



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0115723
(43) 공개일자 2014년10월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C30B 25/06 (2006.01) C30B 33/02 (2006.01)
C30B 29/46 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0030687
(22) 출원일자 2013년03월22일
심사청구일자 2013년03월22일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스내 (서천동, 경희대학교)
(72) 발명자
김선국
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1730 경희대 전자정보대 516호
이중수
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1730 경희대 전자정보대 427호
(74) 대리인
특허법인 대아

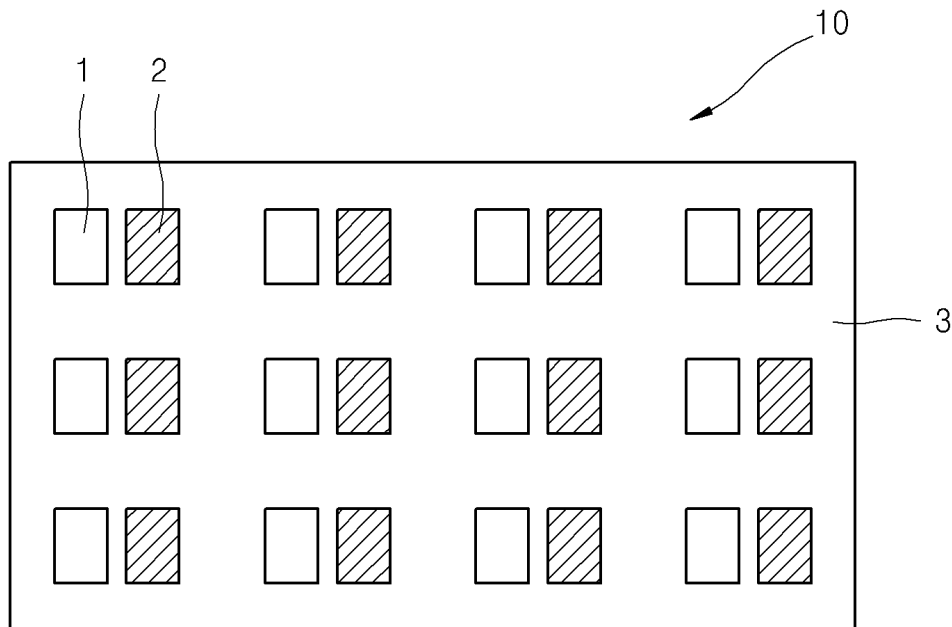
전체 청구항 수 : 총 36 항

(54) 발명의 명칭 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법, CMOS형 구조체의 제조 방법, 칼코겐 화합물의 막, 칼코겐 화합물의 막을 포함하는 전자 소자 및 CMOS형 구조체

(57) 요약

전이금속 원소 또는 5족 원소를 기판에 증착하여 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막을 형성하는 단계; 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막에 칼코겐 원소, 칼코겐 전구체 화합물, $M'X'_{2+8}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나를 기화 접촉시켜 상기 전이금속 원소 또는 5족 (뒷면에 계속)

대표도 - 도1



원소의 막 내로 상기 칼코겐 원소, 상기 칼코겐 전구체 화합물 또는 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물을 확산시키는 단계이고, M'는 전이금속 원소 또는 5족 원소이고, X'는 칼코겐 원소이고, $0 \leq \delta \leq 0.5$ 인 단계; 및 상기 결과적인 칼코겐 원소, 칼코겐 전구체 화합물 또는 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물이 확산되어 포함된 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막을 후열 처리하여 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물을 형성함으로써 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막을 형성하는 단계이고, M은 전이금속 원소 또는 5족 원소이고, X는 칼코겐 원소인 단계;를 포함하는 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법이 제공된다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2012R1A1A1042630

부처명 한국연구재단

연구관리전문기관 경희대학교 산학협력단

연구사업명 일반연구자지원사업(신진)

연구과제명 2D 나노 판상 트랜지스터 회로를 이용한 고효율 저전력 투명 유연 디스플레이 개발

기 여 율 1/1

주관기관 경희대학교(수원)

연구기간 2012.09.01 ~ 2015.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

전이금속 원소 또는 5족 원소를 기판에 증착하여 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막을 형성하는 단계;

상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막에 칼코겐 원소, 칼코겐 전구체 화합물, $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나를 기화 접촉시켜 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막 내로 상기 칼코겐 원소, 상기 칼코겐 전구체 화합물 또는 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물을 확산시키는 단계이고, M' 은 전이금속 원소 또는 5족 원소이고, X' 는 칼코겐 원소이고, $0 \leq \delta \leq 0.5$ 인 단계; 및

상기 결과적인 칼코겐 원소, 칼코겐 전구체 화합물 또는 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물이 확산되어 포함된 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막을 후열 처리하여 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물을 형성함으로써 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막을 형성하는 단계이고, M 은 전이금속 원소 또는 5족 원소이고, X 는 칼코겐 원소인 단계;

를 포함하는 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전이금속은 Cr, Mo, W, Sn 및 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택된 적어도 하나이고, 상기 5족 원소는 As, Sb, Bi 및 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택된 적어도 하나인

칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 칼코겐 원소는 각각 S, Se, Te 및 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택된 적어도 하나이고, 상기 칼코겐 전구체 화합물은 SO_2 , H_2S , H_2Se , SeO_2 , SeF_4 , TeO_3 , TeO_2 , TeF_4 및 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택된 적어도 하나인

칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막은 1 nm 내지 50 μm 의 두께로 상기 기판에 증착되는

칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막이 물리적 또는 화학적 기상합성법에 의해 증착되어 형성되는

칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 칼코겐 원소, 상기 칼코겐 전구체, 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물 및 이들의 조합에서 선택된 적어도 하나를 원료로 하여, 물리적 또는 화학적 기상합성법에 의해 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의

막 내로 기화된 상기 칼코겐 원소, 기화된 상기 칼코겐 전구체 화합물, 또는 기화된 상기 $M'X'_{2+6}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물을 확산시키는

칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막에 상기 칼코겐 원소, 상기 칼코겐 전구체 화합물 또는 상기 $M'X'_{2+6}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물을 기화 접촉시켜 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막 내로 확산시키는 단계는 100 내지 1500℃에서 수행되는

칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 칼코겐 원소, 상기 칼코겐 전구체, 상기 $M'X'_{2+6}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물 및 이들의 조합에서 선택된 적어도 하나를 원료로 하여, 화학기상증착법 (chemical vapor deposition, CVD), 열화학기상증착법 (thermal CVD), 플라즈마화학기상증착법 (plasma enhanced chemical vapor deposition, PECVD), 저압화학기상증착법 (low pressure chemical vapor deposition, LPCVD), 원자층 증착법 (atomic layer deposition, ALD), 펄스레이저증착법 (pulsed laser deposition, PLD), 스퍼터링법 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 방법에 의해 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막 내로 기화된 상기 칼코겐 원소, 기화된 상기 칼코겐 전구체 화합물 또는 기화된 상기 $M'X'_{2+6}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물을 확산시키는

칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

기화된 상기 칼코겐 원소, 기화된 상기 칼코겐 전구체 화합물 또는 기화된 상기 $M'X'_{2+6}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물이 캐리어 가스에 의해 이동되어 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막 내로 확산되는

칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 캐리어 가스는 요오드, 브롬 및 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택된 적어도 하나를 포함하는

칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법.

청구항 11

제6항에 있어서,

상기 원료는 캐리어 가스를 더 포함하는

칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법.

청구항 12

제1항에 있어서,

결과적인 칼코겐 원소, 전구체 화합물 또는 $M'X'_{2+6}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물이 확산되어 포함된 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막 중, 전이금속 원소 또는 5족 원소에 대한 칼코겐 원소의 원자비가 2를 초과하는

칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법.

청구항 13

제1항에 있어서,
상기 후열 처리시 과량의 칼코겐 원소와 전구체 화합물의 잔여물이 증발되는
칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법.

청구항 14

제1항에 있어서,
상기 후열 처리시 상기 캐리어 가스가 증발되는
칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법.

청구항 15

제1항에 있어서,
상기 후열 처리하여 형성되는 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막은 단층 또는 다층의 층상 구조의 결정
막인
칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법.

청구항 16

제1항에 있어서,
상기 후열 처리하여 형성된 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막은 단결정막 또는 다결정막인
칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법.

청구항 17

제1항에 있어서,
상기 후열 처리하여 형성된 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막의 두께가 1nm 내지 50 μ m인
칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법.

청구항 18

제1항에 있어서,
상기 후열 처리는 100 내지 1500 $^{\circ}$ C에서 수행되는
칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법.

청구항 19

제15항에 있어서,
상기 다층의 층상 구조의 결정막의 경우 각 층간은 반더발스 상호작용으로 결합된
칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법.

청구항 20

제1항에 있어서,
상기 기판은 유리 기판, Si 기판, 퀴즈(Quartz) 기판, 사파이어 기판 및 이들의 조합을 포함하는 군으로부터
선택된 적어도 하나를 포함하는
칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법.

청구항 21

제1항에 있어서,

상기 기판은 경성(rigid) 기판 또는 연성(flexible) 기판인

칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법.

청구항 22

n-타입의 제1 전이금속 원소 또는 제1의 5족 원소를 기판에 패터닝하여 증착하여 제1 전이금속 원소 또는 제1의 5족 원소의 패터닝된 막을 상기 기판 상 형성하는 단계;

p-타입의 제2 전이금속 원소 또는 제2의 5족 원소를 기판에 패터닝하여 증착하여 제2 전이금속 원소 또는 제2의 5족 원소의 패터닝된 막을 상기 기판 상 형성하는 단계;

상기 제1 전이금속 원소 또는 제1의 5족 원소의 패터닝된 막 및 상기 제2 전이금속 원소 또는 제2의 5족 원소의 패터닝된 막에 칼코겐 원소, 칼코겐 전구체 화합물, $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나를 기화 접촉시켜 상기 제1 전이금속 원소 또는 제1의 5족 원소의 패터닝된 막 및 상기 제2 전이금속 원소 또는 제2의 5족 원소의 패터닝된 막 내로 상기 칼코겐 원소, 상기 칼코겐 전구체 화합물 또는 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물을 확산시키는 단계이고, M'는 전이금속 원소 또는 5족 원소이고, X'는 칼코겐 원소이고, $0 \leq \delta \leq 0.5$ 인 단계; 및

상기 결과적인 칼코겐 원소 칼코겐 전구체 화합물 또는 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물이 확산되어 포함된 패터닝된 막을 후열 처리하여 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물을 형성함으로써 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 패터닝된 막을 형성하여 NMOS(N channel metal oxide semiconductor) 및 PMOS(P channel metal oxide semiconductor)를 포함한 CMOS(complementary metal oxide semiconductor)형 구조체를 얻는 단계이고, M은 전이금속 원소 또는 5족 원소이고, X는 칼코겐 원소인 단계;

를 포함하는 CMOS형 구조체의 제조 방법.

청구항 23

제22항에 있어서,

상기 칼코겐 원소, 상기 칼코겐 전구체, 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물 및 이들의 조합에서 선택된 적어도 하나를 원료로 하여, 물리적 또는 화학적 기상합성법에 의해 상기 패터닝된 막 내로 기화된 상기 칼코겐 원소, 기화된 상기 칼코겐 전구체 화합물, 또는 기화된 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물을 확산시키는

CMOS형 구조체의 제조 방법.

청구항 24

제22항에 있어서,

상기 칼코겐 원소, 상기 칼코겐 전구체, 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물 및 이들의 조합에서 선택된 적어도 하나를 원료로 하여, 화학기상증착법 (chemical vapor deposition, CVD), 열화학기상증착법 (thermal CVD), 플라즈마화학기상증착법 (plasma enhanced chemical vapor deposition, PECVD), 저압화학기상증착법 (low pressure chemical vapor deposition, LPCVD), 원자층 증착법 (atomic layer deposition, ALD), 펄스레이저증착법 (pulsed laser deposition, PLD), 스퍼터링법 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 방법에 의해 상기 패터닝된 막 내로 기화된 상기 칼코겐 원소, 기화된 상기 칼코겐 전구체 화합물 또는 기화된 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물을 확산시키는

CMOS형 구조체의 제조 방법.

청구항 25

제22항에 있어서,

상기 패턴화된 막 내로 확산되는 기화된 상기 칼코겐 원소, 기화된 상기 칼코겐 전구체 화합물, 또는 기화된 상기 $M'X'_{2+6}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물이 캐리어 가스에 의해 이동되어 상기 막으로 확산되는

CMOS형 구조체의 제조 방법.

청구항 26

제23항 또는 제24항에 있어서,

상기 원료는 캐리어 가스를 더 포함하는

CMOS형 구조체의 제조 방법.

청구항 27

제26항에 있어서,

상기 캐리어 가스는 요오드(I), 브롬(Br) 및 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택된 적어도 하나를 포함하는

CMOS형 구조체의 제조 방법.

청구항 28

제22항에 있어서,

상기 결과적인 칼코겐 원소, 전구체 화합물 또는 $M'X'_{2+6}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물이 확산되어 포함된 상기 패턴화된 막 중, 총 전이금속 원소 또는 5족 원소에 대한 칼코겐 원소의 원자비가 2를 초과하는

CMOS형 구조체의 제조 방법.

청구항 29

제22항에 있어서,

상기 기판은 유리 기판, Si 기판, 퀴즈(Quartz) 기판, 사파이어 기판 및 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택된 적어도 하나인

CMOS형 구조체의 제조 방법.

청구항 30

제21항에 있어서,

상기 기판은 경성 기판 또는 연성 기판인

CMOS형 구조체의 제조 방법.

청구항 31

제1항 내지 제21항 중 어느 한 항에 따른 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법에 의해 제조된 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막이고, M은 전이금속 원소 또는 5족 원소이고, X는 칼코겐 원소인 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막.

청구항 32

제31항에 있어서,

상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물이 MoS_2 , $MoSe_2$, WSe_2 , $MoTe_2$, $SnSe_2$ 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나를 포함하는

MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막.

청구항 33

제1항 내지 제21항 중 어느 한 항에 따른 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법에 의해 제조된 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막을 포함하고, M은 전이금속 원소 또는 5족 원소이고, X는 칼코겐 원소인 전자 소자.

청구항 34

제34항에 있어서,
상기 전자 소자는 트랜지스터 또는 다이오드인 전자 소자.

청구항 35

제22항 내지 제30항 중 어느 한 항에 따른 CMOS형 구조체의 제조 방법에 따라 제조된 CMOS형 구조체.

청구항 36

제35항에 있어서,
상기 CMOS형 구조체는 인버터(invertor), 논리소자, 메모리, 디스플레이, 백플레인(backplane), RF, AC 또는 DC의 용도로 사용되는 CMOS형 구조체.

명세서

기술 분야

[0001] 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법, CMOS형 구조체의 제조 방법, MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물 (M은 전이금속 원소 또는 5족 원소이고, X는 칼코겐 원소임)의 막, 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막을 포함하는 전자 소자 및 CMOS형 구조체에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전이금속 칼코겐 화합물과 같은 칼코겐 화합물은 공통된 결정구조로 이루어짐과 동시에 전기적, 자기적 및 광학적으로 큰 이방성을 갖고 각종의 특이한 물성을 나타내는 것으로 종래부터 그 물성의 해명과 응용에 대한 관심이 있어 왔다.

[0003] 이러한 칼코겐 화합물을 대면적으로 성장시켜 대면적 기판 상의 반도체적 특성을 갖는 2차원 판상 구조의 칼코겐 화합물을 성장할 필요성이 대두되고 있으나, 현재까지 알려진 방법으로서 액상 공정에 의할 경우 낮은 이동도를 갖는 한계가 있고, 전구체 화합물을 화학적으로 증발시켜 칼코겐 화합물을 증착시키는 화학기상증착법에 의할 경우 느린 성장의 문제점이 있고 또한 균일한 막을 얻기에는 한계가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 일 구현예는 빠른 성장 속도를 가지는 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법을 제공한다.

[0005] 본 발명의 다른 구현예는 상기 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법을 응용한 CMOS형 구조체의 제조 방법을 제공한다.

[0006] 본 발명의 또 다른 구현예는 고연성, 고이동도를 갖는 균질한 막질의 칼코겐 화합물의 막을 제공한다.

[0007] 본 발명의 또 다른 구현예는 상기 칼코겐 화합물의 막을 포함하는 전자 소자를 제공한다.

[0008] 본 발명의 또 다른 구현예는 상기 CMOS형 구조체의 제조 방법에 의해 제조된 CMOS형 구조체를 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명의 일 구현예에서, 전이금속 원소 또는 5족 원소를 기판에 증착하여 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막을 형성하는 단계;
- [0010] 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막에 칼코겐 원소, 칼코겐 전구체 화합물, $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나를 기화 접촉시켜 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막 내로 상기 칼코겐 원소, 상기 칼코겐 전구체 화합물 또는 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물을 확산시키는 단계이고, M' 은 전이금속 원소 또는 5족 원소이고, X' 는 칼코겐 원소이고, $0 \leq \delta \leq 0.5$ 인 단계; 및
- [0011] 상기 결과적인 칼코겐 원소, 칼코겐 전구체 화합물 또는 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물이 확산되어 포함된 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막을 후열 처리하여 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물을 형성함으로써 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막을 형성하는 단계이고, M 은 전이금속 원소 또는 5족 원소이고, X 는 칼코겐 원소인 단계;
- [0012] 를 포함하는 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법을 제공한다.
- [0013] 상기 전이금속은 Cr, Mo, W, Sn 및 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택된 적어도 하나이고, 상기 5족 원소는 As, Sb, Bi 및 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택된 적어도 하나일 수 있다.
- [0014] 상기 칼코겐 원소는 각각 S, Se, Te 및 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택된 적어도 하나이고, 상기 칼코겐 전구체 화합물은 SO_2 , H_2S , H_2Se , SeO_2 , SeF_4 , TeO_3 , TeO_2 , TeF_4 및 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택된 적어도 하나일 수 있다.
- [0015] 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막은 약 1 nm 내지 약 50 μm 의 두께로 상기 기판에 증착될 수 있다.
- [0016] 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막이 물리적 또는 화학적 기상합성법에 의해 증착되어 형성될 수 있다.
- [0017] 상기 칼코겐 원소, 상기 칼코겐 전구체, 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물 및 이들의 조합에서 선택된 적어도 하나를 원료로 하여, 물리적 또는 화학적 기상합성법에 의해 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막 내로 기화된 상기 칼코겐 원소, 기화된 상기 칼코겐 전구체 화합물, 또는 기화된 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물을 확산시킬 수 있다.
- [0018] 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막에 상기 칼코겐 원소, 상기 칼코겐 전구체 화합물 또는 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물을 기화 접촉시켜 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막 내로 확산시키는 단계는 약 100 내지 약 1500°C에서 수행될 수 있다.
- [0019] 상기 칼코겐 원소, 상기 칼코겐 전구체, 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물 및 이들의 조합에서 선택된 적어도 하나를 원료로 하여, 화학기상증착법 (chemical vapor deposition, CVD), 열화학기상증착법 (thermal CVD), 플라즈마화학기상증착법 (plasma enhanced chemical vapor deposition, PECVD), 저압화학기상증착법 (low pressure chemical vapor deposition, LPCVD), 원자층 증착법 (atomic layer deposition, ALD), 펄스레이저증착법 (pulsed laser deposition, PLD), 스퍼터링법 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 방법에 의해 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막 내로 기화된 상기 칼코겐 원소, 기화된 상기 칼코겐 전구체 화합물 또는 기화된 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물을 확산시킬 수 있다.
- [0020] 기화된 상기 칼코겐 원소, 기화된 상기 칼코겐 전구체 화합물 또는 기화된 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물이 캐리어 가스에 의해 이동되어 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막 내로 확산될 수 있다.
- [0021] 상기 캐리어 가스는 요오드, 브롬 및 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0022] 상기 원료는 캐리어 가스를 더 포함할 수 있다.
- [0023] 결과적인 칼코겐 원소, 전구체 화합물 또는 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물이 확산되어 포함된 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막 중, 전이금속 원소 또는 5족 원소에 대한 칼코겐 원소의 원자비가 2를 초과할 수 있다.

- [0024] 상기 후열 처리시 과량의 칼코겐 원소와 전구체 화합물의 잔여물이 증발될 수 있다.
- [0025] 상기 후열 처리시 상기 캐리어 가스가 증발될 수 있다.
- [0026] 상기 후열 처리하여 형성되는 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막은 단층 또는 다층의 층상 구조의 결정막일 수 있다.
- [0027] 상기 후열 처리하여 형성된 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막은 단결정막 또는 다결정막일 수 있다.
- [0028] 상기 후열 처리하여 형성된 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막의 두께가 약 1nm 내지 약 $50\mu m$ 일 수 있다.
- [0029] 상기 후열 처리는 약 100 내지 약 $1500^{\circ}C$ 에서 수행될 수 있다.
- [0030] 상기 다층의 층상 구조의 결정막의 경우 각 층간은 반데르발스 상호작용으로 결합될 수 있다.
- [0031] 상기 기판은 유리 기판, Si 기판, 퀴즈(Quartz) 기판, 사파이어 기판 및 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0032] 상기 기판은 경성(rigid) 기판 또는 연성(flexible) 기판일 수 있다.
- [0033] 본 발명의 다른 구현예에서,
- [0034] n-타입의 제1 전이금속 원소 또는 제1의 5족 원소를 기판에 패터닝하여 증착하여 제1 전이금속 원소 또는 제1의 5족 원소의 패터닝된 막을 상기 기판 상 형성하는 단계;
- [0035] p-타입의 제2 전이금속 원소 또는 제2의 5족 원소를 기판에 패터닝하여 증착하여 제2 전이금속 원소 또는 제1의 5족 원소의 패터닝된 막을 상기 기판 상 형성하는 단계;
- [0036] 상기 제1 전이금속 원소 또는 제1의 5족 원소의 패터닝된 막 및 상기 제2 전이금속 원소 또는 제2의 5족 원소의 패터닝된 막에 칼코겐 원소, 칼코겐 전구체 화합물, $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나를 기화 접촉시켜 상기 제1 전이금속 원소 또는 제1의 5족 원소의 패터닝된 막 및 상기 제2 전이금속 원소 또는 제2의 5족 원소의 패터닝된 막 내로 상기 칼코겐 원소, 상기 칼코겐 전구체 화합물 또는 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물을 확산시키는 단계이고, M'는 전이금속 원소 또는 5족 원소이고, X'는 칼코겐 원소이고, $0 \leq \delta \leq 0.5$ 인 단계; 및
- [0037] 상기 결과적인 칼코겐 원소 칼코겐 전구체 화합물 또는 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물이 확산되어 포함된 패터닝된 막을 후열 처리하여 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물을 형성함으로써 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 패터닝된 막을 형성하여 NMOS(N channel metal oxide semiconductor) 및 PMOS(P channel metal oxide semiconductor)를 포함한 CMOS(complementary metal oxide semiconductor)형 구조체를 얻는 단계이고, M은 전이금속 원소 또는 5족 원소이고, X는 칼코겐 원소인 단계;
- [0038] 를 포함하는 CMOS형 구조체의 제조 방법을 제공한다.
- [0039] 상기 칼코겐 원소, 상기 칼코겐 전구체, 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물 및 이들의 조합에서 선택된 적어도 하나를 원료로 하여, 물리적 또는 화학적 기상합성법에 의해 상기 패터닝된 막 내로 기화된 상기 칼코겐 원소, 기화된 상기 칼코겐 전구체 화합물, 또는 기화된 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물을 확산시킬 수 있다.
- [0040] 상기 칼코겐 원소, 상기 칼코겐 전구체, 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물 및 이들의 조합에서 선택된 적어도 하나를 원료로 하여, 화학기상증착법 (chemical vapor deposition, CVD), 열화학기상증착법 (thermal CVD), 플라즈마화학기상증착법 (plasma enhanced chemical vapor deposition, PECVD), 저압화학기상증착법 (low pressure chemical vapor deposition, LPCVD), 원자층 증착법 (atomic layer deposition, ALD), 펄스레이저증착법 (pulsed laser deposition, PLD), 스퍼터링법 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 방법에 의해 상기 패터닝된 막 내로 기화된 상기 칼코겐 원소, 기화된 상기 칼코겐 전구체 화합물 또는 기화된 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물을 확산시킬 수 있다.
- [0041] 상기 패터닝된 막 내로 확산되는 기화된 상기 칼코겐 원소, 기화된 상기 칼코겐 전구체 화합물, 또는 기화된

상기 $M'X'_{2+6}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물이 캐리어 가스에 의해 이동되어 상기 막으로 확산될 수 있다.

- [0042] 상기 원료는 캐리어 가스를 더 포함할 수 있다.
- [0043] 상기 캐리어 가스는 요오드(I), 브롬(Br) 및 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0044] 상기 결과적인 칼코겐 원소, 전구체 화합물 또는 $M'X'_{2+6}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물이 확산되어 포함된 상기 패터화된 막 중, 총 전이금속 원소 또는 5족 원소에 대한 칼코겐 원소의 원자비가 2를 초과할 수 있다.
- [0045] 상기 기판은 유리 기판, Si 기판, 퀴츠(Quartz) 기판, 사파이어 기판 및 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택된 적어도 하나일 수 있다.
- [0046] 상기 기판은 경성 기판 또는 연성 기판일 수 있다.
- [0047] 본 발명의 또 다른 구현예에서, 상기 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법에 의해 제조된 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막이고, M은 전이금속 원소 또는 5족 원소이고, X는 칼코겐 원소인 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막이 제공된다.
- [0048] 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물이 MoS_2 , $MoSe_2$, WSe_2 , $MoTe_2$, $SnSe_2$ 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0049] 본 발명의 또 다른 구현예에서, 상기 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법에 의해 제조된 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막을 포함하고, M은 전이금속 원소 또는 5족 원소이고, X는 칼코겐 원소인 전자 소자가 제공된다.
- [0050] 상기 전자 소자는 트랜지스터 또는 다이오드일 수 있다.
- [0051] 본 발명의 또 다른 구현예에서, 상기 CMOS형 구조체의 제조 방법에 따라 제조된 CMOS형 구조체가 제공된다.
- [0052] 상기 CMOS형 구조체는 인버터(invertor), 논리소자, 메모리, 디스플레이, 백플레인(backplane), RF, AC 또는 DC의 용도로 사용될 수 있다.

발명의 효과

- [0053] 상기 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법에 의하여 빠른 성장 속도로서 2차원 대면적으로 형성된 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물 (M은 전이금속 원소 또는 5족 원소이고, X는 칼코겐 원소임)의 막을 형성할 수 있고, 칼코겐 화합물의 막은 고유연성 및 고이동도를 나타낼 수 있으며, 차세대 박막 반도체 물질로서 유용하게 적용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0054] 도 1은 본 발명의 일 구현예에 따른 CMOS형 구조체를 제조하는 방법에 따라 제조된 CMOS형 구조체를 도시한 평면도이다.
- 도 2는 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물 (M은 전이금속 원소 또는 5족 원소이고, X는 칼코겐 원소임)의 다층의 결정 구조의 모식도이다.
- 도 3은 실시예 1-2에서 제조된 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물 (M은 전이금속 원소 또는 5족 원소이고, X는 칼코겐 원소임)의 막과 비교예 1-4의 막의 $MoSe_2$ 를 측정된 결과를 나타낸 그래프이다.
- 도 4는 실시예 1-2에서 제조된 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물 (M은 전이금속 원소 또는 5족 원소이고, X는 칼코겐 원소임)의 막과 비교예 1-4의 막의 $MoSe_2$ 를 측정된 결과를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0055] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.

- [0056] 본 발명의 일 구현예에서, 전이금속 원소 또는 5족 원소를 기판에 증착하여 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막을 형성하는 단계; 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막에 칼코겐 원소, 칼코겐 전구체 화합물, $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물 및 이들의 조합으로 이루어진 균으로부터 선택된 적어도 하나를 기화 접촉시켜 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막 내로 상기 칼코겐 원소, 상기 칼코겐 전구체 화합물 또는 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물을 확산시키는 단계; 및 상기 결과적인 칼코겐 원소, 칼코겐 전구체 화합물 또는 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물이 확산되어 포함된 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막을 후열 처리하여 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물을 형성함으로써 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막을 형성하는 단계이고, M은 전이금속 원소 또는 5족 원소이고, X는 칼코겐 원소인 단계;를 포함하는 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법을 제공하고, 상기에서, M 및 M'은 전이금속 원소 또는 5족 원소이고, X 및 X'는 칼코겐 원소이고, $0 \leq \delta \leq 0.5$ 이다.
- [0057] 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물은 2차원의 나노판상 구조를 형성하는 물질로서 고유연성 및 고이동도를 갖는 차세대 박막 반도체 물질로서 유용하게 적용될 수 있다.
- [0058] 도 2는 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 다층의 결정 구조의 모식도로서, 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물은 도 2에서 도시된 바와 같이 M 원소와 X 원소가 2차원으로 공유결합을 형성하는 단층 결정을 형성할 수 있고, 이러한 단층이 수직적으로 쌓여 각 층간 반더발스(van der Waals) 상호작용으로 결합하여 다층을 형성할 수 있다. 다층 형성 시 층간 두께(d)는, 예를 들어 MoS_2 인 경우 6.5Å 정도이다.
- [0059] 상기 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법에 의해 얻은 박막은 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 단층 구조 또는 다층 구조의 층상 구조의 막일 수 있다.
- [0060] 상기 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법에 의해서 대면적의 박막 형상으로 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물을 성장시킨 대면적의 박막을 얻을 수 있어, 이러한 칼코겐 화합물의 박막을 유용하게 박막 반도체 물질로서 사용할 수 있다.
- [0061] 상기 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법에 의해 얻어진 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 박막은 균일하면서 고이동도 및 높은 결정성을 갖는 막질을 제조하면서도, 그 성장 속도가 빠르다는 장점이 있다.
- [0062] 상기 칼코겐 원소와 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 로 표시되는 칼코겐 화합물은 예를 들어 분말과 같은 고체 원료로 사용될 수 있고, 상기 칼코겐 전구체 화합물은 기체 상태로 사용될 수 있다.
- [0063] 구체적으로, 상기 전이금속은 Cr, Mo, W, Sn 및 이들의 조합을 포함하는 균으로부터 선택된 적어도 하나일 수 있다.
- [0064] 구체적으로, 상기 5족 원소는 As, Sb, Bi 및 이들의 조합을 포함하는 균으로부터 선택된 적어도 하나일 수 있다.
- [0065] 구체적으로, 상기 칼코겐 원소는 각각 S, Se, Te 및 이들의 조합을 포함하는 균으로부터 선택된 적어도 하나일 수 있다.
- [0066] 구체적으로, 상기 칼코겐 전구체 화합물은 SO_2 , H_2S 등과 같은 황 함유 가스, H_2Se , SeO_2 , SeF_4 등과 같은 셀레늄 함유 가스, TeO_3 , TeO_2 , TeF_4 등과 같은 텔루륨 함유 가스 등 또는 이들의 조합을 사용할 수 있다.
- [0067] 구체적으로, 상기 MX_2 및 $M'X'_{2+\delta}$ 로 표시되는 칼코겐 화합물은 MoS_2 , WS_2 , $MoSe_2$, WSe_2 , $MoTe_2$, $SnSe_2$ 및 이들의 조합으로 이루어진 균으로부터 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0068] 상기 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법에서 먼저 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막을 기판 상에 증착하고, 이때, 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막은 약 1nm 에서 약 50 μm 의 두께일 수 있다. 상기 두께의 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막을 형성하여, 이후 기화된 칼코겐 원소, 기화된 칼코겐 전구체 화합물, $M'X'_{2+\delta}$ 로 표시되는 칼코겐 화합물이 적절한 함량으로 막 내에 균일하게 확산되게 할 수 있다.
- [0069] 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막은 공지된 방법, 예를 들어 물리적 또는 화학적 기상합성법에 의해 제한 없이 증착될 수 있고, 구체적으로, 화학기상증착법 (chemical vapor deposition, CVD), 열화학기상증착법

(thermal CVD), 플라즈마화학기상증착법 (plasma enhanced chemical vapor deposition, PECVD), 저압화학기상증착법 (low pressure chemical vapor deposition, LPCVD), 원자층 증착법 (atomic layer deposition, ALD), 펄스레이저증착법 (pulsed laser deposition, PLD), 스퍼터링법 등의 방법에 의해 증착될 수 있다.

- [0070] 이어서, 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막 내로 기화된 칼코겐 원소, 기화된 칼코겐 전구체 화합물, 기화된 $M'X'_{2+6}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물을 확산시킨다.
- [0071] 일 구현예에서, 칼코겐 원소, 칼코겐 전구체 화합물 또는 칼코겐 화합물을 원료로 하여 물리적 또는 화학적 기상합성법에 의해 상기 칼코겐 원소, 상기 칼코겐 전구체, 상기 $M'X'_{2+6}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나를 원료로 하여 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막 내로 확산시킬 수 있다.
- [0072] 구체적으로, 기화된 칼코겐 원소, 기화된 칼코겐 전구체, 기화된 $M'X'_{2+6}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물의 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막 내로의 확산은 공지된 화학기상증착법 (chemical vapor deposition, CVD), 열화학기상증착법 (thermal CVD), 플라즈마화학기상증착법 (plasma enhanced chemical vapor deposition, PECVD), 저압화학기상증착법 (low pressure chemical vapor deposition, LPCVD), 원자층 증착법 (atomic layer deposition, ALD), 펄스레이저증착법 (pulsed laser deposition, PLD), 스퍼터링법 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 방법에 의해 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막 내로 확산시킬 수 있다.
- [0073] 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막에 상기 칼코겐 원소, 상기 칼코겐 전구체, 상기 $M'X'_{2+6}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물을 기화 접촉시켜 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막 내로 확산시키는 단계는, 예를 들어 약 100℃ 내지 약 1500℃의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0074] 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막 내로 확산되는 상기 기화된 칼코겐 원소, 상기 기화된 칼코겐 전구체, 상기 기화된 $M'X'_{2+6}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물이 캐리어 가스에 의해 이동되어 상기 막으로 확산될 수 있다.
- [0075] 상기 화학기상증착법 (CVD) 및 변형된 화학기상증착법에 의하는 경우, 상기 칼코겐 원소 또는 칼코겐 화합물의 원료와 캐리어 가스를 혼합하여 사용할 수 있다.
- [0076] 상기 캐리어 가스는 요오드(I), 브롬(Br) 등 및 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0077] 상기 칼코겐 원소, 상기 칼코겐 전구체 화합물, 상기 $M'X'_{2+6}$ 으로 표시되는 상기 기화된 칼코겐 화합물 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나를 포함하는 원료의 사용량은 상기 결과적인, 칼코겐 원소 또는 칼코겐 화합물이 확산되어 포함된 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막 중, 전이금속 원소 또는 5족 원소에 대한 칼코겐 원소의 원자비가 2를 초과하는 정량비로 사용될 수 있다.
- [0078] 칼코겐 원소, 전구체 화합물 또는 $M'X'_{2+6}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물이 확산되어 포함된 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막을 후열 처리하면 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물이 형성되고, 이때 전술한 바와 같이 전이금속 원소 또는 5족 원소에 대한 칼코겐 원소의 원자비가 2를 초과하기 때문에 그만큼의 과량의 칼코겐 원소와 칼코겐 전구체 화합물의 잔여물이 열에 의해 증발된다.
- [0079] 상기 후열 처리시 상기 캐리어 가스도 함께 증발된다.
- [0080] 상기 후열 처리는 약 100 내지 약 1500℃에서 수행될 수 있다.
- [0081] 상기 후열 처리하여 형성되는 그 온도에 따라서 단결정성, 다결정성, 또는 비정질의 칼코겐 화합물의 막을 형성할 수 있다.
- [0082] 일 구현예에서, 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막은 단층 또는 다층의 층상 구조의 결정막을 형성할 수 있다.
- [0083] 다른 구현예에서, 상기 후열 처리하여 형성된 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막은 단결정막 또는 다결정막일 수 있다.
- [0084] 상기 후열 처리하여 형성된 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막의 두께가 약 1nm 내지 약 50 μ m일 수 있

다.

- [0085] 상기 전이금속 원소 또는 5족 원소의 막이 형성되는 기판은 유리, 무기재료 기판 (Si, 퀴즈(Quartz), 사파이어 등등) 및 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0086] 상기 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법에서, 상기 기판은 경성(rigid) 기판 또는 연성(flexible) 기판이 제한없이 사용될 수 있다.
- [0087] 본 발명의 다른 구현예에서, n-타입의 제1 전이금속 원소 또는 제1의 5족 원소를 기판에 패터화하여 증착하여 제1 전이금속 원소 또는 제1의 5족 원소의 패터화된 막을 상기 기판 상 형성하는 단계; p-타입의 제2 전이금속 원소 또는 제2의 5족 원소를 기판에 패터화하여 증착하여 제2 전이금속 원소 또는 제1의 5족 원소의 패터화된 막을 상기 기판 상 형성하는 단계; 상기 제1 전이금속 원소 또는 제1의 5족 원소의 패터화된 막 및 상기 제2 전이금속 원소 또는 제2의 5족 원소의 패터화된 막에 칼코겐 원소, 칼코겐 전구체 화합물, $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나를 기화 접촉시켜 상기 제1 전이금속 원소 또는 제1의 5족 원소의 패터화된 막 및 상기 제2 전이금속 원소 또는 제2의 5족 원소의 패터화된 막 내로 상기 칼코겐 원소, 상기 칼코겐 전구체 화합물 또는 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물을 확산시키는 단계; 및 상기 결과적인 칼코겐 원소 칼코겐 전구체 화합물 또는 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물이 확산되어 포함된 패터화된 막을 후열 처리하여 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물을 형성함으로써 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 패터화된 막을 형성하여 NMOS(N channel metal oxide semiconductor) 및 PMOS(P channel metal oxide semiconductor)를 포함한 CMOS(complementary metal oxide semiconductor)형 구조체를 얻는 단계;를 포함하는 CMOS형 구조체의 제조 방법을 제공하고, 상기에서, M 및 M'은 전이금속 원소 또는 5족 원소이고, X 및 X'는 칼코겐 원소이고, $0 \leq \delta \leq 0.5$ 이다.
- [0088] 상기 CMOS형 구조체의 제조 방법은 상기 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법을 사용하여 칼코겐 화합물의 이용한 CMOS형 구조체를 제조하는 방법이다.
- [0089] 도 1은 상기 CMOS형 구조체를 제조하는 방법에 따라 제조된 CMOS형 구조체의 일례를 도시한 평면도이다.
- [0090] 도 1에서 나타난 바와 같이 먼저 패터화된 NMOS(1) 및 PMOS(2)를 포함하는 CMOS를 구현하기 위하여, NMOS(1)의 패터에 따라 상기 n-타입의 제1 전이금속 원소 또는 제1의 5족 원소를, PMOS(2)의 패터에 따라 p-타입의 제2 전이금속 원소 또는 제2의 5족 원소를 각각 기판에 패터화하여 패터화된 증착막을 형성한다.
- [0091] 도 1은 예시적인 NMOS(1) 및 PMOS(2)의 패터의 형상을 나타내고, 각 NMOS(1) 및 PMOS(2)의 패터의 형상은 제조하고자 하는 CMOS형 구조체에 따라 제한 없이 형성될 수 있다.
- [0092] 각각의 n-타입의 제1 전이금속 원소 또는 제1의 5족 원소 및 p-타입의 제2 전이금속 원소 또는 제2의 5족 원소의 패터화된 증착막이 형성된 기판 상으로, 전술한 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법에서와 동일한 방법으로 칼코겐 원소 또는 칼코겐 화합물을 기화 접촉시키면, 상기 패터화된 막 (1, 2) 내로 상기 칼코겐 원소, 칼코겐 전구체 화합물 또는 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물이 확산된다.
- [0093] 상기 제1 또는 제2 전이금속 원소 및 상기 제1의 또는 제2의 5족 원소에 관한 상세한 설명은 전술한 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법에서 설명한 각각 전이금속 원소 및 5족 원소와 동일하다.
- [0094] 상기 칼코겐 원소 또는 칼코겐 화합물을 확산하는 방법에 관한 상세한 설명은 전술한 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법에서와 동일하다. 즉, 상기 칼코겐 원소, 상기 칼코겐 전구체, 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물 및 이들의 조합에서 선택된 적어도 하나를 원료로 하여, 물리적 또는 화학적 기상합성법에 의해 상기 제1 또는 제2 전이금속 원소 또는 상기 제1의 또는 제2의 5족 원소의 패터화된 막 (1, 2) 내로 확산시킬 수 있다.
- [0095] 구체적으로, 칼코겐 원소 또는 칼코겐 화합물을 원료로 하고, 화학기상증착법 (chemical vapor deposition, CVD), 열화학기상증착법 (thermal CVD), 플라즈마화학기상증착법 (plasma enhanced chemical vapor deposition, PECVD), 저압화학기상증착법 (low pressure chemical vapor deposition, LPCVD), 원자층 증착법 (atomic layer deposition, ALD), 펄스레이저증착법 (pulsed laser deposition, PLD), 스퍼터링법 등 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 방법에 의해 상기 패터화된 막 (1, 2) 내로 상기 기화된 칼코겐 원소 또는 상기 기화된 칼코겐 화합물을 확산시킬 수 있다.

- [0096] 기화시켜 확산시키고자 하는 상기 칼코겐 원소, 상기 칼코겐 전구체, 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물에 관한 상세한 설명은 전술한 상기 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법에서와 동일하다.
- [0097] 상기 패터화된 막 (1, 2) 내로 확산되는 상기 기화된 칼코겐 원소, 기화된 상기 칼코겐 전구체 화합물, 또는 기화된 상기 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물이 캐리어 가스에 의해 이동되어 상기 막으로 확산될 수 있다. 따라서, 상기 물리적 또는 화학적 기상합성법에서 사용되는 원료는 캐리어 가스를 더 포함할 수 있다.
- [0098] 상기 캐리어 가스는 요오드, Br 등 및 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0099] 상기 결과적인 칼코겐 원소 칼코겐 전구체 화합물 또는 $M'X'_{2+\delta}$ 으로 표시되는 칼코겐 화합물이 확산되어 포함된 패터화된 막 중, 총 전이금속 원소 또는 5족 원소에 대한 칼코겐 원소의 원자비가 2를 초과할 수 있다
- [0100] 이어서, 후열 처리하면 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물이 형성되면서 각 NMOS(1) 및 PMOS(2)가 형성되어 NMOS(1) 및 PMOS(2)를 모두 포함하는 CMOS형 구조체(10)가 제조된다.
- [0101] 상기 후열 처리 후 형성된 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물에 관한 상세한 설명은 전술한 상기 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법에서와 동일하다.
- [0102] 상기 후열 처리에 관한 상세한 설명은 전술한 상기 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법에서와 동일하다.
- [0103] 상기 기판(3)은 유리 기판, Si 기판, 퀴츠(Quartz) 기판, 사파이어 기판 등 및 이들의 조합을 포함하는 군으로부터 선택된 적어도 하나일 수 있다.
- [0104] 상기 기판은 경성 기판 또는 연성 기판일 수 있다.
- [0105] 본 발명의 또 다른 구현예에서, 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법에 의해 제조된 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막이 제공된다. 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물에서, M은 전이금속 원소 또는 5족 원소이고, 상기 X는 칼코겐 원소이다.
- [0106] 전술한 바와 같이 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막은 대면적으로 형성될 수 있다.
- [0107] 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막은, 구체적으로, MoS_2 , $MoSe_2$, WSe_2 , $MoTe_2$, $SnSe_2$ 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나의 칼코겐 화합물의 막일 수 있다.
- [0108] 본 발명의 또 다른 구현예에서, 칼코겐 화합물의 2차원 대면적 성장 방법에 의해 제조된 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물의 막을 포함하는 전자 소자가 제공된다. 상기 MX_2 로 표시되는 칼코겐 화합물에서, M은 전이금속 원소 또는 5족 원소이고, 상기 X는 칼코겐 원소이다
- [0109] 구체적으로, 상기 전자 소자는 트랜지스터, 다이오드 등일 수 있다.
- [0110] 본 발명의 또 다른 구현예에서, 상기 CMOS형 구조체의 제조 방법에 따라 제조된 CMOS형 구조체가 제공된다.
- [0111] 상기 CMOS형 구조체를 기반으로 인버터(invertor), 논리소자, 메모리, 디스플레이, 백플레인(backplane), RF, AC, DC 등의 다양한 전자회로의 집적을 대면적으로 형성할 수 있다.
- [0112] 이하 본 발명의 실시예 및 비교예를 기재한다. 그러한 하기한 실시예는 본 발명의 일 실시예일뿐 본 발명이 하기한 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0113] 실시예 1

- [0114] Mo을 20nm 두께 박막으로 Si 기판 상에 열화학기상증착법 (thermal CVD)에 의해 증착한 후, CVD법에 의해 원료로 Se 분말 및 $MoSe_2$ 분말을 사용하여 기화된 Se를 상기 Mo 박막 내로 확산시켰다. 이어서, 기화된 Se 및 $MoSe_2$ 가 확산된 Mo 박막을 1200℃에서 6시간 동안 후열 처리하여 $MoSe_2$ 박막을 얻었다.

[0115] 실험예 1

[0116] 실시예 1에서 얻은 MoSe_2 박막에 Ti/Au 의 전극을 소오스-드레인으로 형성, SiO_2 부도체와 Si 게이트 구조를 갖는 박막트랜지스터를 제작했다. 전류-전압 측정 설비로서 반도체 분석기(KEITHLEY 4200-SCS)를 이용하여 상기 트랜지스터의 전기적 성질을 평가하였다.

[0117] 도 3은 상기 트랜지스터의 운반 곡선(transfer curve)이고, 도 4는 출력 곡선(output curve)이다.

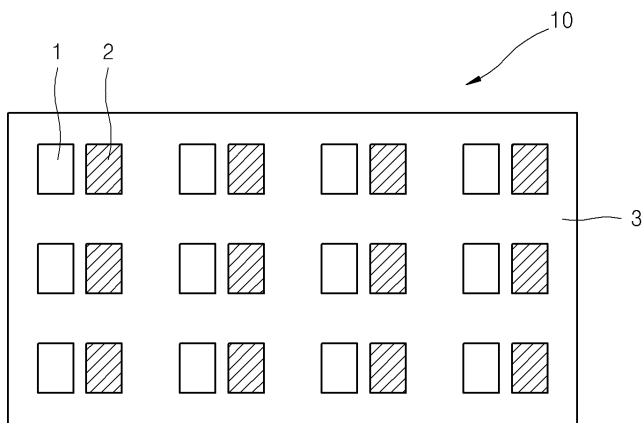
[0118] 디바이스 이동도가 $60\sim 100\text{cm}^2/\text{vsec}$ 으로 측정이 되었으며, NMOS의 특성을 갖고 있다.

부호의 설명

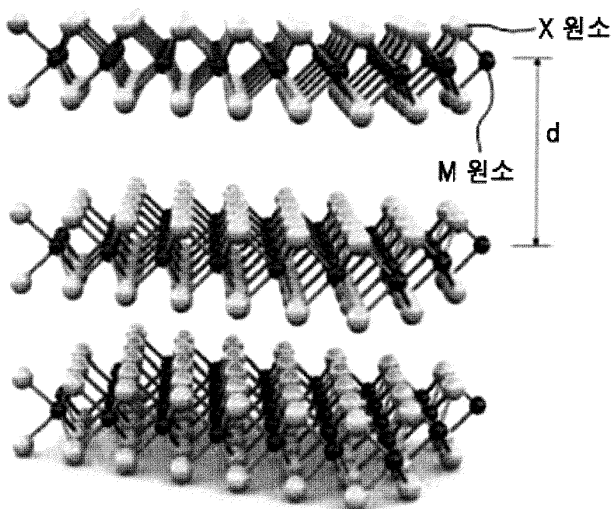
- [0119]
- 1: NMOS
 - 2: PMOS
 - 3: 기판
 - 10: CMOS형 구조체

도면

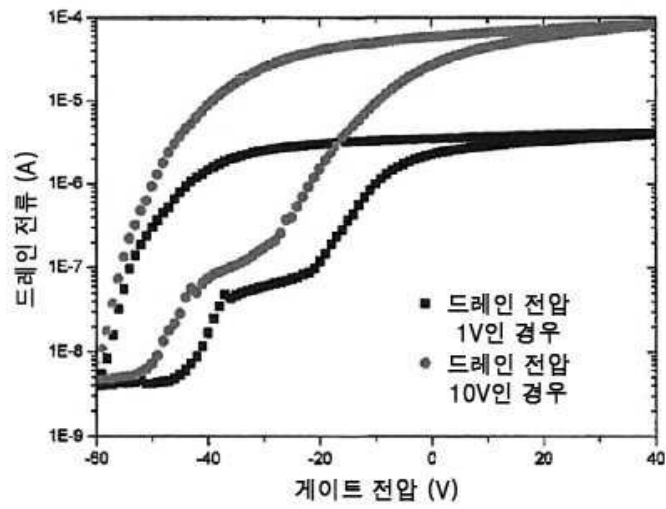
도면1



도면2



도면3



도면4

