(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0011118
(43) 공개일자 2011년02월08일

(51) Int. Cl.
H01L 35/12 (2006.01) *H01L 21/203* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0068608
(22) 출원일자 2009년07월28일
심사청구일자 2009년07월28일

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울 마포구 신수동 1-1 서강대학교
(72) 발명자
정명화
서울특별시 마포구 신공덕동 메트로디오빌 2306호
이성익
서울특별시 마포구 창전동 독막길 444 서강쌍용예가 104-403
(74) 대리인
이평우

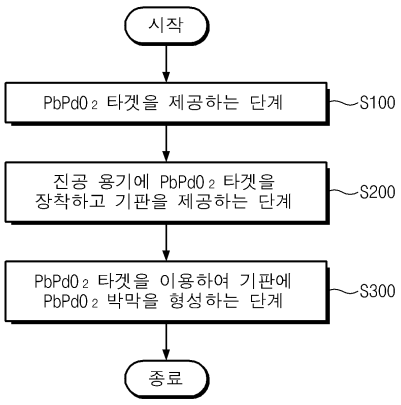
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 갭리스 반도체 박막의 형성 방법

(57) 요 약

본 발명은 갭리스 반도체 박막의 형성 방법을 제공한다. 이 방법은 납팔라듐산화물 타겟을 제공하는 것, 진공 용기에 상기 납팔라듐산화물 타겟을 장착하고 기판을 제공하는 것, 및 납팔라듐산화물 타겟을 이용하여 기판에 납팔라듐산화물 박막을 형성하는 것을 포함한다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 200921029.01
부처명
연구관리전문기관
연구사업명
연구과제명 틈 없는 자성 반도체의 전도 메커니즘 규명
기여율
주관기관 한국학술진흥재단
연구기간

특허청구의 범위

청구항 1

납팔라듐산화물 타겟을 제공하는 단계;

진공 용기에 상기 납팔라듐산화물 타겟을 장착하고 기판을 제공하는 단계; 및

상기 납팔라듐산화물 타겟을 이용하여 상기 기판에 납팔라듐산화물 박막을 형성하는 단계를 포함하는 갭리스 반도체 박막의 형성 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 납팔라듐산화물 타겟을 제공하는 단계는:

납산화물 분말을 제공하는 단계;

팔라듐산화물 분말을 제공하는 단계; 및

상기 납산화물 분말과 상기 팔라듐산화물 분말을 혼합하여 소결하는 단계를 포함하고,

상기 납산화물 분말과 상기 팔라듐산화물 분말의 혼합 비율은 1.05:1~ 1.2:1 인 것을 특징으로 하는 갭리스 반도체 박막의 형성 방법.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 납산화물 분말과 상기 팔라듐산화물 분말의 소결은 섭씨 650도 내지 섭씨 750도에서 수행되는 것을 특징으로 하는 갭리스 반도체 박막의 형성 방법.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 납팔라듐산화물 타겟을 이용하여 상기 기판에 납팔라듐산화물 박막을 형성하는 단계는:

상기 기판을 가열하는 단계;

상기 진공 용기에 산소를 유입시키는 단계; 및

상기 납팔라듐산화물 타겟에 펄스 레이저를 조사하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 갭리스 반도체 박막의 형성 방법.

청구항 5

제4 항에 있어서,

상기 펄스 레이저의 주파수는 3 Hz 내지 10 Hz인 것을 특징으로 하는 갭리스 반도체 박막의 형성 방법.

청구항 6

제4 항에 있어서,

상기 진공 용기의 산소의 압력은 100 mTorr 내지 1 Torr 인 것을 특징으로 하는 갭리스 반도체 박막의 형성 방법.

청구항 7

제1 항에 있어서,

상기 기판의 온도는 섭씨 700도 내지 섭씨 800도 인 것을 특징으로 하는 갭리스 반도체 박막의 형성 방법.

청구항 8

제1 항에 있어서,

상기 납팔라듐산화물 타겟을 이용하여 상기 기판에 납팔라듐산화물 박막을 형성하는 단계는:

상기 기판을 가열하는 단계;

상기 진공 용기에 산소를 유입시키는 단계; 및

상기 납팔라듐산화물 타겟에 전력을 인가하여 스퍼터(sputtering)시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 갭리스 반도체 박막의 형성 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 납팔라듐산화물 박막이 형성된 기판을 열처리하는 단계를 더 포함하는 갭리스 반도체 박막의 형성 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 기판의 열처리는 산소 분위기의 대기압에서 섭씨 650도 내지 섭씨 750도인 것을 특징으로 하는 갭리스 반도체 박막의 형성 방법.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 기판을 세정하는 단계를 더 포함하는 갭리스 반도체 박막의 형성 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 기판을 세정하는 단계는:

아세톤, 알콜, 및 DI 물 중에서 적어도 하나를 사용하는 것을 특징으로 하는 갭리스 반도체 박막의 형성 방법.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 기판은 MgO, Si, MgAl2O4, GaAs, Al2O3, 또는 Si 인 것을 특징으로 하는 갭리스 반도체 박막의 형성 방법.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 납팔라듐산화물박막은 단결정 또는 다결정의 오소롬빅(orthorhhombic) 구조인 것을 특징으로 하는 갭리스 반도체 박막의 형성 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 갭리스 반도체에 관한 것으로, 더 구체적으로 PbPdO2 박막의 형성 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 열전소자는 태양에너지를 이용한 발전뿐만 아니라 체열을 이용한 발전, 폐열 및 지열 등을 이용한 발전 등 응용처가 매우 다양하며, 녹색(green) 에너지로서 미래지향적인 특성을 가진 분야라 할 수 있다.

[0003] 열전효과(thermoeletric effect)는 1821년 토마스 지백(Thomas Zeebeck)에 의하여 발견되었으며, 1950년대에 들어서 반도체 재료의 발견과 함께 산업에 널리 적용되고 있다. 통상적으로, 열전효과를 발생하는 재료는 Bi_2Te_3을 사용하고 있다. ZT(무차원 열전소자 성능지수, fignure of merit)은 $ZT = \sigma S^2/\lambda$로 정의된다. 여기서, σ는 전기 전도도(electric conductivity), λ는 열전도도(thermal conductivity), S는 지백 계수(Zeeback Coeffficient)이다.

[0004] Bi_2Te_3의 ZT(무차원 열전소자 성능지수, fignure of merit)의 값은 1에 근접하고 있다. 그러나, Bi_2Te_3를 이용한 열전소자는 낮은 기계적 강도를 가지며, 소형화하기에 어려우며, 습기에 매우 취약한 특성을 가진다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0005] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 열전기 특성이 우수한 PbPdO2 박막의 형성 방법을 제공하는 것이다.

과제 해결수단

[0006] 본 발명의 일 실시예에 따른 갭리스 반도체 박막의 형성 방법은 납팔라듐산화물 타겟을 제공하는 단계, 진공 용기에 상기 납팔라듐산화물 타겟을 장착하고 기판을 제공하는 단계, 및 상기 납팔라듐산화물 타겟을 이용하여 상기 기판에 납팔라듐산화물 박막을 형성하는 단계를 포함한다.

[0007] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 납팔라듐산화물 타겟을 제공하는 단계는 납산화물 분말을 제공하는 단계, 팔라듐산화물 분말을 제공하는 단계, 및 상기 납산화물 분말과 상기 팔라듐산화물 분말을 혼합하여 소결하는 단계를 포함한다. 상기 납산화물 분말과 상기 팔라듐산화물 분말의 혼합 비율은 1.05:1~ 1.2:1 일 수 있다.

[0008] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 납산화물 분말과 상기 팔라듐산화물 분말의 소결은 섭씨 650도 내지 섭씨 750도에서 수행될 수 있다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 납팔라듐산화물 타겟을 이용하여 상기 기판에 납팔라듐산화물 박막을 형성하는 단계는 상기 기판을 가열하는 단계, 상기 진공 용기에 산소를 유입시키는 단계, 및 상기 납팔라듐산화물 타겟에 펄스 레이저를 조사하는 단계를 포함한다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 펄스 레이저의 주파수는 3 Hz 내지 10 Hz일 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 진공 용기의 산소의 압력은 100 밀리토르(mTorr) 내지 1 토르(Torr) 일 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 기판의 온도는 섭씨 700도 내지 섭씨 800도 일 수 있다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 납팔라듐산화물 타겟을 이용하여 상기 기판에 납팔라듐산화물 박막을 형성하는 단계는 상기 기판을 가열하는 단계, 상기 진공 용기에 산소를 유입시키는 단계, 및 상기 납팔라듐산화물 타겟에 전력을 인가하여 스퍼터(sputtering)시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 납팔라듐산화물 박막이 형성된 기판을 열처리하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 기판의 열처리는 산소 분위기의 대기압에서 섭씨 650도 내지 섭씨 750 도 일 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 기판을 세정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 기판을 세정하는 단계는 아세톤, 알콜, 및 DI 물 중에서 적어도 하나를 사용할 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 기판은 MgO, Si, MgAl2O4, GaAs, Al2O3, 또는 Si 일 수 있다.

[0019] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 납팔라듐산화물박막은 단결정 또는 다결정의 오소롬빅(orthorhhombic) 구조일 수 있다.

효 과

[0020] 본 발명의 일 실시예에 따른 박막의 형성 방법은 PbPdO2 박막을 제공한다. 상기 PbPdO2 박막은 우수한 열전기 특성을 가진다. 상기 PbPdO2 박막은 자성 메모리 소자(magnetic memory device), 홀(Hall) 소자, 또는 열전 소자(thermoelectric device)에 사용될 수 있다. 상기 PbPdO2 박막은 진공 용기에서 산소 분위기에서 형성되어 PbO의 조성비를 조절할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0021] 갭리스 반도체는 자성 메모리 소자(magnetic memory device), 홀(Hall) 소자, 또는 열전 소자(thermoelectric device)로 사용될 수 있다. 상기 자성 메모리 소자는 GMR(Giant Magnetoresistance) 현상을 이용할 수 있다. 상기 GMR 현상을 유발하는 물질은 높은 스핀 분극(spin polarization)과 긴 평균 자유 경로(long mean free path)를 요구한다. 상기 갭리스 반도체(gapless semiconductor)는 높은 스핀 분극(spin polarization)과 긴 평균 자유 경로(mean free path)를 가질 수 있다. HgCdTe, HgCdSe 같은 Hg-기반(based) IV-VI 족(group) 화합물은 갭리스 반도체이다. 그러나, Hg-기반(based) IV-VI 족(group) 화합물은 독성(toxic)을 가지며, 쉽게 산화될 수 있다. 따라서, 산화물 계열의 갭리스 반도체는 독성(toxic)이 없으며 산화의 문제가 없어 GMR 물질 또는 열전 소자로 이용될 수 있다. PbPdO2는 갭리스 반도체일 수 있다. PbPdO2 박막은 기판에 소자로 구현될 수 있어 다양한 분야에 응용될 수 있다.

[0022] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되어지는 실시예들에 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 제공되어지는 것이다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호로 표시된 부분들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.

[0023] 도 1 및 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 PbPdO2 박막의 형성 방법을 설명하는 흐름도이다.

[0024] 도 1 및 도 2를 참조하면, 상기 PbPdO2 박막의 형성 방법은 PbPdO2 타겟을 제공하는 단계(S100), 진공 용기에 상기 PbPdO2 타겟을 장착하고 기판을 제공하는 단계(S200), 및 상기 PbPdO2 타겟을 이용하여 상기 기판에 PbPdO2 박막을 형성하는 단계(S300)를 포함한다.

[0025] 상기 PbPdO2 타겟을 제공하는 단계(S100)는 납산화물(PbO) 분말을 제공하는 단계(S110), 팔라듐 산화물(PdO) 분말을 제공하는 단계(S120), 상기 PbO 분말과 상기 PdO 분말을 혼합하여 소결하는 단계(S130)를 포함한다. 상기 PbO 분말 및 상기 PdO 분말은 99.99퍼센트 이상의 고순도일 수 있다. 상기 PbO 분말과 상기 PdO 분말의 소결(sintering)은 섭씨 650도 내지 섭씨 750도에서 수행될 수 있다. 상기 PbO 분말과 상기 PdO 분말의 몰(mole) 혼합 비율은 1.05:1~ 1.2:1 일 수 있다. 상기 소결 시간은 12 시간 정도일 수 있다. 상기 PbO 분말의 몰 혼합 비율은 상기 소결 온도 및 소결 시간에 의존할 수 있다. 상기 PbO 분말의 몰 혼합 비율이 높은 것은 높은 휘발성(volatility)에 기인할 수 있다. 상기 소결된 PbPdO2 타겟은 다시 분말로 그라인딩(grinding)될 수 있다. 상기 그리인딩된 PbPdO2은 다시 소결될 수 있다. 상기 소결 및 그라인딩 공정은 3회 이상 반복될 수 있다. 상기 PbPdO2 타겟은 비정질 구조 또는 다결정 구조일 수 있다.

[0026] 상기 진공 용기는 상기 PbPdO2 타겟을 장착하는 타켓 홀더를 포함할 수 있다. 상기 진공 용기는 상기 기판을 장착하는 기판 홀더를 포함할 수 있다. 상기 기판 홀더는 기판 가열부를 포함할 수 있다. 상기 기판은 MgO, Si, MgAl2O4, GaAs, Al2O3, 또는 Si 일 수 있다. 상기 기판은 아세톤, 알콜, 및 DI 물로 순차적으로 세정될 수 있다. 상기 진공 용기는 가스를 유입하는 유체 유입부 및 유체를 배기하는 유체 배기부를 포함할 수 있다. 상기 진공 용기는 상기 유체 배기부에 의하여 기본 압력(base pressure)까지 배기될 수 있다. 상기 PbPdO2 타겟과 상기 기판은 서로 대향하게 배치될 수 있다. 상기 기본 압력(base pressure)은 10^{-7} Torr 이하일 수 있다.

[0027] 상기 기판은 가열될 수 있다(S310). 상기 기판의 가열은 상기 기판 홀더에 장착된 기판 가열부에 의하여 수행될 수 있다. 상기 기판의 온도는 섭씨 700도 내지 섭씨 800도 일 수 있다.

[0028] 상기 진공 용기에 산소가 유입될 수 있다(S320).상기 진공 용기의 산소의 압력은 100 mTorr 내지 1 Torr 일 수 있다. 상기 산소의 압력은 증착된 PbPdO2 박막의 조성비를 변경할 수 있다. 상기 산소는 PbO의 증발성에

의한 산소를 보충하는 기능을 수행할 수 있다. 상기 진공 용기는 상기 산소 이외의 다른 불활성 가스 또는 반응 가스를 포함할 수 있다.

[0029] 상기 PbPdO2 타겟에 펄스 레이저를 조사하는 단계(S330)를 포함할 수 있다.상기 PbPdO2 타켓에 조사된 레이저는 상기 PbPdO2 타켓을 어블레이션(ablation)시킬 수 있다. 상기 PbPdO2 타켓에서 탈착(desorption)된 PbPdO2는 상기 기판에 증착될 수 있다. 상기 기판에 증착된 PbPdO2는 상기 기판의 열에 의하여 교번하면서 적층된 PbO층/PdO층 구조를 형성할 수 있다. 상기 펄스 레이저의 주파수는 3 Hz 내지 10 Hz일 수 있다. 레이저 플루언스(laser fluence)는 2.6 Jule/cm^2 일 수 있다. 상기 펄스 레이저는 파장 248 nm의 KrF 엑시머 레이저(KrF eximer lasaer)일 수 있다. 상기 펄스 레이저의 빔(beam)은 미러(mirror) 및 포커싱 렌즈(focusing lens)를 통하여 상기 PbPdO2 타겟에 조사될 수 있다.

[0030] 상기 PbPdO2 박막이 형성된 기판은 열처리될 수 있다(S400). 상기 기판의 열처리는 산소 분위기의 상압에서 섭씨 650도 내지 섭씨 750도일 수 있다. 상기 기판의 열처리 온도는 상기 PbPdO2 박막의 형성온도가 같은 것이 바람직할 수 있다. 상기 PbPdO2 박막은 단결정, 또는 다결정의 오소롬빅(orthorhhombic) 구조일 수 있다.

[0031] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 방법에 의하여 형성된 PbPdO2 박막의 전기 전도도(electric conductivity)를 설명하는 도면이다.

[0032] 도 3을 참조하면, 상기 전기 전도도는 전류 방법으로 PPMS(physical property measuring system)으로 측정되었다. 상기 전기 전도도는 4 프르브 방식(four probe method)으로 측정되었다. 상기 전기 전도도는 온도에 따라 급격히 감소하다가 서서히 증가하는 경향성을 보였다. 상기 전기 전도도의 기울기의 부호가 변하는 지점은 100 K(Kelvin) 부분이었다. 상기 전기 전도도의 기울기의 부호 변화는 금속-절연체 천이(transiotion) 특성에 기인할 수 있다.

[0033] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 방법에 의하여 형성된 PbPdO2 박막의 열 용량(specific heat)를 설명하는 도면이다.

[0034] 도 4를 참조하면, 상기 열 용량은 PPMS으로 측정되었다. 금속-절연체 천이 특성은 열용량을 측정하여 확인될 수 있다. 그러나, 상기 열 용량은 온도에 따라 점차 증가하는 특성을 보였다. 즉, 상기 열 용량은 100 K 부근에서 금속-절연체 천이 특성을 보이지 않았다. 상기 금속-절연체 천이 특성을 보이지 않는 것은 상기 PbPdO2 박막이 갭리스 반도체임을 보여주는 증거이다.

[0035] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 방법에 의하여 제조된 PbPdO2 박막의 지백 계수(S)를 설명하는 도면이다.

[0036] 도 5를 참조하면, 지백 계수(S)는 저온 유지 시스템(cryostat system)으로 측정되었다. 상기 지백 계수(S)는 온도에 따라 점진적으로 증가하는 특성을 보였다. 상기 PbPdO2 박막의 지백 계수(S)는 상온(room temperature) 근처에서 270 μV/K 정도의 아주 우수한 특성을 보였다.

[0037] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 방법에 의하여 제조된 PbPdO2 박막과 나트륨코발트산화물의 파워 펙터(S^2/ρ)를 비교하는 도면이다.

[0038] 도 6을 참조하면, 300 K에서 PbPdO2 박막의 지백 계수(S)는 270 μV/K 이었다. 상기 PbPdO2 박막의 비저항(resistivity:ρ)은 300 K에서 160mΩcm 이었다. 따라서, 파워 펙터(S^2/ρ)는 0.456μW/K^2cm 이었다. 상기 PbPdO2 박막의 지백 계수(S)는 $NaCo_2O_4$ 의 지백 계수보다 2.7 배 크다. ZT(무차원 열전소자 성능지수)을 계산하기 위하여, 상기 PbPdO2 박막의 열전도도(thermal conductivity)가 요구되나, 박막의 특성상 상기 PbPdO2 박막의 상기 열 전도도는 측정하지 못하였다. 그러나, 벌크 형태의 PbPdO2를 참조하면, 상기 PbPdO2 박막의 ZT(무차원 열전소자 성능지수)는 1 이상이라고 예상된다. 상기 PbPdO2 박막의 이동도(mobility)는 홀 계수(hall coefficient)를 측정하여 계산하였다. 상기 PbPdO2 박막의 이동도(mobility)는 90.7 cm^2/Vsec 이었다.

[0039] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 방법에 의하여 제조된 PbPdO2 박막의 X-레이 회절(X-ray diffraction: XRD) 데이터이다.

[0040] 도 7을 참조하면, 상기 XRD 데이터는 불순물이 함유되지 않았음을 보여준다. 실리콘(Si)의 피키들(peaks)은 실리콘 기판의 영향으로 관측되었다. 상기 PbPdO2 박막은 단결정 또는 다결정일 수 있다. 상기 PbPdO2 박막의 결정 구조는 오소롬빅(orthorhombic) 구조일 수 있다. 상기 PbPdO2 박막은 PbO 층과 PdO층이 교번되면서 순차적

으로 적층된 구조일 수 있다.

[0041] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 방법에 의하여 제조된 PbPdO2 박막의 형성에 제공된 PLD(pulsed laser deposition) 장치를 설명하는 도면이다.

[0042] 도 8을 참조하면, 상기 진공 용기(102)는 PbPdO2 타겟(130)을 장착하는 타켓 홀더(108)를 포함할 수 있다. 상기 타켓 홀더(108)는 회전할 수 있다. 상기 진공 용기(102)는 상기 기판(120)을 장착하는 기판 홀더(104)를 포함할 수 있다. 상기 기판 홀더(104)는 기판 가열부(미도시)를 포함할 수 있다. 상기 기판 홀더(104)는 직선 운동 또는 회전 운동할 수 있다. 상기 기판(120)은 MgO, Si, MgAl2O4, GaAs, Al2O3, 또는 Si 일 수 있다. 상기 기판(120)은 아세톤, 알콜, 및 DI 물로 순차적으로 세정될 수 있다. 상기 기판(120)의 가열은 상기 기판 가열부에 의하여 수행될 수 있다. 상기 기판(120)의 온도는 섭씨 700도 내지 섭씨 800도 일 수 있다. 상기 PbPdO2 타겟(130)과 상기 기판(120)은 서로 대향하게 배치될 수 있다.

[0043] 상기 진공 용기(102)는 가스를 유입하는 유체 제공부(106) 및 유체를 배기하는 유체 배기부(101)를 포함할 수 있다. 상기 진공 용기(102)는 상기 유체 배기부(101)에 의하여 기본 압력(base pressure)까지 배기될 수 있다. 상기 기본 압력(base pressure)은 10^{-7} Torr 이하일 수 있다. 상기 유체 제공부(106)는 산소를 상기 진공 용기(102)에 제공할 수 있다. 상기 진공 용기(102)의 산소의 압력은 100 mTorr 내지 1 Torr 일 수 있다. 상기 산소의 압력은 증착된 PbPdO2 박막의 조성비를 변경할 수 있다. 상기 산소는 PbO의 증발성에 의한 산소를 보충하는 기능을 수행할 수 있다. 상기 진공 용기(102)는 상기 산소 이외의 다른 불활성 가스 또는 반응 가스를 포함할 수 있다.

[0044] 레이저(142)의 출력광은 미러(146)에 입사할 수 있다. 상기 미러(146)는 상기 출력광의 광 경로를 변경하여 반사광을 제공할 수 있다. 상기 반사광은 렌즈를 통하여 집속될 수 있다. 상기 집속된 광은 유전체 창문(103)을 통하여 상기 PbPdO2 타겟(130)에 조사(illumination)될 수 있다. 상기 PbPdO2 타겟(130)은 어블레이션되어 상기 기판(120) 상에 PbPdO2 박막을 제공할 수 있다. 상기 레이저(142)는 펄스 레이저일 수 있다. 상기 펄스 레이저의 주파수는 3 Hz 내지 10 Hz일 수 있다. 레이저 플루언스(laser fluence)는 2.6 Jule/cm^2 일 수 있다. 상기 펄스 레이저는 파장 248 nm의 KrF 엑시머 레이저(KrF eximer lasaer)일 수 있다.

[0045] 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 방법에 의하여 제조된 PbPdO2 박막의 형성에 제공된 스퍼터(sputter) 장치를 도면이다.

[0046] 도 9를 참조하면, 상기 진공 용기(202)는 PbPdO2 타겟(230)을 장착하는 타켓 홀더(208)를 포함할 수 있다. RF 전원(252) 또는 DC 전원이 상기 타켓 홀더(130)에 전력을 공급할 수 있다. 상기 RF 전원(252)과 상기 타켓 홀더(130) 사이에 임피던스 정합 회로(254)가 배치될 수 있다.

[0047] 상기 진공 용기(202)는 상기 기판(220)을 장착하는 기판 홀더(204)를 포함할 수 있다. 상기 기판 홀더(204)는 기판 가열부(미도시)를 포함할 수 있다. 상기 기판 홀더(204)는 직선 운동 또는 회전 운동할 수 있다. 상기 기판(220)은 MgO, Si, MgAl2O4, GaAs, Al2O3, 또는 Si 일 수 있다. 상기 기판(220)은 아세톤, 알콜, 및 DI 물로 순차적으로 세정될 수 있다. 상기 기판(220)의 가열은 상기 기판 홀더에 장착된 기판 가열부에 의하여 수행될 수 있다. 상기 기판(220)의 온도는 섭씨 700도 내지 섭씨 800도 일 수 있다. 상기 PbPdO2 타겟(230)과 상기 기판(220)은 서로 대향하게 배치될 수 있다.

[0048] 상기 진공 용기(202)는 가스를 유입하는 유체 제공부(106) 및 유체를 배기하는 유체 배기부(201)를 포함할 수 있다. 상기 진공 용기(202)는 상기 유체 배기부(201)에 의하여 기본 압력(base pressure)까지 배기될 수 있다. 상기 기본 압력(base pressure)은 10^{-7} Torr 이하일 수 있다. 상기 진공 용기(202)의 산소의 압력은 100 mTorr 내지 1 Torr 일 수 있다. 상기 산소의 압력은 증착된 PbPdO2 박막의 조성비를 변경할 수 있다. 상기 산소는 PbO의 증발성에 의한 산소를 보충하는 기능을 수행할 수 있다. 상기 진공 용기(202)는 상기 산소 이외의 다른 불활성 가스 또는 반응 가스를 포함할 수 있다.

[0049] 상기 RF 전원 또는 상기 DC 전원은 플라즈마를 형성할 수 있다. 상기 플라즈마는 상기 PbPdO2 타겟()을 충격하여 PbPdO2를 스퍼터링할 수 있다. 스퍼링된 PbPdO2는 상기 기판에 PbPdO2 박막을 제공할 수 있다. 상기 RF 전원 또는 상기 DC 전원은 펄스 모드로 동작할 수 있다. 상기 RF 전원의 주파수는 13.56 MHz 일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0050] 도 1 및 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 PbPdO2 박막의 형성 방법을 설명하는 흐름도이다.

[0051] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 방법에 의하여 형성된 PbPdO2 박막의 전기 전도도(electric conductivity)를 설명하는 도면이다.

[0052] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 방법에 의하여 형성된 PbPdO2 박막의 열 용량(specific heat)를 설명하는 도면이다.

[0053] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 방법에 의하여 제조된 PbPdO2 박막의 지백 계수(S)를 설명하는 도면이다.

[0054] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 방법에 의하여 제조된 PbPdO2 박막과 나트륨코발트산화물의 파워 펙터(S^2/ρ)를 비교하는 도면이다.

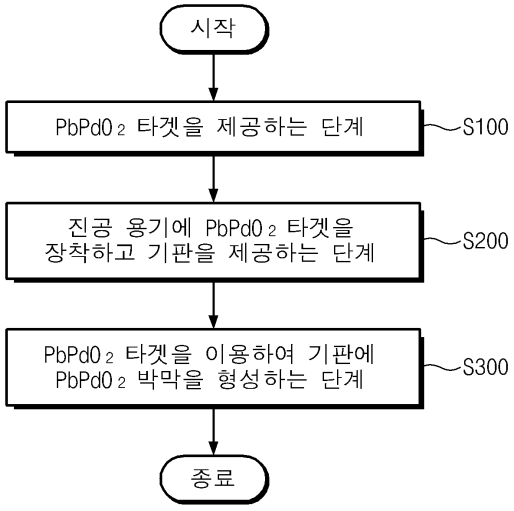
[0055] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 방법에 의하여 제조된 PbPdO2 박막의 X-레이 회절(X-ray diffraction: XRD) 데이터이다.

[0056] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 방법에 의하여 제조된 PbPdO2 박막의 형성에 제공된 PLD(pulsed laser deposition) 장치를 설명하는 도면이다.

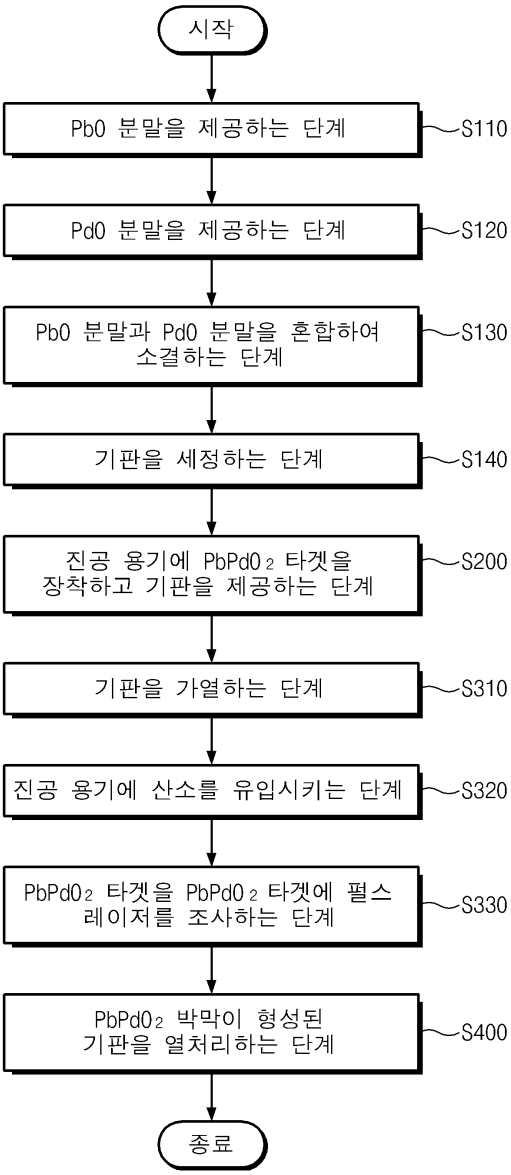
[0057] 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 방법에 의하여 제조된 PbPdO2 박막의 형성에 제공된 스퍼터(sputter) 장치를 도면이다.

도면

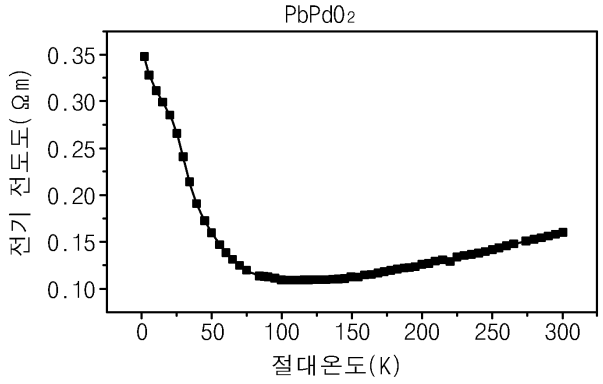
도면1



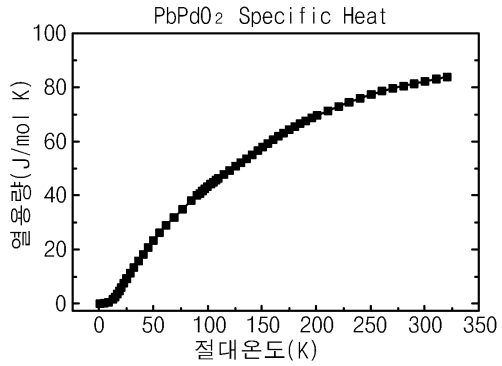
도면2


시작
PbO 분말을 제공하는 단계
S110
PdO 분말을 제공하는 단계
S120
PbO 분말과 PdO 분말을 혼합하여 소결하는 단계
S130
기판을 세정하는 단계
S140
진공 용기에 PbPdO2 타겟을 장착하고 기판을 제공하는 단계
S200
기판을 가열하는 단계
S310
진공 용기에 산소를 유입시키는 단계
S320
PbPdO2 타겟을 PbPdO2 타겟에 펄스 레이저를 조사하는 단계
S330
PbPdO2 박막이 형성된 기판을 열처리하는 단계
S400
종료

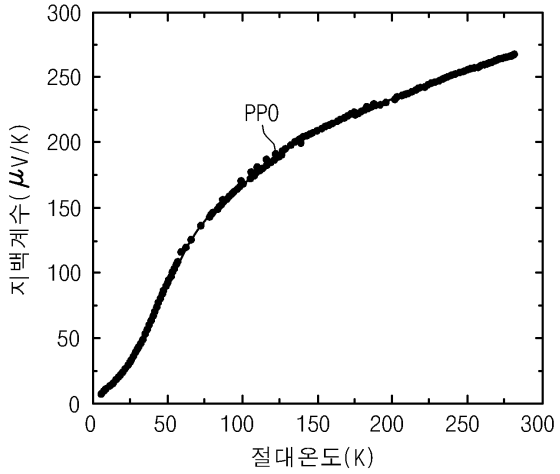
도면3


PbPdO2
전기 전도도(Ωm)
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0
50
100
150
200
250
300
절대온도(K)

도면4



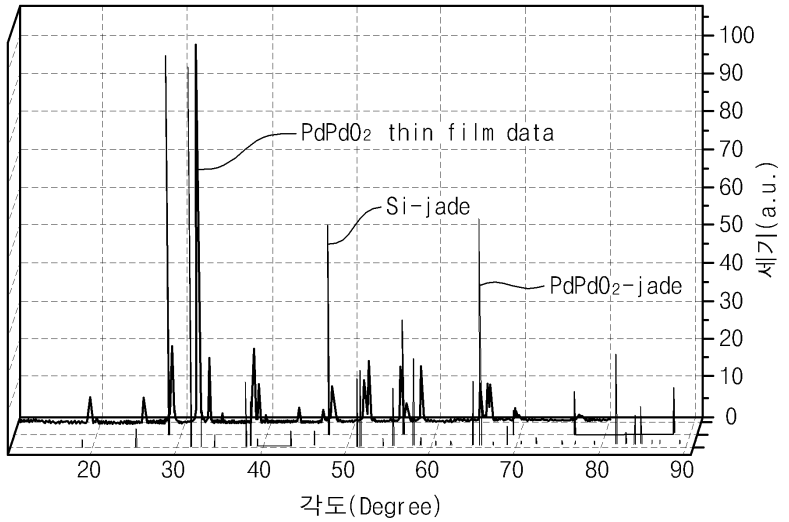
도면5



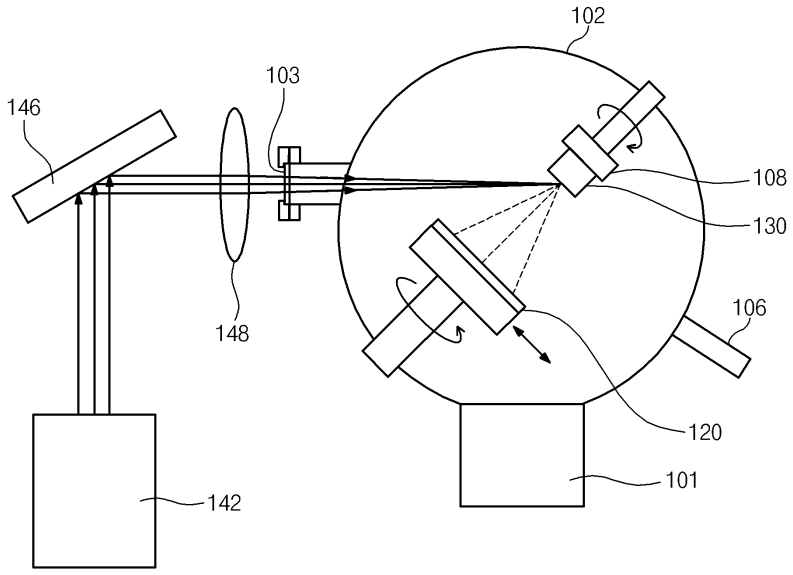
도면6

Parameter	Unit	$NaCo_2O_2$	$PbPdO_2$
ρ	mΩcm	0.2	160
|S|	μV/K	100	270
S^2/ρ	$\mu W/K^2cm$	50	0.456
μ	cm^2/Vs	13	90.7

도면7


PdPd02 thin film data
Si-jade
PdPd02-jade
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
세기(a.u.)
20
30
40
50
60
70
80
90
각도(Degree)

도면8


102
103
146
108
130
106
148
120
101
142

도면9

