



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년06월18일
(11) 등록번호 10-1275856
(24) 등록일자 2013년06월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 29/786 (2006.01) H01L 21/20 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0060243
(22) 출원일자 2011년06월21일
심사청구일자 2011년06월21일
(65) 공개번호 10-2012-0140485
(43) 공개일자 2012년12월31일
(56) 선행기술조사문헌
JP2008547237 A*
KR1020080030454 A*
KR1020100136553 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국과학기술연구원
서울특별시 성북구 화랑로14길 5 (하월곡동)
(72) 발명자
송용원
대전광역시 중구 대흥로 176-15, 6동 1001호 (대
흥동, 현대아파트)
홍재민
서울특별시 성북구 개운사2길 40-5 (안암동5가)
(74) 대리인
유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 18 항

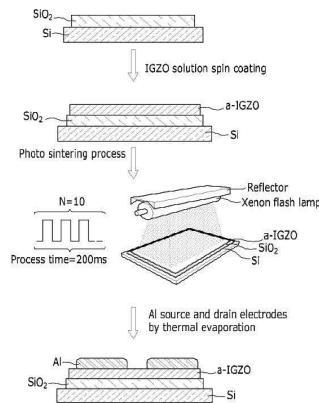
심사관 : 설관식

(54) 발명의 명칭 금속 산화물 패턴의 형성 방법 및 이를 이용한 박막 트랜지스터 제조 방법

(57) 요약

금속 산화물 패턴의 형성 방법 및 이를 이용한 박막 트랜지스터 제조 방법에 관한 것으로, 적어도 하나의 금속 산화물 전구체 또는 금속 산화물 나노 입자; 및 용매를 포함하는 잉크 조성물을 준비하는 단계; 상기 잉크 조성물을 기판 상에 토출시켜 상기 기판 상에 패턴을 형성시키는 단계; 및 상기 형성된 패턴을 광소결하는 단계;를 포함하고, 상기 금속 산화물 전구체는 이온 형태인 것인 금속 산화물 패턴의 형성 방법을 제공할 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

임정아

충남 보령시 주산면 금암리 31번지

김학성

서울 성동구 행당동 17 한양대학교 기계공학과

권성지

서울특별시 서초구 강남대로34길 79, 401호 (양재동)

특허청구의 범위

청구항 1

적어도 하나의 금속 산화물 전구체 또는 적어도 하나의 금속 산화물 나노 입자; 및 용매를 포함하는 잉크 조성물을 준비하는 단계;

상기 잉크 조성물을 기관 상에 토출시켜 상기 기관 상에 패턴을 형성시키는 단계; 및

상기 형성된 패턴을 광소결하는 단계;를 포함하고,

상기 금속 산화물 전구체는 이온 형태이고,

상기 형성된 패턴을 광소결하는 단계에서,

상기 광소결은 백색광 단펄스에 의해 소결되는 것인 금속 산화물 패턴의 형성 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 형성된 패턴을 광소결하는 단계 이전에,

상기 형성된 패턴을 50 내지 400℃에서 전처리하는 단계를 더 포함하는 것인 금속 산화물 패턴의 형성 방법.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 잉크 조성물은 상기 적어도 하나의 금속 산화물 전구체 및 상기 적어도 하나의 금속 산화물 나노 입자를 포함하는 것인 금속 산화물 패턴의 형성 방법.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 잉크 조성물은 용액 안정제를 더 포함하는 것인 금속 산화물 패턴의 형성 방법.

청구항 5

제4 항에 있어서,

상기 용액 안정제는 다이케톤(diketone), 아미노 알코올(amino alcohol), 폴리아민(polyamine), 에탄올 아민(ethanol amine), 디에탄올 아민(diethanol amine) 또는 이들의 조합인 것인 금속 산화물 패턴의 형성 방법.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 용매는 물, 테트라히드로퓨란(THF), 알코올(alcohol)계 용매, 에테르(ether)계 용매 또는 이들의 조합인 것인 금속 산화물 패턴의 형성 방법.

청구항 7

제1 항에 있어서,

상기 금속 산화물 전구체는 리튬(Li), 나트륨(Na), 칼륨(K), 루비듐(Rb), 세슘(Cs), 베릴륨(Be), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr), 바륨(Ba), 티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), 하프늄(Hf), 바나듐(V), 니오븀(Nb), 탄탈륨(Ta), 크롬(Cr), 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W), 망간(Mn), 테크네튬(Tc), 레늄(Re), 철(Fe), 루테튬(Ru), 오스뮴(Os), 코발트(Co), 로듐(Rh), 이리듐(Ir), 니켈(Ni), 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 구리(Cu), 은(Ag), 금(Au), 카드뮴(Cd), 수은(Hg), 붕소(B), 갈륨(Ga), 인듐(In), 탈륨(Tl), 규소(Si), 게르마늄(Ge), 주석(Sn), 납(Pb), 인(P), 비소(As), 안티몬(Sb), 비스무트(Bi) 또는 이들의 조합의 금속을 포함하는 금속 무기염인 것인 금속 산화물 패턴의 형성 방법.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 금속 무기염의 음이온은 히드록사이드(hydroxide) 이온, 아세테이트(acetate) 이온, 프로피오네이트(propionate) 이온, 아세틸아세토네이트(acetylacetonate) 이온, 2,2,6,6-테트라메틸-3,5-헵탄디오네이트(2,2,6,6-tetramethyl-3,5-heptanedionate) 이온, 메톡사이드(methoxide) 이온, 2차-부톡사이드(sec-butoxide) 이온, 3차-부톡사이드(t-butoxide) 이온, n-프로폭사이드(n-propoxide) 이온, i-프로폭사이드(i-propoxide) 이온, 에톡사이드(ethoxide) 이온, 포스페이트(phosphate) 이온, 알킬포스페이트(alkylphosphonate) 이온, 나이트레이트(nitrate) 이온, 과염소산(perchlorate) 이온, 황산(sulfate) 이온, 알킬설포네이트(alkylsulfonate) 이온, 페녹사이드(phenoxide) 이온, 브로마이드(bromide) 이온, 요오다이드(iodide) 이온, 클로라이드(chloride) 이온 또는 이들의 조합인 것인 금속 산화물 패턴의 형성 방법.

청구항 9

제3 항에 있어서,

상기 잉크 조성물은 폴리머 바인더를 더 포함하는 것인 금속 산화물 패턴의 형성 방법.

청구항 10

제9 항에 있어서,

상기 폴리머 바인더는, 폴리(비닐피롤리돈)(poly(vinylpyrrolidone), PVP), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리에틸렌글리콜(polyethylene glycol), 셀룰로오스아세테이트(cellulose acetate) 또는 이들의 조합인 것인 금속 산화물 패턴의 형성 방법.

청구항 11

제3 항에 있어서,

상기 금속 산화물 나노 입자는 리튬(Li), 나트륨(Na), 칼륨(K), 루비듐(Rb), 세슘(Cs), 베릴륨(Be), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr), 바륨(Ba), 티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), 하프늄(Hf), 바나듐(V), 니오븀(Nb), 탄탈륨(Ta), 크롬(Cr), 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W), 망간(Mn), 테크네튬(Tc), 레늄(Re), 철(Fe), 루테튬(Ru), 오스뮴(Os), 코발트(Co), 로듐(Rh), 이리듐(Ir), 니켈(Ni), 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 구리(Cu), 은(Ag), 금(Au), 카드뮴(Cd), 수은(Hg), 붕소(B), 갈륨(Ga), 인듐(In), 탈륨(Tl), 규소(Si), 게르마늄(Ge), 주석(Sn), 납(Pb), 인(P), 비소(As), 안티몬(Sb), 비스무트(Bi) 또는 이들의 조합의 금속을 포함하는 것인 금속 산화물 패턴의 형성 방법.

청구항 12

삭제

청구항 13

제1 항에 있어서,

상기 백색광 단펄스는 1 내지 500ms의 펄스 지속 시간, 0.1 내지 500ms의 펄스 휴지 시간, 1 내지 99개의 펄스 수 또는 5 내지 200J/cm²의 펄스 에너지를 가지는 것인 금속 산화물 패턴의 형성 방법.

청구항 14

게이트 전극 및 기판 상에 게이트 유전체층을 증착하는 단계;

상기 게이트 유전체층 상에 산화물 반도체층을 증착하는 단계;

상기 산화물 반도체층 상에 도전성층을 증착하는 단계; 및

소스 및 드레인 전극; 및 능동 채널을 규정하기 위해 상기 도전성층을 에칭하는 단계;를 포함하고,

상기 게이트 유전체층 상에 산화물 반도체층을 증착하는 단계는,

적어도 하나의 제1 금속 산화물 전구체 또는 적어도 하나의 제1 금속 산화물 나노 입자; 및 제1 용매를 포함하는 제1 잉크 조성물을 준비하는 단계; 상기 제1 잉크 조성물을 상기 게이트 유전체층 상에 도출시켜 상기 게이트 유전체층 상에 반도체층을 형성시키는 단계; 및 상기 형성된 산화물 반도체층을 광소결하는 단계;를 포함하고,

상기 제1 금속 산화물 전구체는 이온 형태이고,

상기 형성된 산화물 반도체층을 광소결하는 단계;에서, 상기 광소결은 백색광 단펄스에 의해 소결되는 것인 박막 트랜지스터 제조 방법.

청구항 15

제14 항에 있어서,

상기 게이트 전극 및 기판 상에 게이트 유전체층을 증착하는 단계는,

적어도 하나의 제2 금속 산화물 전구체 또는 적어도 하나의 제2 금속 산화물 나노 입자; 및 제2 용매를 포함하는 제2 잉크 조성물을 준비하는 단계; 상기 제2 잉크 조성물을 상기 게이트 전극 및 상기 기판 상에 도출시켜 상기 게이트 전극 및 기판 상에 상기 게이트 유전체층을 형성시키는 단계; 및 상기 형성된 게이트 유전체층을 광소결하는 단계;를 포함하고,

상기 제2 금속 산화물 전구체는 이온 형태인 것인 박막 트랜지스터 제조 방법.

청구항 16

제14 항에 있어서,

상기 형성된 게이트 유전체층을 광소결하는 단계 이전에,

상기 형성된 게이트 유전체층을 50 내지 400℃에서 전처리하는 단계를 더 포함하는 것인 박막 트랜지스터 제조 방법.

청구항 17

제15 항에 있어서,

상기 형성된 산화물 반도체층을 광소결하는 단계 이전에,

상기 형성된 산화물 반도체층을 50 내지 400℃에서 전처리하는 단계를 더 포함하는 것인 박막 트랜지스터 제조 방법.

청구항 18

제14 항 또는 제15 항에 있어서,

상기 제1 잉크 조성물은 적어도 하나의 제1 금속 산화물 전구체 및 적어도 하나의 제1 금속 산화물 나노 입자를 포함하고, 제2 잉크 조성물은 적어도 하나의 제2 금속 산화물 전구체 및 적어도 하나의 제2 금속 산화물 나노 입자를 포함하는 것인 박막 트랜지스터 제조 방법.

청구항 19

제15 항에 있어서,

상기 형성된 게이트 유전체층을 광소결하는 단계;에서,

상기 광소결은 백색광 단펄스에 의한 것인 박막 트랜지스터 제조 방법.

명세서

기술분야

[0001] 금속 산화물 패턴의 형성 방법 및 이를 이용한 박막 트랜지스터 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 트랜지스터는 전자기기 분야에서 스위칭소자(switching device)나 구동소자(driving device)로 널리 사용되고 있다. 특히, 금속 산화물을 기반으로 하는 박막 트랜지스터는 이들의 빠른 이동도와 안정성, 그리고 투명성 등으로 인해 많은 관심을 끌고 있다. 이러한 기술을 보다 낮은 가격으로 진공장비 없이 상온에서, 그리고 대면적으로 실현할 수 있다면 이를 응용하는 많은 기술의 큰 발전을 기대할 수 있을 것이다.

[0003] 이를 위해 널리 연구되고 있는 분야가 인쇄 전자 분야이다. 이러한 인쇄 전자 분야에서는 여러 가지 잉크를 만들어 인쇄 기법에 의해 전자 소자를 제작하게 되는데, 전극이나 도전선 등을 제작하기 위한 금속잉크, 반도체층을 제작하기 위한 반도체 잉크, 유전체층을 제작하기 위한 유전체 잉크, 그리고 소자의 보호나 특정한 층의 보호를 위한 보호 잉크 등이 있을 수 있다.

[0004] 이 중에서 반도체 잉크를 사용하여 박막 트랜지스터의 구동층을 제작하는 기술은, 연성 전자소자에 적용하는데 있어서 기존의 소결법으로는 많은 한계를 갖게 된다.

[0005] 상기 반도체층 및/또는 유전체층을 위해, 열을 가하여 인쇄된 금속 산화물 잉크를 소결하여 전자소자의 층으로 제작하기 위해서는 산화물의 물질 흐름이 가능한 고온까지 온도를 높여야 하는데, 이런 경우 기판도 역시 열적 손상을 받게 되어, 처음 디자인 된 소자의 구조와 작동 특성에 악영향을 미치게 된다.

[0006] 이러한 단점을 보완하기 위해 시도된 기술이 레이저 소결 방법인데, 여기에서는 레이저의 파워나 파장 등의 요소를 제어하여, 기판에 손상이 되지 않고 기판 위에 형성된 층만의 처리를 가능하게 해 주었다.

[0007] 그러나, 레이저가 적용될 수 있는 면적은 극히 제한 되어 있고, 레이저 장비 또한 비경제적이며, 제어기술에 있어서도 낮은 효율성을 보이면서, 이들의 결점을 보완 할 새로운 소결 기술에 대한 수요가 급증하기 시작했다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 금속 산화물 패턴의 형성 방법 및 이를 이용한 박막 트랜지스터 제조 방법을 제공할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 구현예에서는, 적어도 하나의 금속 산화물 전구체 또는 금속 산화물 나노 입자; 및 용매를 포함하는 잉크 조성물을 준비하는 단계; 상기 잉크 조성물을 기판 상에 토출시켜 상기 기판 상에 패턴을 형성시키는 단계; 및 상기 형성된 패턴을 광소결하는 단계;를 포함하고, 상기 금속 산화물 전구체는 이온 형태인 것인 금속 산화물 패턴의 형성 방법을 제공한다.

[0010] 상기 형성된 패턴을 광소결하는 단계 이전에, 상기 형성된 패턴을 50 내지 400℃에서 전처리하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0011] 상기 잉크 조성물은 상기 금속 산화물 나노 입자를 포함할 수 있다.

[0012] 상기 이온잉크 조성물은 용액 안정제를 더 포함할 수 있다.

[0013] 상기 용액 안정제는 다이케톤(diketone), 아미노 알코올(amino alcohol), 폴리아민(polyamine), 에탄올 아민(ethanol amine), 다이에탄올 아민(diethylnol amine) 또는 이들의 조합일 수 있다.

[0014] 상기 용매는 물, 테트라히드로퓨란(THF), 알코올(alcohol)계 용매, 에테르(ether)계 용매 또는 이들의 조합일 수 있다.

[0015] 상기 금속 산화물 전구체는 리튬(Li), 나트륨(Na), 칼륨(K), 루비듐(Rb), 세슘(Cs), 베릴륨(Be), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr), 바륨(Ba), 티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), 하프늄(Hf), 바나듐(V), 니오븀(Nb), 탄탈륨(Ta), 크롬(Cr), 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W), 망간(Mn), 테크네튬(Tc), 레늄(Re), 철(Fe), 루테튬(Ru), 오스뮴(Os), 코발트(Co), 로듐(Rh), 이리듐(Ir), 니켈(Ni), 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 구리(Cu), 은(Ag), 금(Au), 카드뮴(Cd), 수은(Hg), 붕소(B), 갈륨(Ga), 인듐(In), 탈륨(Tl), 규소(Si), 게르마늄(Ge), 주석(Sn), 납(Pb), 인(P), 비소(As), 안티몬(Sb), 비스무트(Bi) 또는 이들의 조합의 금속을 포함하는 금속 무기염일 수 있다.

[0016] 상기 금속 무기염의 음이온은 히드록사이드(hydroxide) 이온, 아세테이트(acetate) 이온, 프로피오네이트(propionate) 이온, 아세틸아세토네이트(acetylacetonate) 이온, 2,2,6,6-테트라메틸-3,5-헵탄디오네이트(2,2,6,6-tetramethyl-3,5-heptanedionate) 이온, 메톡사이드(methoxide) 이온, 2차-부톡사이드(sec-butoxide) 이온, 3차-부톡사이드(t-butoxide) 이온, n-프로폭사이드(n-propoxide) 이온, i-프로폭사이드(i-propoxide) 이온, 에톡사이드(ethoxide) 이온, 포스페이트(phosphate) 이온, 알킬포스페이트(alkylphosphonate) 이온, 나이트레이트(nitrate) 이온, 과염소산(perchlorate) 이온, 황산(sulfate) 이온, 알킬설포네이트(alkylsulfonate) 이온, 페녹사이드(phenoxide) 이온, 브로마이드(bromide) 이온, 요오다이드(iodide) 이온, 클로라이드(chloride) 이온 또는 이들의 조합일 수 있다.

[0017] 상기 잉크 조성물은 폴리머 바인더를 더 포함할 수 있다.

[0018] 상기 고분자 바인더는, 폴리(비닐피롤리돈)(poly(vinylpyrrolidone), PVP), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리에틸렌글리콜(polyethylene glycol), 셀룰로오스아세테이트(cellulose acetate) 또는 이들의 조합일 수 있다.

[0019] 상기 금속 산화물 나노 입자는 리튬(Li), 나트륨(Na), 칼륨(K), 루비듐(Rb), 세슘(Cs), 베릴륨(Be), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr), 바륨(Ba), 티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), 하프늄(Hf), 바나듐(V), 니오븀(Nb), 탄탈륨(Ta), 크롬(Cr), 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W), 망간(Mn), 테크네튬(Tc), 레늄(Re), 철(Fe), 루테튬(Ru), 오스뮴(Os), 코발트(Co), 로듐(Rh), 이리듐(Ir), 니켈(Ni), 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 구리(Cu), 은(Ag), 금(Au), 카드뮴(Cd), 수은(Hg), 붕소(B), 갈륨(Ga), 인듐(In), 탈륨(Tl), 규소(Si), 게르마늄(Ge), 주석(Sn), 납(Pb), 인(P), 비소(As), 안티몬(Sb), 비스무트(Bi) 또는 이들의 조합의 금속을 포함할 수 있다.

[0020] 상기 형성된 패턴을 광소결하는 단계에서, 상기 광소결은 백색광 단펄스에 의해 소결될 수 있다.

- [0021] 상기 백색광 단펄스는 1 내지 500ms의 펄스 지속 시간, 0.1 내지 500ms의 펄스 휴지 시간, 1 내지 99개의 펄스 수 또는 $5 \text{ 내지 } 200\text{J}/\text{cm}^2$ 의 펄스 에너지를 가질 수 있다.
- [0022] 본 발명의 다른 일 구현예에서는, 게이트 전극 및 기판 상에 게이트 유전체층을 증착하는 단계; 상기 게이트 유전체층 상에 산화물 반도체층을 증착하는 단계; 상기 산화물 반도체층 상에 도전성층을 증착하는 단계; 및 소스 및 드레인 전극; 및 능동 채널을 규정하기 위해 상기 도전성층을 에칭하는 단계;를 포함하고, 상기 게이트 유전체층 상에 산화물 반도체층을 증착하는 단계는, 제1 적어도 하나의 금속 산화물 전구체 또는 제1 금속 산화물 나노 입자; 및 제1 용매를 포함하는 제1 잉크 조성물을 준비하는 단계; 상기 제1 잉크 조성물을 상기 게이트 유전체층 상에 토출시켜 상기 게이트 유전체층 상에 반도체층을 형성시키는 단계; 및 상기 형성된 산화물 반도체층을 광소결하는 단계;를 포함하고, 상기 제1 적어도 하나의 금속 산화물 전구체는 이온 형태인 것인 박막 트랜지스터 제조 방법을 제공한다.
- [0023] 상기 게이트 전극 및 기판 상에 게이트 유전체층을 증착하는 단계는, 제2 적어도 하나의 금속 산화물 전구체 또는 제2 금속 산화물 나노 입자; 및 제2 용매를 포함하는 제2 잉크 조성물을 준비하는 단계; 상기 제2 잉크 조성물을 상기 게이트 전극 및 상기 기판 상에 토출시켜 상기 게이트 전극 및 기판 상에 상기 게이트 유전체층을 형성시키는 단계; 및 상기 형성된 게이트 유전체층을 광소결하는 단계를 포함하고, 상기 제2 적어도 하나의 금속 산화물 전구체는 이온 형태일 수 있다.
- [0024] 상기 형성된 게이트 유전체층을 광소결하는 단계 이전에, 상기 형성된 게이트 유전체층을 50 내지 400℃에서 전처리하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0025] 상기 형성된 산화물 반도체층을 광소결하는 단계 이전에, 상기 형성된 산화물 반도체층을 50 내지 400℃에서 전처리하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0026] 상기 제1 잉크 조성물은 제1 금속 산화물 나노 입자를 포함할 수 있으며, 상기 제2 잉크 조성물은 제2 금속 산화물 나노 입자를 포함할 수 있다.
- [0027] 상기 형성된 게이트 유전체층을 광소결하는 단계; 또는 상기 형성된 산화물 반도체층을 광소결하는 단계에서, 상기 광소결은 백색광 단펄스에 의한 것일 수 있다.

발명의 효과

- [0028] 본 발명의 일 구현예에 따르면, 금속 산화물 잉크를 ms(milli-second)인 짧은 시간에 백색광 단펄스를 사용하여 대기 중에서 소결할 수 있다. 또한, 이러한 소결은 기판의 손상을 최소화할 수 있으며, 대면적 공정이 가능하다.
- [0029] 상기 소결된 박막층은 능동소자의 채널층과 유전체층으로 적용될 수 있다.
- [0030] 상기 소결 방법을 이용하여, 전자 소자를 제조할 수 있으며, 보다 구체적으로 휘어지는 전자 소자를 효과적으로 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 본발명의 실시예 2에 따른 박막 트랜지스터의 제작 과정이다.
 도 2는 상기 실시예 2에서 제조한 박막 트랜지스터의 단면 SEM 사진이다.
 도 3은 상기 실시예 1에 따른 잉크 조성물, 실시예 2에 따른 반도체층 및 비교예 1에 따른 반도체층의 감쇠 전 반사(attenuated total reflection, ATR) FT-IR(Fourier Transform Infrared spectroscopy) 분석 결과이다.
 도 4는 상기 실시예 2 및 비교예 1에서 금속 산화물층의 X-ray 회절 패턴을 나타낸 그래프이다.
 도 5는 상기 실시예 2에 따른 박막 트랜지스터의 출력 및 전달 특성 평가 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 이하, 본 발명의 구현예를 상세히 설명하기로 한다. 다만, 이는 예시로서 제시되는 것으로, 이에 의해 본 발명

이 제한되지는 않으며 본 발명은 후술할 청구범위의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

- [0033] 본 발명의 일 구현예에서는, 적어도 하나의 금속 산화물 전구체 또는 금속 산화물 나노 입자; 및 용매를 포함하는 잉크 조성물을 준비하는 단계; 상기 잉크 조성물을 기관 상에 토출시켜 상기 기관 상에 패턴을 형성시키는 단계; 및 상기 형성된 패턴을 광소결하는 단계;를 포함하고, 상기 금속 산화물 전구체가 이온 형태인 것인 금속 산화물 패턴의 형성 방법을 제공한다.
- [0034] 상기 금속 산화물 패턴의 형성 방법은 연속된 공정으로 대면적에 적용될 수 있는 방법이다. 또한, 상기 광소결 방법은 기관에 손상을 최소화할 수 있으며, 유연한 기관을 이용하는 경우에 보다 효과적으로 적용될 수 있다. 또한, 상기 광소결 방법은 밀리세컨드(millisecond) 이하의 단시간에 금속 산화물을 소결할 수 있다.
- [0035] 상기 방법은 공정 조건에서도 상온 및 대기 중에서 사용이 가능하여, 실제 산업에 적용 시 적용 범위가 넓다.
- [0036] 상기 패턴은 일반적인 층 형태 일 수도 있으며, 일정한 형태를 가진 패턴일 수도 있다. 패턴의 형태는 목적에 따라 달라질 수 있다.
- [0037] 상기와 같이 광소결 방법을 이용하여 금속 산화물을 소결하기 위해서 상기 잉크 조성물은 이온 형태일 수 있다. 이온 형태의 잉크의 경우 고분자 가지를 가지게 되어 다양한 스펙트럼의 빛을 흡수하는데 있어서 도움이 될 수 있다. 또한, 일반적으로 전자 소자에 상기 금속 산화물을 층으로 형성할 때 두께를 얇게 제어할 수 있어야 하는데, 이러한 두께의 제어를 위해서도 잉크의 형태가 이온인 경우가 유리할 수 있다.
- [0038] 상기 이온 형태인 금속 산화물 전구체는 리튬(Li), 나트륨(Na), 칼륨(K), 루비듐(Rb), 세슘(Cs), 베릴륨(Be), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr), 바륨(Ba), 티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), 하프늄(Hf), 바나듐(V), 니오븀(Nb), 탄탈륨(Ta), 크롬(Cr), 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W), 망간(Mn), 테크네튬(Tc), 레늄(Re), 철(Fe), 루테튬(Ru), 오스뮴(Os), 코발트(Co), 로듐(Rh), 이리듐(Ir), 니켈(Ni), 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 구리(Cu), 은(Ag), 금(Au), 카드뮴(Cd), 수은(Hg), 붕소(B), 갈륨(Ga), 인듐(In), 탈륨(Tl), 규소(Si), 게르마늄(Ge), 주석(Sn), 납(Pb), 인(P), 비소(As), 안티몬(Sb), 비스무트(Bi) 또는 이들의 조합의 금속을 포함하는 금속 무기염일 수 있다.
- [0039] 또한, 상기 금속 무기염의 음이온은 히드록사이드(hydroxide) 이온, 아세테이트(acetate) 이온, 프로피오네이트(propionate) 이온, 아세틸아세토네이트(acetylacetonate) 이온, 2,2,6,6-테트라메틸-3,5-헵탄디오네이트(2,2,6,6-tetramethyl-3,5-heptanedionate) 이온, 메톡사이드(methoxide) 이온, 2차-부톡사이드(sec-butoxide) 이온, 3차-부톡사이드(t-butoxide) 이온, n-프로폭사이드(n-propoxide) 이온, i-프로폭사이드(i-propoxide) 이온, 에톡사이드(ethoxide) 이온, 포스페이트(phosphate) 이온, 알킬포스페이트(alkylphosphonate) 이온, 나이트레이트(nitrate) 이온, 과염소산(perchlorate) 이온, 황산(sulfate) 이온, 알킬설포네이트(alkylsulfonate) 이온, 페녹사이드(phenoxide) 이온, 브로마이드(bromide) 이온, 요오다이드(iodide) 이온, 클로라이드(chloride) 이온 또는 이들의 조합일 수 있다.
- [0040] 상기 잉크 조성물에 상기 이온 형태인 금속 산화물 전구체가 상기 금속염의 형태로 존재하는 경우 다양한 스펙트럼의 빛을 흡수하는데 유리할 수 있다.
- [0041] 상기 잉크 조성물이 상기 이온 형태인 금속 산화물 전구체를 포함하는 경우, 상기 잉크 조성물은 용액 안정제를 더 포함할 수 있다.
- [0042] 상기 용액 안정제는 다이케톤(diketone), 아미노 알코올(amino alcohol), 폴리아민(polyamine) 에탄올 아민(ethanol amine), 다이 에탄올 아민(diethylnol amine) 또는 이들의 조합일 수 있으며, 이에 제한되지 않는다.
- [0043] 상기 잉크 조성물은 금속 산화물 나노 입자를 포함할 수 있다. 상기 금속 산화물 나노 입자의 크기는 1 내지 50nm일 수 있다. 목적하는 효과에 따라 이온잉크 조성물에 상기 금속 산화물 나노 입자의 혼합비율을 결정할 수 있다.
- [0044] 상기 금속 산화물 나노 입자는 리튬(Li), 나트륨(Na), 칼륨(K), 루비듐(Rb), 세슘(Cs), 베릴륨(Be), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr), 바륨(Ba), 티타늄(Ti), 지르코늄(Zr), 하프늄(Hf), 바나듐(V), 니오븀(Nb), 탄탈륨(Ta), 크롬(Cr), 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W), 망간(Mn), 테크네튬(Tc), 레늄(Re), 철(Fe), 루테튬(Ru), 오스뮴(Os), 코발트(Co), 로듐(Rh), 이리듐(Ir), 니켈(Ni), 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 구리(Cu), 은(Ag), 금(Au), 카드뮴(Cd), 수은(Hg), 붕소(B), 갈륨(Ga), 인듐(In), 탈륨(Tl), 규소(Si), 게르마늄(Ge), 주석(Sn), 납(Pb), 인(P), 비소(As), 안티몬(Sb), 비스무트(Bi) 또는 이들의 조합의 금속을 포함할 수 있다.

- [0045] 상기 금속 산화물 나노 입자는 InGaZnO, ZnO, ZrInZnO, InZnO, ZnO, InGaZnO₄, ZnInO, ZnSnO, In₂O₃, Ga₂O₃, HfInZnO, GaInZnO, HfO₂, SnO₂, WO₃, TiO₂, Ta₂O₅, In₂O₃SnO₂, MgZnO, ZnSnO₃, ZnSnO₄, CdZnO, CuAlO₂, CuGaO₂, Nb₂O₅, Al₂O₃, 또는 TiSrO₃ 중 선택된 적어도 어느 하나의 물질 또는 상기 물질들의 화합물이 포함되어 이루어질 수 있다.
- [0046] 상기 용매는 물, 테트라히드로퓨란(THF), 알코올(alcohol)계 용매, 에테르(ether)계 용매 또는 이들의 조합일 수 있으며, 이에 제한되지 않는다. 상기 알코올계 용매의 구체적인 예로 4-메톡시 에탄올(4-methoxy ethanol)이 있을 수 있다.
- [0047] 상기 금속 산화물 나노 입자를 포함하는 상기 잉크 조성물은 고분자 바인더를 더 포함할 수 있다.
- [0048] 상기 고분자 바인더의 구체적인 예로는, 폴리(비닐피롤리돈)(poly(vinylpyrrolidone, PVP), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리에틸렌글리콜(polyethylene glycol), 셀룰로오스아세테이트(cellulose acetate) 또는 이들의 조합 등이 있다.
- [0049] 상기 형성된 패턴을 광소결하는 단계 이전에, 상기 형성된 패턴을 50 내지 400℃에서 전처리하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0050] 상기 전처리 온도는 보다 구체적으로 50 내지 200℃일 수 있으며, 200 내지 400℃일 수 있다. 상기 전처리 온도는 사용되는 잉크 조성물에 따라 선택될 수 있으며, 상기 범위에 제한되지 않는다.
- [0051] 상기 전처리 단계에 의해 이후에 수행되는 광소결 단계의 소결 효과를 극대화할 수 있다.
- [0052] 상기 형성된 패턴을 광소결하는 단계에서, 상기 광소결은 백색광 단펄스를 이용할 수 있다.
- [0053] 상기 백색광 단펄스는 1 내지 500ms의 펄스 지속 시간을 가질 수 있다.
- [0054] 상기 백색광 단펄스는 0.1 내지 500ms의 펄스 휴지 시간을 가질 수 있다.
- [0055] 상기 백색광 단펄스는 5 내지 200J/cm²의 펄스 에너지를 가질 수 있다.
- [0056] 상기 백색광 단펄스는 1 내지 99개의 펄스 수를 가질 수 있다.
- [0057] 상기 백색광 단펄스의 조건은 목적하는 효과에 따라 달라질 수 있으며, 상기 조건에 제한되지 않는다.
- [0058] 상기 형성된 패턴을 광소결하는 단계는, 백색광 단펄스 소결 시스템에 의해 수행될 수 있다.
- [0059] 상기 백색광 단펄스 소결 시스템은 다수의 혹은 단일 제논 플래쉬 램프, 트리거링/제어 회로, 축전기, 반사경, 광과장 필터 등으로 이루어질 수 있다.
- [0060] 또한 제논 플래쉬 램프 와 기관의 거리를 조절하기 위하여 수직 거리 조절기가 포함될 수 있다. 또한 컨베이어 벨트와 같은 수평 기관 이송기기가 구비되어 실시간 공정을 가능하게 할 수 있다.
- [0061] 추가적으로 보조 가열, 냉각판이 컨베이어 벨트 내부에 구비되어 있어 소결 공정의 효율 및 품질을 향상 시켜줄 수 있다.
- [0062] 제논 플래쉬 램프를 위한 램프 하우징에는 석영 튜브가 구비되어 있으며 수냉을 통한 램프의 냉각을 위한 수냉 공급 통로가 별도의 냉각 장치와 함께 구비될 수 있다.
- [0063] 과장 필터는 정해진 과장영역을 선택적으로 걸러내기 위하여 장착될 수 있으며 이는 입자 및 기관의 종류와 입자의 크기에 따라 달라질 수 있다.
- [0064] 빛의 경로에 대한 정확한 제어를 위해 퀴츠(quartz)로 제작된 빔가이드 (beam guide)가 구비될 수 있다. 이러한 장치는 광펄스의 여러 조건, 구체적인 예를 들어, 펄스 지속시간 (pulse duration), 펄스 휴지시간 (pulse off-time), 펄스 수 (pulse number), 펄스 피크 강도 (pulse peak intensity), 평균 펄스 에너지 (average pulse energy) 등을 임의로 조절할 수 있다.
- [0065] 상기 광소결된 패턴은 주사전자현미경(scanning electron microscope, SEM), 집속이온빔(focused ion beam, FIB), 원소성분분석기(energy dispersive spectroscopy, EDS), X선 회절분석기(X-Ray Diffraction, XRD), 반도체 분석 장비(semiconductor analysis, SA)등을 사용하여 성분, 형태, 전기 전도도 등의 특성을 분석할 수 있다.

- [0066] 본 발명의 다른 일 구현예에서는, 게이트 전극 및 기판 상에 게이트 유전체층을 증착하는 단계; 상기 게이트 유전체층 상에 산화물 반도체층을 증착하는 단계; 상기 산화물 반도체층 상에 도전성층을 증착하는 단계; 및 소스 및 드레인 전극; 및 능동 채널을 규정하기 위해 상기 도전성층을 에칭하는 단계;를 포함하고, 상기 게이트 유전체층 상에 산화물 반도체층을 증착하는 단계는, 제1 적어도 하나의 금속 산화물 전구체 또는 제1 금속 산화물 나노 입자; 및 제1 용매를 포함하는 제1 잉크 조성물을 준비하는 단계; 상기 제1 잉크 조성물을 상기 게이트 유전체층 상에 토출시켜 상기 게이트 유전체층 상에 반도체층을 형성시키는 단계; 및 상기 형성된 산화물 반도체층을 광소결하는 단계;를 포함하고, 상기 제1 적어도 하나의 금속 산화물 전구체는 이온인 박막 트랜지스터 제조 방법을 제공할 수 있다.
- [0067] 상기 게이트 전극 및 기판 상에 게이트 유전체층을 증착하는 단계는, 제2 적어도 하나의 금속 산화물 전구체 또는 제2 금속 산화물 나노 입자; 및 제2 용매를 포함하는 제2 잉크 조성물을 준비하는 단계; 상기 제2 잉크 조성물을 상기 게이트 전극 및 상기 기판 상에 토출시켜 상기 게이트 전극 및 기판 상에 상기 게이트 유전체층을 형성시키는 단계; 및 상기 형성된 게이트 유전체층을 광소결하는 단계;를 포함하고, 상기 제2 적어도 하나의 금속 산화물 전구체는 이온 형태일 수 있다.
- [0068] 상기 제1 적어도 하나의 금속 산화물 전구체 및 상기 제2 적어도 하나의 금속 산화물 전구체는 서로 동일하거나 상이하며, 독립적으로 전술한 본 발명의 일 구현예인 금속 산화물 패턴의 형성 방법에서 사용된 금속 산화물 전구체일 수 있다.
- [0069] 상기 제1 금속 산화물 나노 입자 및 상기 제2 금속 산화물 나노 입자는 서로 동일하거나 상이하며, 독립적으로 전술한 본 발명의 일 구현예인 금속 산화물 패턴의 형성 방법에서 사용된 금속 산화물 나노 입자일 수 있다.
- [0070] 상기 제1 용매 및 상기 제2 용매는 서로 동일하거나 상이하며, 독립적으로 전술한 본 발명의 일 구현예인 금속 산화물 패턴의 형성 방법에서 사용된 용매일 수 있다.
- [0071] 상기 박막 트랜지스터는 플라스틱 기판이나 실리콘 기판 등 통상의 반도체 소자공정에서 사용되는 다양한 기판 중 어느 하나일 수 있다.
- [0072] 상기 기판 위에, 게이트 전극이 형성될 수 있다. 게이트 전극은 박막 트랜지스터 내에서 전하 캐리어들의 이동을 제어하는 전기적 도전성 층을 포함할 수 있다. 게이트 전극은 알루미늄, 텅스텐, 크롬, 탄탈, 또는 이들의 조합물들과 같은 금속을 포함할 수 있다. 게이트 전극은 스퍼터링, 리소그래피, 및 에칭을 포함하는 기존 증착 기술들을 이용하여 형성될 수 있다. 게이트 전극은 기판 위에 도전성 층을 블랭킷(blanket) 증착함으로써 형성될 수 있다. 도전성 층은 스퍼터링에 의해 증착될 수 있다. 그 후, 포토레지스트 층이 도전성층 위에 증착될 수 있다. 포토레지스트 층은 광경화 및 열 경화 후 에칭을 통하여 패터닝될 수 있다. 게이트 전극은 기판 상에 게이트 전극을 남겨 놓도록 도전성 층의 마스크되지 않은 부분들을 에칭함으로써 형성될 수 있다.
- [0073] 게이트 전극 위에, 게이트 유전체층이 증착될 수 있다. 게이트 유전체층은 박막 트랜지스터의 서브 임계스윙(sub threshold swing) 또는 기율기 및 임계 전압에 영향을 준다. 실리콘 기반 박막 트랜지스터들(즉, 비정질 실리콘과 같은 실리콘 기반 반도체 층을 갖는 박막 트랜지스터들)에 대해서, 게이트 유전체층은 실리콘 산화물을 포함할 수 없는데 이는 그것이 박막 트랜지스터로 하여금 매우 양수의(positive) V_{th} 및 낮은 이동도(mobility)를 갖도록 할 수 있기 때문이다.
- [0074] 그러나 금속 산화물 박막 트랜지스터들에 대해서, 실리콘 산화물은 효과적인 게이트 유전체층으로 기능할 수 있다. 실리콘 산화물 내의 산소는 금속 산화물 층 또는 계면을 유효하게 변경시키지 않을 수 있어 박막 트랜지스터는 손상되지 않을 수 있다.
- [0075] 구체적으로, 게이트 유전체층은 실리콘 질화물, 실리콘 산화물, 이산화 실리콘, 실리콘 산질화물, 알루미늄 산화물(Al_2O_3), 등을 포함할 수 있다.
- [0076] 상기 게이트 유전체층은 금속 산화물로 이루어질 수 있으며, 전술한 본 발명의 일 구현예에 따른 금속 산화물 패턴의 형성 방법과 동일한 방법으로 형성될 수 있다. 이 때 패턴의 형태가 층인 점만이 상이하다.
- [0077] 상기 게이트 유전체층의 형성을 위한 설명은 전술한 금속 산화물 패턴의 형성 방법과 동일하기 때문에 생략하도록 한다.
- [0078] 이후 상기 게이트 유전체층 상에 반도체층이 형성될 수 있다.
- [0079] 상기 반도체층은 금속 산화물로 이루어질 수 있으며, 전술한 본 발명의 일 구현예에 따른 금속 산화물 패턴의

형성 방법과 동일한 방법으로 형성될 수 있다. 이 때 패턴의 형태가 층인 점만이 상이하다.

- [0080] 상기 반도체층의 형성을 위한 설명은 전술한 금속 산화물 패턴의 형성 방법과 동일하기 때문에 생략하도록 한다.
- [0081] 상기 반도체층이 증착된 후, 도전성층이 증착될 수 있다. 구체적으로, 상기 도전성층은 알루미늄, 텅스텐, 몰리브덴, 크롬, 탄탈, 및 이들의 조합물들과 같은 금속을 포함할 수 있다. 상기 도전성층은 스퍼터링(Sputtering)에 의해 증착될 수 있다.
- [0082] 상기 도전성층이 증착된 후, 소스 전극, 드레인 전극 및 능동 채널이 도전성층의 일부들을 에칭함으로써 규정될 수 있다.
- [0083] 반도체층의 부분들 또한 에칭에 의해 제거될 수 있다.
- [0084] 또한, 에칭스탑층이 도전성층을 증착하기 전에 반도체층 위에 증착될 수 있다. 에칭스탑층은 에칭 동안 과도한 플라즈마 노출로부터 능동 채널을 보호하도록 기능한다.
- [0085] 상기 반도체층은 하기 구체적인 금속 산화물을 적어도 하나 포함할 수 있다:
- [0086] ZnO_xN_y , SnO_xN_y , InO_xN_y , CdO_xN_y , GaO_xN_y , $ZnSnO_xN_y$, $ZnInO_xN_y$, $ZnCdO_xN_y$, $ZnGaO_xN_y$, $SnInO_xN_y$, $SnCdO_xN_y$, $SnGaO_xN_y$, $InCdO_xN_y$, $InGaO_xN_y$, $CdGaO_xN_y$, $ZnSnInO_xN_y$, $ZnSnCdO_xN_y$, $ZnSnGaO_xN_y$, $ZnInCdO_xN_y$, $ZnInGaO_xN_y$, $ZnCdGaO_xN_y$, $SnInCdO_xN_y$, $SnInGaO_xN_y$, $SnCdGaO_xN_y$, $InCdGaO_xN_y$, $ZnSnInCdO_xN_y$, $ZnSnInGaO_xN_y$, $ZnInCdGaO_xN_y$ 또는 $SnInCdGaO_xN_y$.
- [0087] 상기 x 는 $0 \leq x \leq 1$ 일 수 있고, 상기 y 는 $0 \leq y \leq 1$ 일 수 있다.
- [0088] 상기 반도체층의 예들은 다음의 도핑된 물질들을 포함할 수 있다:
- [0089] $ZnO_xN_y:Al$, $ZnO_xN_y:Sn$, $SnO_xN_y:Al$, $InO_xN_y:Al$, $InO_xN_y:Sn$, $CdO_xN_y:Al$, $CdO_xN_y:Sn$, $GaO_xN_y:Al$, $GaO_xN_y:Sn$, $ZnSnO_xN_y:Al$, $ZnInO_xN_y:Al$, $ZnInO_xN_y:Sn$, $ZnCdO_xN_y:Al$, $ZnCdO_xN_y:Sn$, $ZnGaO_xN_y:Al$, $ZnGaO_xN_y:Sn$, $SnInO_xN_y:Al$, $SnCdO_xN_y:Al$, $SnGaO_xN_y:Al$, $InCdO_xN_y:Al$, $InCdO_xN_y:Sn$, $InGaO_xN_y:Al$, $InGaO_xN_y:Sn$, $CdGaO_xN_y:Al$, $CdGaO_xN_y:Sn$, $ZnSnInO_xN_y:Al$, $ZnSnCdO_xN_y:Al$, $ZnSnGaO_xN_y:Al$, $ZnInCdO_xN_y:Al$, $ZnInCdO_xN_y:Sn$, $ZnInGaO_xN_y:Al$, $ZnInGaO_xN_y:Sn$, $ZnCdGaO_xN_y:Al$, $ZnCdGaO_xN_y:Sn$, $SnInCdO_xN_y:Al$, $SnInGaO_xN_y:Al$, $SnCdGaO_xN_y:Al$, $InCdGaO_xN_y:Al$, $InCdGaO_xN_y:Sn$, $ZnSnInCdO_xN_y:Al$, $ZnSnInGaO_xN_y:Al$, $ZnInCdGaO_xN_y:Al$, $ZnInCdGaO_xN_y:Sn$ 또는 $SnInCdGaO_xN_y:Al$.
- [0090] 상기 x 는 $0 \leq x \leq 1$ 일 수 있고, 상기 y 는 $0 \leq y \leq 1$ 일 수 있다.
- [0091] 이하에서는 본 발명의 구체적인 실시예들을 제시한다. 다만, 하기에 기재된 실시예들은 본 발명을 구체적으로 예시하거나 설명하기 위한 것에 불과하며, 이로서 본 발명이 제한되어서는 아니된다.
- [0092] **실시예 1: 잉크 조성물의 제조**
- [0093] $InGaZnO$ (이하, IGZO라고 칭함) 이온 잉크 조성물을 하기와 같은 조성으로 제조하였다.
- [0094] $[In(NO_3)_3 \cdot 3H_2O]$, $[Ga(NO_3)_3 \cdot 3H_2O]$, 및 $[Zn(OCOCH_3)_2 \cdot 2H_2O]$ 를 포함하는 금속 산화물 전구체를 2 : 1 : 1의 몰 비로 4-메톡시메탄올무수용매(4-methoxy methanol anhydrous solvent)에 혼합하였다.
- [0095] **실시예 2: 박막 트랜지스터의 제조**
- [0096] 도 1은 실시예 2에 따른 박막 트랜지스터의 제작 과정이다. 상기 도 1에 나타난 실시예 2에 따른 박막 트랜지스터의 제작 과정은 본 발명의 일 구현예 중 하나에 해당하며 이에 제한되지는 않는다.
- [0097] 상기 박막 트랜지스터는 게이트가 채널층과 게이트 유전층 아래에 구비되는 바텀(bottom) 게이트 구조의 박막 트랜지스터이다.
- [0098] 먼저, 기판으로는 P(phosphorus)가 도핑된 Si 웨이퍼(즉 n-type wafer)를 사용하였는데, 상기 기판 위에 형성된

SiO₂ 유전체 층이 게이트 유전체 층으로 제작 되었다. 상기 SiO₂가 적층된 Si 웨이퍼에서는 웨이퍼 자체가 게이트 역할을 하게 된다.

[0099] 이후, 상기 실시예 1에서 제조한 잉크 조성물을 잉크젯 방법을 이용하여 상기 게이트 유전체층 상에 토출하여 반도체층을 형성하였다.

[0100] 이후, 80℃에서 10분간 열처리를 하여 상기 반도체층에 존재하는 유기 용매를 제거하였다. 상기 열처리를 거친 반도체층을 하기 조건으로 광소결 하였다.

[0101] 사용 램프는 제논 램프이며, 펄스 지속 시간은 10ms이고, 펄스 휴지 시간은 10ms이고, 펄스의 수는 10개이다. 상기 제논 램프에 인가된 전압은 430V이며, 전체 펄스 에너지는 $90 \pm 5 \text{ J/cm}^2$ 이었다. 상기 광소결 단계는 총 200ms 안에 이루어졌다.

[0102] 이후 Al 전극을 소스와 드레인 전극으로서 이용하기 위해 상기 반도체층 상에 증착하였다. 상기 Al 전극을 에칭하여 소스 및 드레인 전극을 규정하였다.

[0103] **비교예 1: 박막 트랜지스터의 제조**

[0104] 상기 실시예 2에서 반도체층의 소결 방법을 광소결 대신에 500℃에서 1시간 동안 열처리한 점을 제외하고는 동일한 방법으로 박막 트랜지스터를 제조하였다.

[0105] **실험예**

[0106] **형성된 반도체층의 SEM 사진 확인**

[0107] 도 2은 상기 실시예 2에서 제조한 박막 트랜지스터의 단면 SEM 사진이다.

[0108] 도 2에서 알 수 있듯이, 반도체층으로 이용된 금속 산화물층의 두께는 약 40nm로 매우 얇게 형성된 것을 알 수 있었다.

[0109] **형성된 금속 산화물층의 구조 변화 확인**

[0110] 도 3은 상기 실시예 1에 따른 잉크 조성물, 실시예 2에 따른 반도체층 및 비교예 1에 따른 반도체층의 감쇠 전 반사(attenuated total reflection, ATR) FT-IR(Fourier Transform Infrared spectroscopy) 분석 결과이다.

[0111] 도 3에서 실시예 1은 제조된 잉크 조성물의 ATR FT-IR 곡선을, 실시예 2는 광소결 처리된 반도체층의 ATR FT-IR 곡선을, 그리고 비교예 1은 광소결된 박막과의 비교를 위해 500℃에서 열소결된 반도체층의 ATR FT-IR 곡선을 나타낸다. 실시예 1 및 2 모두 80℃에서의 전처리 과정을 거쳤다.

[0112] 상기 실시예 1은 3000 내지 3500 cm⁻¹ 넓은 피크를 나타내었는데, 이는 O-H의 인장 진동 (stretching vibration)에 의한 것이다. [Zn(OCOCH₃)₂]의 카르보닐 (carbonyl) 그룹은 1613cm⁻¹ 과 1520cm⁻¹ 에서 나타나게 된다. 1380, 1333, 1218 및 1060 cm⁻¹ 에서는 강한 피크를 보이게 되는데, 이것은 이온 잉크내의 유기 그룹에 의한 효과로 해석 되는데, 이들 측정된 피크들은 In(NO₃)·3H₂O 와 Ga(NO₃)·3H₂O 두 전구체 내의 나이트레이트 (nitrate) 그룹에 의한 것으로 생각 되며, 또한 세가지 히드레이트(hydrate) 형태의 전구체가 갖는 물분자로 인해 흡수가 발생하는 것으로 분석 된다.

[0113] 이러한 피크 들은 백색광 단펄스 소결 및 열처리(열소결) 후에는 현저히 줄어들거나 사라지는 것을 도 3의 실시예 2와 비교예 1 에서 각각 알 수 있었다.

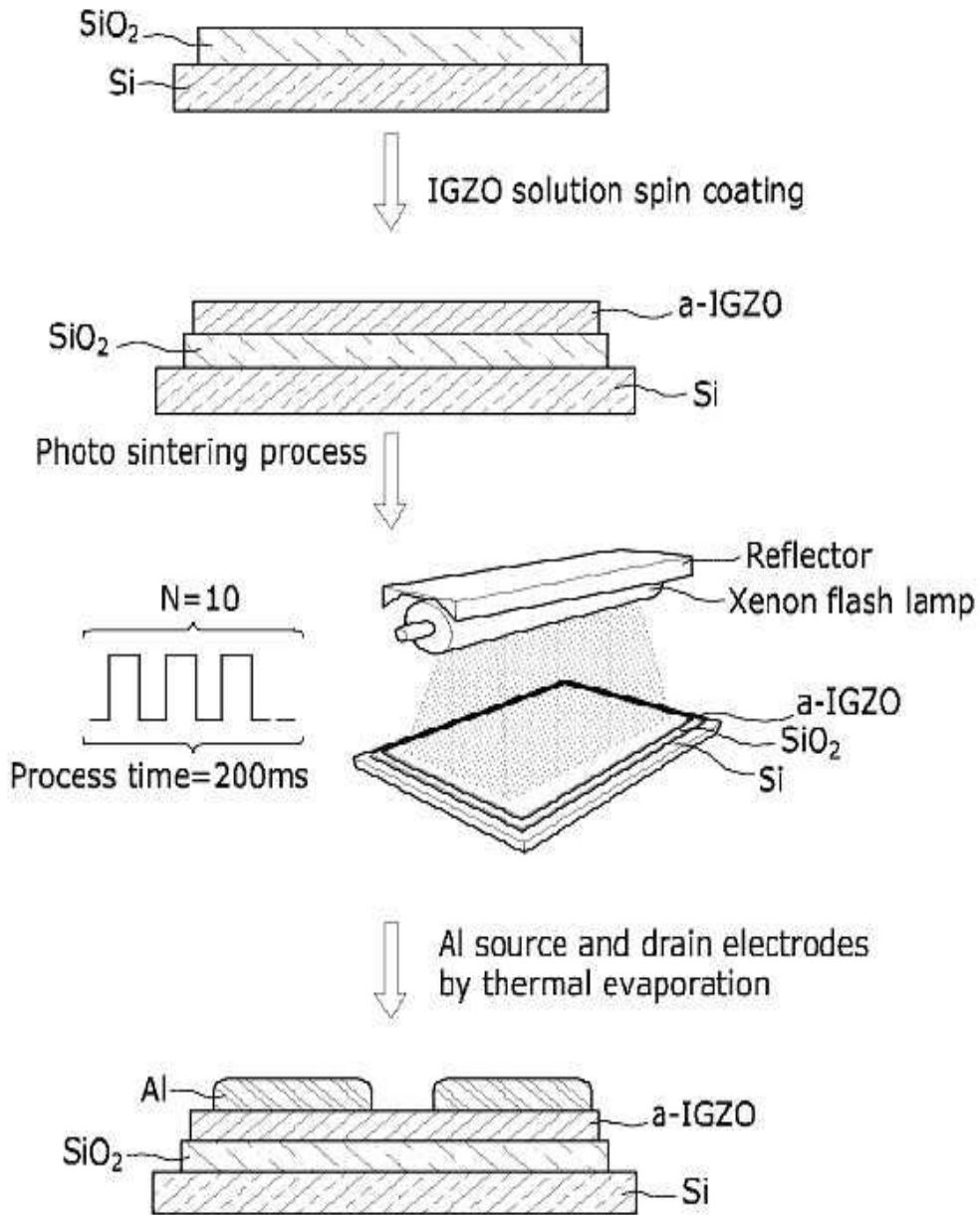
[0114] **X-ray 회절 분석**

[0115] 도 4는 상기 실시예 2 및 비교예 1에서 금속 산화물층의 X-ray 회절 패턴을 나타낸 그래프이다.

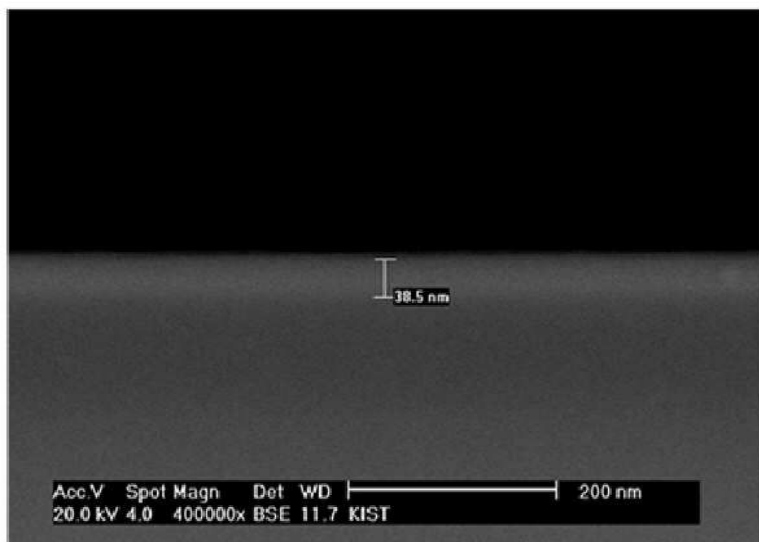
- [0116] 분석 조건은 다음과 같다.
- [0117] XRD 장치: D/Max-2500, Rigaku
- [0118] 스캔 속도(scan speed): $4^\circ/\text{min}$
- [0119] 스캔 범위(scan range): 10 내지 150°
- [0120] 목표물(target): Cu
- [0121] Cu KAlpha1 = 1.54056 \AA
- [0122] Cu KAlpha2 = 1.54439 \AA
- [0123] 비정질의 넓은 피크가 $2\theta=33^\circ$ 부근에서 관찰 되었음을 알 수 있었으며, 비교예 1의 경우 충분한 분자수준의 이동시간으로 인해 피크가 조금 더 강해지는 것이 관찰된다. 이렇게 비정질을 유지하는 측면에서 볼 때도 백색광 단펄스 소결은 장점을 가짐을 알 수 있다.
- [0124] 박막 트랜지스터의 특성 평가
- [0125] 도 5는 상기 실시예 2에 따른 박막 트랜지스터의 출력 및 전달 특성 평가 그래프이다.
- [0126] 도 5의 (a)에서 보는 바와 같이, 드레인 전류와 드레인-소스 전압 곡선의 분석을 통해 제작된 구동층은 n-형의 반도체 성질을 갖는 것으로 확인 됐다.
- [0127] 또한 소자의 트랜스퍼(전달특성, transfer) 특성도 드레인 전압 $V_{DS} = 40 \text{ V}$ 에서 측정 되었는데, 계산된 이동도는 $1.17\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 정도로 나타났다.
- [0128] 또한 백색광 단펄스 소결에 의해 처리된 소자의 점멸비 (on-off ratio)는 10^6 정도의 달성이 가능했다.
- [0129] 본 발명은 상기 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 제조될 수 있으며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면

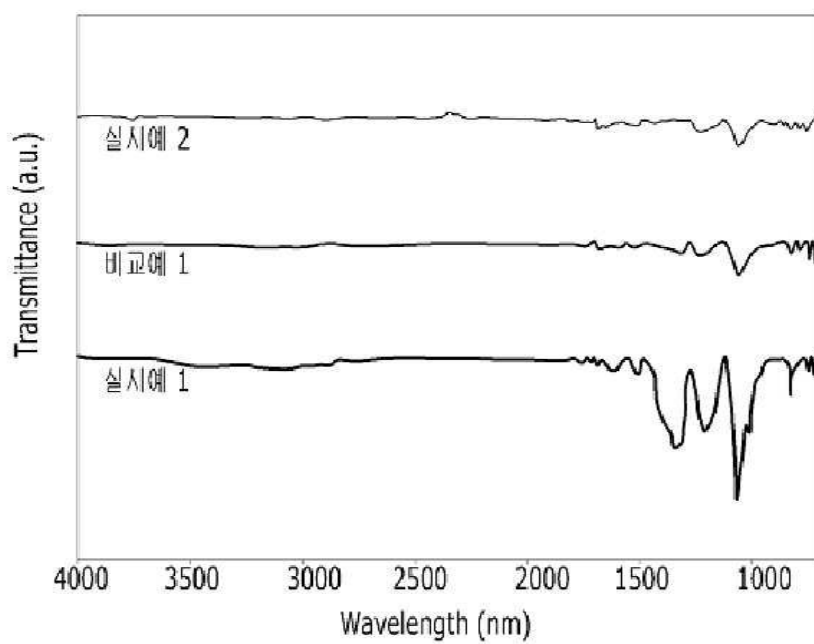
도면1



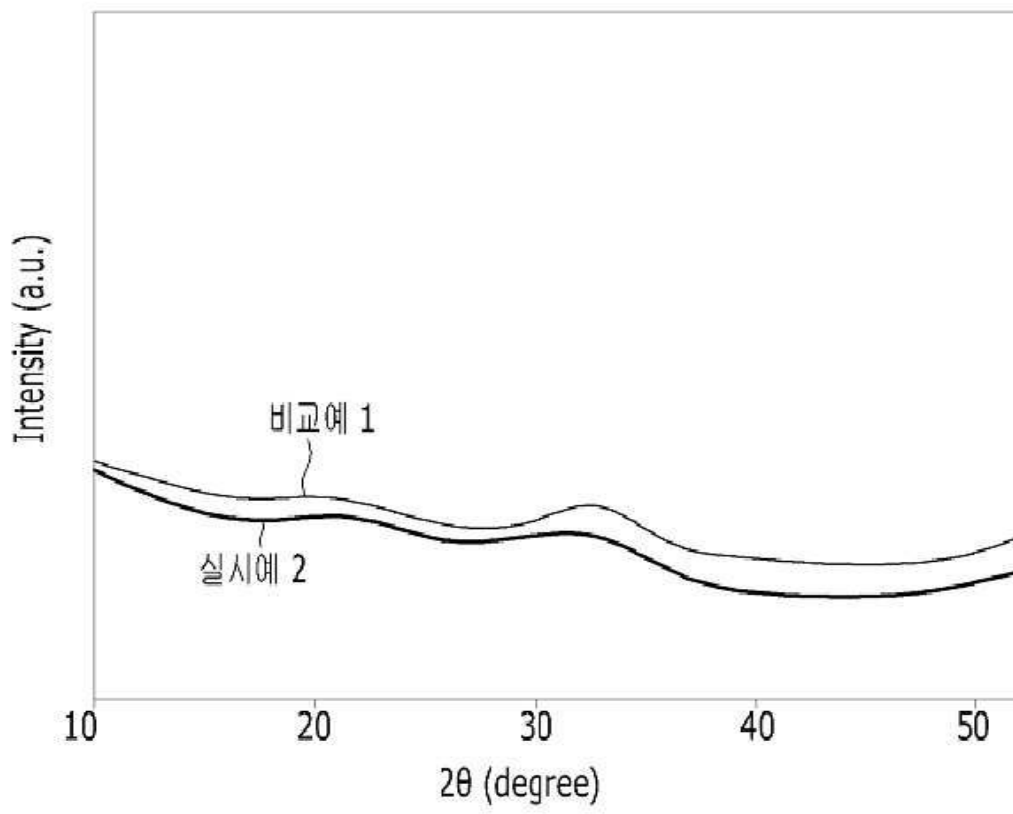
도면2



도면3



도면4



도면5

