파장, 10~40ns의 펄스 폭 및 1~20Hz의 진동수를 가질 수 있다. 큐-스위치 엔디야그 레이저로부터 생성

되는 에너지 빔은 266nm, 355nm, 532nm 및 1064nm의 파장, 10~40ns의 펄스 폭 및 1~20Hz의 진동수를 가질 수 있다. 바람직하게는, 빔 발생부로부터 생성되는 에너지 빔은 193nm의 파장, 20ns의 펄스 폭 및 5Hz의 진동수를 가지는 펄스 레이저 빔일 수 있다. 텔루라이드계 벌크 타깃에 에너지 빔이 조사되면 텔루라이드계 벌크 타깃 표면에 발생된 텔루라이드계 나노 입자들에 의한 타원형의 단면을 가지는 플룸(plume)이 관찰될 수 있다.

- <50> 어블레이션 챔버에 캐리어 가스를 제공(S230)한다. 제공된 캐리어 가스는 발생된 텔루라이드계 나노 입자를 이송할 수 있다. 캐리어 가스는 비휘발성 기체 또는 질소 기체를 포함할 수 있다. 바람직하게는, 캐리어 가스는 비휘발성 기체인 아르곤일 수 있다.
- <51> 열처리부에서 캐리어 가스에 의해 이송된 텔루라이드계 나노 입자와 열처리부에 포함된 은 입자를 열처리(S240)한다. 이러한 열처리에 의해 텔루라이드계 나노 입자와 은 입자가 서로 반응하여 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 형성할 수 있다. 은 입자는 열처리부 내부에 미리 제공된 은이 열처리부의 가열에 의해 생성되거나, 또는 반응 물질 공급부(도 3의 280 참조)에 의해 열처리부로 제공될 수 있다.
- <52> 어블레이션 챔버 및 열처리부의 압력은 캐리어 가스의 압력에 의해 조절될 수 있으며, 압력은 0.1~10torr 범위일 수 있다. 바람직하게는, 압력은 3.0~4.0torr 범위일 수 있다. 캐리어 가스의 흐름 속도에 의해 텔루라이드계 나노 입자와 은 입자의 반응을 위한 열처리 시간이 조절될 수 있으며, 흐름 속도는 1~2,000cc/min 범위일 수 있다. 바람직하게는, 500~900cc/min 범위일 수 있다.
- <53> 열처리부는 캐리어 가스를 가열하여 상온에서 1,000℃ 범위의 온도를 갖도록 구성될 수 있다. 열처리부가 1,000℃의 고온의 범위를 가지는 것은 열처리부 내부에 미리 제공된 은을 녹여 은 입자를 발생시키기 위한 것이다. 이에 따라, 반응 물질 공급부로부터 은 입자가 제공되는 경우에는 열처리부가 상온에서 700℃ 범위의 온도를 갖도록 구성될 수 있다. 바람직하게는, 열처리부는 캐리어 가스를 200~500℃ 범위의 온도를 갖게 할 수 있다. 500℃ 이상의 고온에서 텔루라이드계 나노 입자와 은 입자를 서로 반응시켜 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 형성한 후, 이를 200℃ 이하의 온도에서 증착할 수 있다. 텔루라이드계 벌크 타깃이 은 도핑된 텔루라이드계 금속 물질일 경우에는 열처리부는 캐리어 가스를 100~300℃ 범위의 온도를 갖게 할 수 있다.
- <54> 캐리어 가스에 의해 이송된 텔루라이드계 나노 입자와 열처리부에 포함된 은 입자의 반응에 의해 형성된 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 열처리부에 제공된 기관 상에 증착(S250)한다. 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 기관 상에 증착하는 것은 Vapor-liquid-solid법(VLS method) 또는 vapor-solid법을 이용할 수 있다. VLS 법은 나노 로드를 형성하기 위한 일반적인 방법이다. 본 발명에서는 일반적인 VLS법과는 다르게 액체(liquid) 상태를 거치지 않고 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질이 기관 상에 증착될 수 있다. 기관은 평면형 또는 선형 기관일 수 있다. 평면형 기관은 원형 또는 사각형 형태일 수 있고, 선형 기관은 튜브들이 형성된 기관 형태일 수 있다.
- <55> 이에 따라, 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질은 vapor-solid법 또는 VLS법에 의해 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질들이 기관 상에 증착되어 나노 입자들 또는 나노 로드들로 성장할 수 있다. 은 도핑된 텔루라이드계 나노 입자들 또는 나노 로드들의 성장량은 증착 시간에 의해 조절될 수 있다. 은 도핑된 텔루라이드계 나노 입자들 또는 나노 로드들은 benleonardite($\text{Ag}_8(\text{Sb}, \text{As})\text{Te}_2\text{S}_3$), bezsmertnovite($(\text{Au}, \text{Ag})_4\text{Cu}(\text{Te}, \text{Pb})$), cameronite($\text{AgCu}_7\text{Te}_{10}$), canfieldite($\text{Ag}_8(\text{Sn}, \text{Ge})(\text{S}, \text{Te})_6$), cervelleite(Ag_4TeS), empressite(AgTe), Henryite($\text{Ag}_3\text{Cu}_4\text{Te}_4$), Hessite(Ag_2Te), IMA1993-062($(\text{Pd}, \text{Ag})_2\text{Te}$), IMA2004-042a($\text{Ag}_3\text{Fe}^{3+}\text{Te}_2\text{S}_4$), krennerite($(\text{Au}, \text{Ag})\text{Te}_2$), mazzettiite($\text{Ag}_3\text{HgPbSbTe}_5$), muthmannite($(\text{Au}, \text{Ag})\text{Te}$), petzite(Ag_3AuTe_2), quetzalcoatlite($\text{Zn}_6\text{Cu}_3(\text{TeO}_6)_2(\text{OH})_6 \cdot \text{Ag}_x\text{Pb}_y\text{Cl}_{x+2y}$), sopcheite($\text{Ag}_4\text{Pd}_3\text{Te}$), stutzite(Ag_7Te_4), sylvanite($(\text{Au}, \text{Ag})_2\text{Te}_4$), telargpalite($(\text{Pd}, \text{Ag})_3(\text{Te}, \text{Bi})$), tellurian canfieldite($\text{Ag}_8(\text{Sn}, \text{Ge})(\text{S}, \text{Te})_6$), tsnigiite($\text{Ag}_9\text{SbTe}_3(\text{S}, \text{Se})_3$), 'unnamed (Ag-Fe-Bi telluride sulphide)'($\text{Ag}_{16}\text{FeBiTe}_3\text{S}_8$), 'unnamed (PdAg telluride)'(PdAgTe_4) 및 volynskite(AgBiTe_2)중에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다.

<56> 도 5a 및 도 5b는 나노-이온 메모리 소자의 동작 특성을 설명하기 위한 단면도들이다.

<57> 도 5a 및 도 5b를 참조하면, 나노-이온 메모리 소자(또는 프로그램 금속화 셀 메모리(Programmable-Metalization-Cell memory : PMCM) 소자)는 기본적으로 하부 전극(10), 상부 전극(16) 및 이들 사이에 개재된 고상의 전해질층(solid electrolyte layer, 12)을 포함할 수 있다. 하부 전극(10)은 화학적으로 비활성인 도전성 물질을 포함하고, 상부 전극은 산화 가능한(oxidizable) 도전성 물질을 포함한다. 전해질층(12)은 그래시 절

연 물질(glassy insulator) 및 초이온 영역(superionic region, 14)을 포함할 수 있다. 초이온 영역(14)은 본 발명의 실시예에 따른 은 도핑된 텔루라이드계 나노 입자 또는 나노 로드일 수 있다.

<58> 상부 전극(16)에 문턱 전압 이상의 양 전압을 가해주면, 산화 가능한 상부 전극(16)에서 석출되는 금속 이온들(+의 양이온)과 하부 전극(10)에서 제공되는 전자들(-의 음이온)이 초이온 영역(14)에 달라붙어 금속 원자들(metal atoms)을 형성할 수 있다. 이들 금속 원자들은 서로 이웃하면서 하나의 연결 띠인 클러스터(cluster)를 형성할 수 있다. 이 클러스터는 하부 전극(10)과 상부 전극(16)을 서로 전기적으로 연결하는 하나의 바이러스 크기의 필라멘트(virus-sized filament)인 도전성 브리지(conductive bridge, 20)를 형성할 수 있다. 이러한 도전성 브리지(20)는 나노-이온 메모리 소자에 전류가 흐를 때 하나의 통로(path)인 채널(channel)을 제공할 수 있다. 하부 전극(10)에 문턱 전압 이상의 양 전압을 가해주면, 하부 전극(10)과 상부 전극(16) 사이에 형성되었던 도전성 브리지(20)가 분리(dissolve)될 수 있다.

<59> 이에 따라, 전해질층(12)은 저항이 높은 상태(도 5b)와 낮은 상태(도 5a)를 가질 수 있으며, 이러한 전해질층(12)의 저항 상태들을 이용하여 '0'과 '1'을 저장할 수 있다. 전해질층(12)이 은 도핑된 텔루라이드계 나노 입자 또는 나노 로드들로 구성된 초이온 영역(14)을 포함하기 때문에, 저항 상태들 사이의 변환은 나노초(ns)에 이루어질 수 있다. 그리고 도전성 브리지(20)는 역전압에 의해 분리되기 전까지는 계속 존재하기 때문에, 나노-이온 메모리 소자는 비휘발성(nonvolatile)의 특성을 가질 수 있다. 즉, 나노-이온 메모리 소자는 일종의 저항 메모리(Resistive RAM : RRAM) 소자이다.

<60> 도 6 및 도 7은 본 발명의 실시예들에 따른 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 포함하는 나노-이온 메모리 소자들을 설명하기 위한 단면도들이다.

<61> 도 6을 참조하면, 나노-이온 메모리 소자는 기판(310), 하부 전극(312), 전해질층들(318) 및 상부 전극들(320)을 포함할 수 있다.

<62> 기판(310)은 실리콘(Si) 기판 등과 같은 범용의 기판일 수 있다. 기판(310) 상에 제공되는 하부 전극(312)은 화학적으로 비활성인 도전성 물질을 포함할 수 있다. 화학적으로 비활성인 도전성 물질은 백금(Pt), 알루미늄(Al), 금(Au), 티탄(Ti), 텅스텐(W), 바나듐(V), 니오븀(Nb), 탄탈(Ta), 크롬(Cr), 몰리브덴(Mo), 이들 금속의 질화물, 이들 금속의 실리사이드(silicide) 및 이들의 조합물 중에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다.

<63> 하부 전극(312) 상에 제공되는 전해질층들(318)은 은 도핑된 텔루라이드계 나노 입자 또는 나노 로드를 포함하는 고상의 전해질 물질을 포함할 수 있다. 고상의 전해질 물질은 그래시 절연 물질을 포함할 수 있다. 그래시 절연 물질은 SiO_2 , SiN , Si_3N_4 , $\alpha\text{-SiAlON}$, $\beta\text{-SiAlON}$, SiC , Al_2O_3 , AlN , BeO , MgO , TiO_2 , TiCN , ZrO_2 , $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ 및 MgAl_2O_4 중에서 선택된 하나를 포함할 수 있다. 은 도핑된 텔루라이드계 나노 입자 또는 나노 로드는 $\text{Ag}_8(\text{Sb,As})\text{Te}_2\text{S}_3$, $(\text{Au,Ag})_4\text{Cu}(\text{Te,Pb})$, $\text{AgCu}_7\text{Te}_{10}$, $\text{Ag}_8(\text{Sn,Ge})(\text{S,Te})_6$, Ag_4TeS , AgTe , $\text{Ag}_3\text{Cu}_4\text{Te}_4$, Ag_2Te , $(\text{Pd,Ag})_2\text{Te}$, $\text{Ag}_8\text{Fe}^{3+}\text{Te}_2\text{S}_4$, $(\text{Au,Ag})\text{Te}_2$, $\text{Ag}_3\text{HgPbSbTe}_5$, $(\text{Au,Ag})\text{Te}$, Ag_3AuTe_2 , $\text{Zn}_6\text{Cu}_3(\text{TeO}_6)_2(\text{OH})_6 \cdot \text{Ag}_x\text{Pb}_y\text{Cl}_{x+2y}$, $\text{Ag}_4\text{Pd}_3\text{Te}_4$, Ag_7Te_4 , $(\text{Au,Ag})_2\text{Te}_4$, $(\text{Pd,Ag})_3(\text{Te,Bi})$, $\text{Ag}_8(\text{Sn,Ge})(\text{S,Te})_6$, $\text{Ag}_9\text{SbTe}_3(\text{S,Se})_3$, $\text{Ag}_{16}\text{FeBiTe}_3\text{S}_8$, PdAgTe_4 및 AgBiTe_2 중에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다.

<64> 전해질층들(318)은 층간 절연막(314)에 포함된 개구부들(316) 내에 각각 제공될 수 있다. 전해질층들(318) 상에 각각 제공되는 상부 전극들(320)은 산화 가능한 도전성 물질을 포함할 수 있다. 산화 가능한 도전성 물질은 구리(Cu), 은, 스칸듐(Sc), 망간(Mn), 철(Fe), 코발트(Co), 니켈(Ni), 아연(Zn), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca) 및 바륨(Ba) 중에서 선택된 하나를 포함할 수 있다.

<65> 앞서 도 5a 및 도 5b에서 설명한 것과 같이, 상부 전극들(320)에 문턱 전압 이상의 양 전압을 가해주면, 상부 전극들(320)에서 석출되는 금속 이온들(+의 양이온)과 하부 전극(312)에서 제공되는 전자들(-의 음이온)이 전해질층들(318)에 포함된 은 도핑된 텔루라이드계 나노 입자 또는 나노 로드들에 달라붙어 금속 원자들을 형성할 수 있다. 이들 금속 원자들은 서로 이웃하면서 하나의 연결 띠인 클러스터를 형성할 수 있다. 이 클러스터는 하부 전극(312)과 상부 전극들(320)을 서로 전기적으로 연결하는 바이러스 크기의 필라멘트인 도전성 브리지를 형성할 수 있다. 이러한 도전성 브리지는 나노-이온 메모리 소자에 전류가 흐를 수 있는 통로인 채널을 제공할 수 있다. 하부 전극(312)에 문턱 전압 이상의 양 전압을 가해주면, 하부 전극(312)과 상부 전극들(320) 사이에 형성되었던 도전성 브리지가 분리될 수 있다.

<66> 이에 따라, 전해질층(318)은 저항이 높은 상태와 낮은 상태를 가질 수 있으며, 이러한 전해질층(318)의 저항 상

태들을 이용함으로써, 각각의 메모리 셀들은 저항 상태에 따라 '0' 또는/및 '1'의 데이터를 각각 저장할 수 있다.

- <67> 도 7을 참조하면, 나노-이온 메모리 소자는 기판(410), 제 1 전극(412), 제 2 전극(420a), 제 3 전극(420b), 층간 절연막(414), 및 이에 포함된 전해질층(418a) 및 도전성 비아(conductive via, 418b)를 포함할 수 있다.
- <68> 기판(410)은 실리콘 기판 등과 같은 범용의 기판일 수 있다. 기판(310) 상에 제공되는 제 1 전극(412)은 산화 가능한 도전성 물질을 포함할 수 있다. 화학적으로 비활성인 도전성 물질을 포함할 수 있다. 제 1 전극(412) 상에 제공되는 전해질층(418a)은 은 도핑된 텔루라이드계 나노 입자 또는 나노 로드를 포함하는 고상의 전해질 물질 및 도전성 물질을 포함할 수 있고, 도전성 비아(418b)는 도전성 금속 물질을 포함할 수 있다. 전해질층(418a) 및 도전성 비아(418b)는 서로 이격되어 층간 절연막(314)에 포함된 개구부(316) 및 비아 홀(via hole, 416b) 내에 각각 제공될 수 있다. 전해질층(418a) 및 도전성 비아(418b) 상에 각각 제공되는 제 2 전극(420a) 및 제 3 전극들(420b)은 화학적으로 비활성인 도전성 금속 물질을 포함할 수 있다. 도전성 비아(328b), 제 2 전극(420a) 및 제 3 전극(420b)은 동일한 물질로 형성될 수 있다.
- <69> 앞서 도 5a 및 도 5b에서 설명한 것과 유사하게, 제 1 전극(412)에 문턱 전압 이상의 양 전압을 가해주면, 제 1 전극(412)에서 석출되는 금속 이온들(+의 양이온)과 제 2 전극(420a)에서 제공되는 전자들(-의 음이온)가 전해질층(418a)에 포함된 은 도핑된 텔루라이드계 나노 입자 또는 나노 로드와 달라붙어 금속 원자들을 형성할 수 있다. 이들 금속 원자들은 서로 이웃하면서 하나의 연결 띠인 클러스터를 형성할 수 있다. 이 클러스터는 제 1 전극(412)과 제 2 전극(420a)을 서로 전기적으로 연결하는 바이러스 크기의 필라멘트인 도전성 브리지를 형성할 수 있다. 이러한 도전성 브리지는 제 2 전극(420a)과 제 3 전극(420b) 사이로 전류가 흐를 수 있는 하나의 통로인 채널을 제공할 수 있다. 제 1 전극(412)에 문턱 전압 이상의 양 전압을 가해주면, 제 1 전극(412)과 제 2 전극(420a) 사이에 형성되었던 도전성 브리지가 분리될 수 있다.
- <70> 이에 따라, 전해질층(418a)은 저항이 높은 상태와 낮은 상태를 가질 수 있으며, 이러한 전해질층(418a)의 저항 상태들을 이용함으로써, 나노-이온 메모리 소자는 전계 효과 트랜지스터와 유사한 동작을 할 수 있다. 이때, 제 1 전극(412)은 게이트 전극(gate electrode) 역할을 하고, 제 2 전극(420a) 및 제 3 전극(420b)은 각각 소오스(source) 영역 및 드레인(drain) 영역 역할을 할 수 있다.
- <71> 상기한 본 발명의 실시예에 따른 방법으로 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 범용의 기판 상에 용이하게 성장시킴으로써, 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 이용한 다양한 종류의 나노-이온 메모리 소자들이 제조될 수 있다.

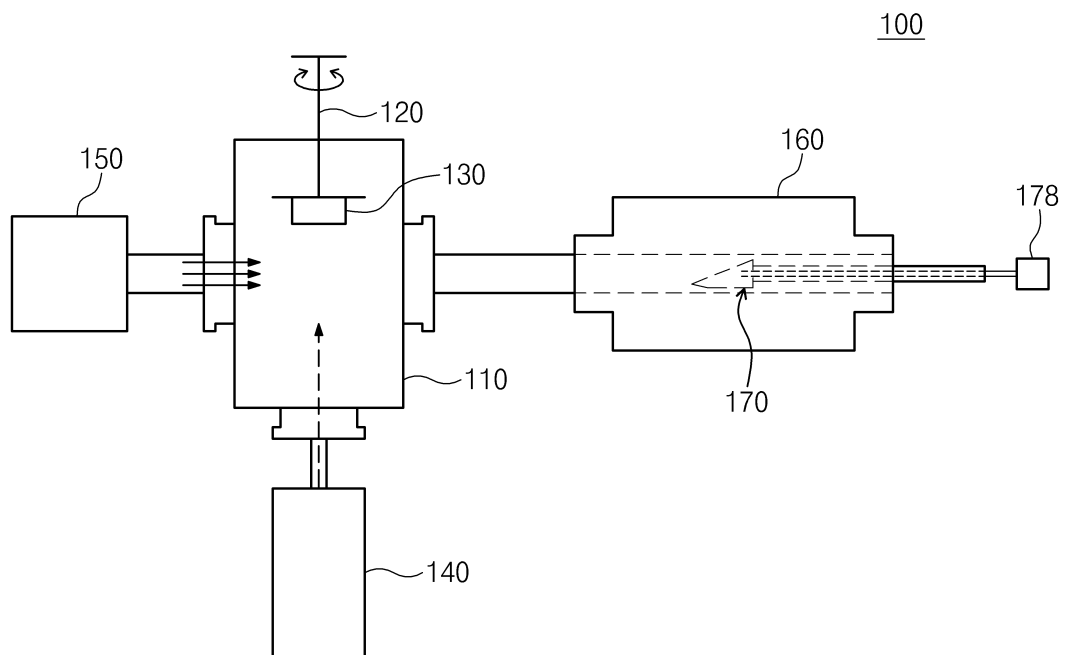
도면의 간단한 설명

- <72> 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질 제조 시스템을 설명하기 위한 개략도;
- <73> 도 2 및 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질 제조 시스템을 설명하기 위한 개략도 및 사시도;
- <74> 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질의 제조 방법을 설명하기 위한 공정 순서도;
- <75> 도 5a 및 도 5b는 나노-이온 메모리 소자의 동작 특성을 설명하기 위한 단면도들;
- <76> 도 6 및 도 7은 본 발명의 실시예들에 따른 은 도핑된 텔루라이드계 나노 물질을 포함하는 나노-이온 메모리 소자들을 설명하기 위한 단면도들.
- <77> *도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명*
- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| <78> 10, 312 : 하부 전극 | 12, 318, 418a : 전해질층 |
| <79> 14 : 초이온 영역 | 16, 320 : 상부 전극 |
| <80> 20 : 도전성 브리지 | 100, 200 : 나노 물질 제조 시스템 |
| <81> 110, 210 : 어블레이션 챔버 | 120, 220 : 타겟 장착부 |
| <82> 130, 230 : 텔루라이드계 벌크 타겟 | 140, 240 : 빔 발생부 |
| <83> 150, 250 : 캐리어 가스 공급부 | 160, 260 : 열처리부 |

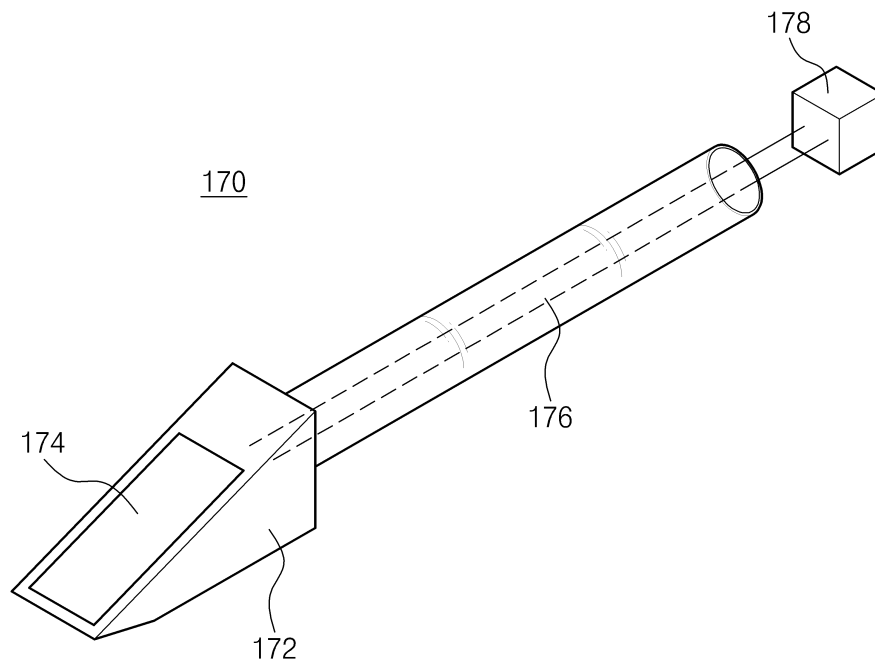
- | | | |
|------|---------------------|-------------------|
| <84> | 170, 270 : 기관 장착부 | 172 : 장착 헤드 |
| <85> | 174 : 기관 장착 면 | 176 : 장착 바디 |
| <86> | 178, 278 : 온도 감지 장치 | 280 : 반응 물질 공급부 |
| <87> | 310, 410 : 기관 | 314, 414 : 층간 절연막 |
| <88> | 316, 416a : 개구부 | 412 : 제 1 전극 |
| <89> | 416b : 비아 홀 | 418b : 도전성 비아 |
| <90> | 420a : 제 2 전극 | 420b : 제 3 전극 |

도면

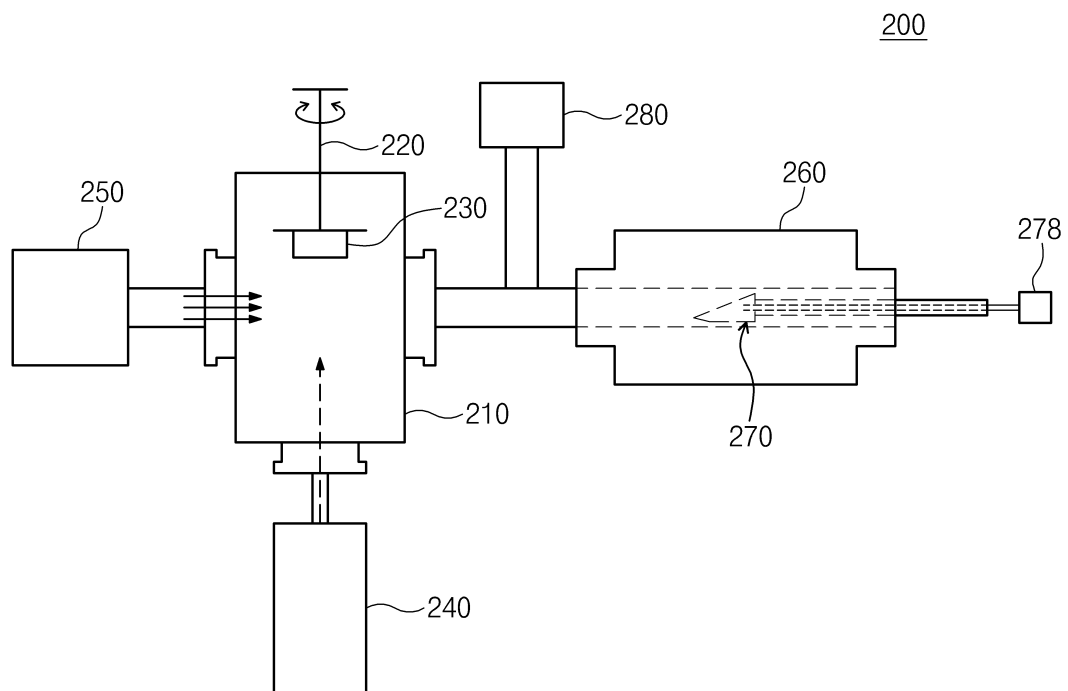
도면1



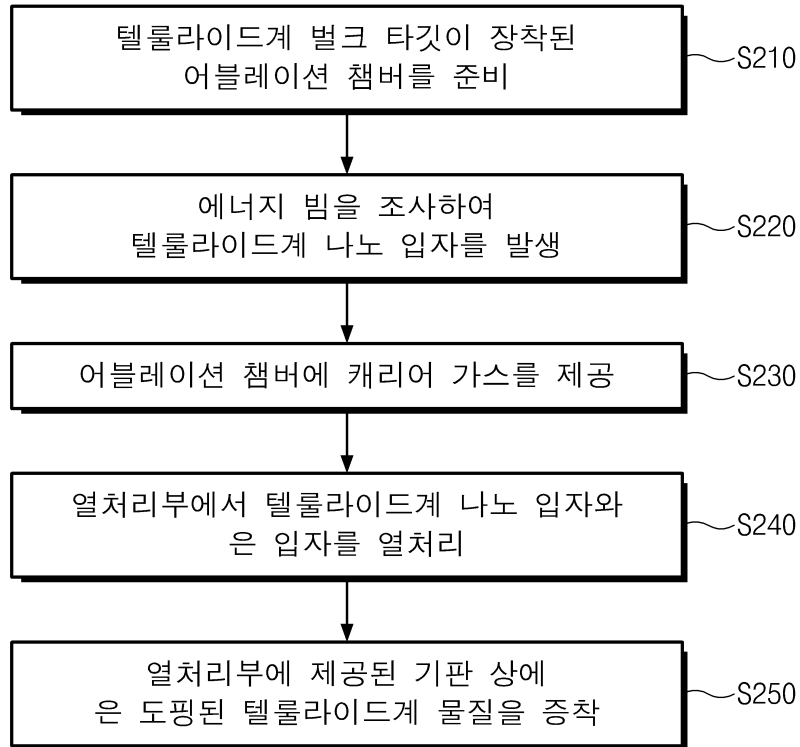
도면2



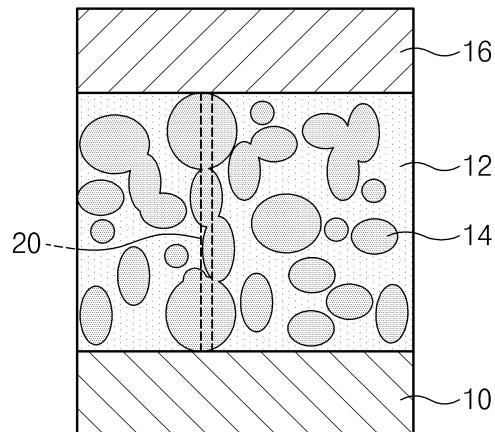
도면3



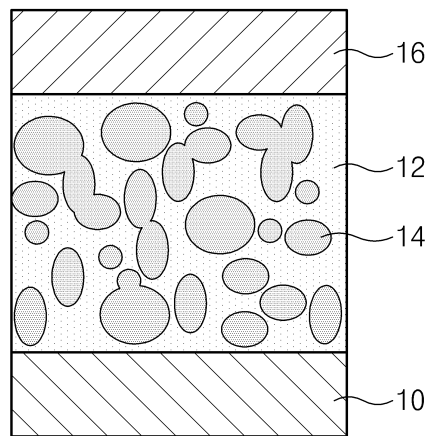
도면4



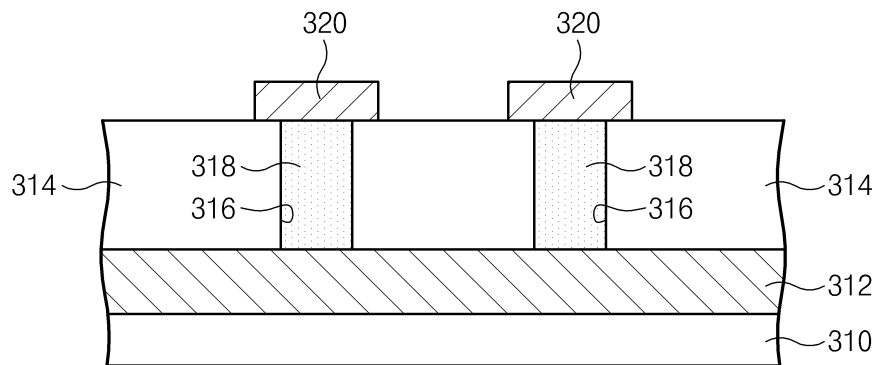
도면5a



도면5b



도면6



도면7

