



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0014530
(43) 공개일자 2014년02월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B82B 3/00 (2006.01) H01B 5/14 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0080709
(22) 출원일자 2012년07월24일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
엘지디스플레이 주식회사
서울특별시 영등포구 여의대로 128(여의도동)
(72) 발명자
이재익
서울 서대문구 홍제원길 26, B동 501호 (홍제동, 그레이스아파트)
고유선
서울 송파구 올림픽로33길 17, 7동 407호 (신천동, 미성아파트)
(74) 대리인
(뒷면에 계속)
특허법인로알

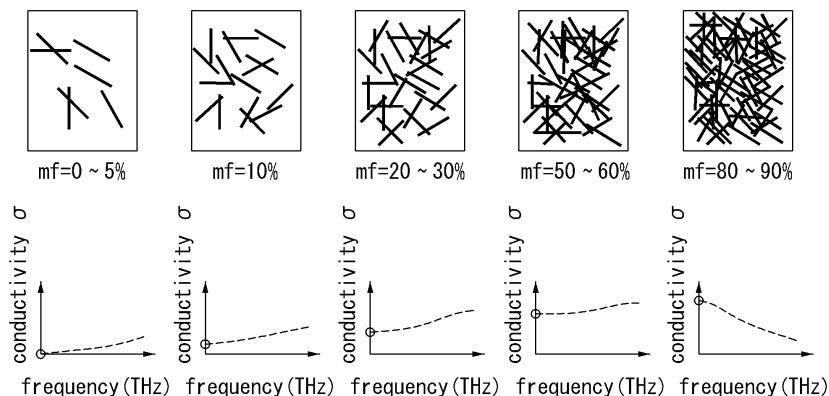
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 나노 소재 박막 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 원하는 전기 전도 특성을 갖는 나노 소재 박막을 제조하는 방법에 관한 것이다. 본 발명에 의한 나노 소재 박막 제조 방법은, 나노 소재를 포함하는 표준 박막을 형성하는 단계; 테라헤르츠 분광학 측정법으로 상기 표준 박막에 대한 주파수 별 특성 정보를 측정하는 단계; 상기 주파수별 특성 정보를 이용한 모델링을 통해 도포량에 따른 주파수별 전기 전도 특성 변화 데이터를 산출하는 단계; 그리고 상기 주파수별 전기 전도 특성 변화 데이터를 바탕으로 특정 특성을 갖는 나노 박막에 대한 제조 조건을 선택하는 단계를 포함한다. 본 발명에 의한 나노 소재 박막 제조 방법에 의하면, 표준 박막 하나만으로도 다양한 전기 전도 특성을 갖는 나노 박막 제조 조건을 정확하게 도출할 수 있다.

대표도 - 도2d



(72) 발명자

김길석

인천 남동구 석촌로14번길 40, 201호 (간석동, 초
원빌라)

김철홍

경기 고양시 일산동구 위시티4로 46, 209동 2103호
(식사동, 위시티일산자이2단지)

특허청구의 범위

청구항 1

나노 소재를 포함하는 표준 박막을 형성하는 단계;

테라헤르츠 분광학 측정법으로 상기 표준 박막에 대한 주파수 별 특성 정보를 측정하는 단계;

상기 주파수 별 특성 정보를 이용한 모델링을 통해 도포량에 따른 주파수 별 전기 전도 특성 변화 데이터를 산출하는 단계; 그리고

상기 주파수 별 전기 전도 특성 변화 데이터를 바탕으로 특정 특성을 갖는 나노 박막에 대한 제조 조건을 선택하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 소재 박막 제조 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 나노 소재는, 금속 나노선, 금속 나노 튜브, 탄소 나노 튜브, 그리고 그래핀 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것으로,

상기 표준 박막은 나노 박막인 것을 특징으로 하는 나노 소재 박막 제조 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 테라헤르츠 분광학 측정법은, 0.1 내지 30THz 범위의 광원을 사용하여 시간 영역 테라헤르츠 분광 측정을 수행하는 것을 특징으로 하는 나노 소재 박막 제조 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 주파수 별 특성 정보는, 주파수 별 복소 굴절률 정보 및 주파수 별 흡광도 정보 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 소재 박막 제조 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 모델링은, 나노 소재의 종류, 도포량, 종횡비 및 두께 중 적어도 어느 하나를 포함하는 가변인자에 따른 전도도 특성을 나타내는 모델링 기법을 사용하는 것을 특징으로 하는 나노 소재 박막 제조 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 모델링은, 드루드-로렌츠 모델링인 것을 특징으로 하는 나노 소재 박막 제조 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 원하는 전기 전도 특성을 갖는 나노 소재 박막을 제조하는 방법에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 테라헤르츠 측정과 로렌츠-드루드 모델링을 조합하여 원하는 전기 전도 특성을 갖는 나노 소재 박막을 설계/제조하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 은 나노선(AgNW: Ag NanoWire)을 포함하는 금속 나노선, 금속 나노 튜브 및 카본 나노 튜브(CNT: Carbon Nano Tube), 그리고 그래핀(graphene)과 같은 다양한 나노 소재들은 액정표시장치, 유기발광 표시장치, 터치 스크린, 박막 태양전지, 대전 방지층 등에 적용 가능한 미래 기술로 각광받고 있다. 나노 소재 박막, 특히 나노 소재 도전막은 종래의 벌크 소재들과는 다르게 종류, 함량, 두께, 도포량 등을 조절하여 저항 및 전도도 등이 변화된다. 그러나 지금까지의 기술로는 이러한 변수들을 조절하였을 때, 그 결과가 어떻게 될지에 대한 예측이 쉽지 않기 때문에, 원하는 전도 특성을 갖는 박막을 설계 및 제작하는 것이 불가능하거나 시간과 비용이 너무 많이 소요되었다.

[0003] 기존의 기술에 의하면, 금속물질, 세라믹, 고분자 등과 같은 고유의 전도 특성을 갖는 물질들을 선택하여 원하는 전기 전도 특성을 갖는 소재를 제조하였다. 이러한 종래 기술에 의한 나노 소재 박막의 제조 방법은, 박막을 형성한 후, 접촉식 측정법으로 전도도를 측정하고, 이를 바탕으로 박막의 두께 및 도포량을 조절하는 방식을 사용하였다.

[0004] 예를 들어, 은 나노선을 제조할 경우, 다양한 도포량을 갖는 은 나노선 도전막을 형성하고, 접촉식 측정법(예: 4-포인트 측정법) 등으로 전도도를 측정한 후, 어느 정도의 두께와 어느 정도의 도포량일 때 어떠한 전도 특성이 있지를 일일이 반복 실험하였다. 즉, 원하는 전도 특성을 갖는 나노 박막을 제작하기 위해서는 여러 조건들을 변화시켜 다수의 시료를 제작하는 과정이 필요하였다. 즉, 나노 박막 물질의 종류, 도포량, 막의 두께 등과 같은 여러 가지 인자들이 바뀌었을 때, 전도도의 변화 양상에 대한 예측이 정량화되어 있지 않았기 때문에 나노 박막의 전도 특성을 조절 및 결정하기 위해서는 많은 수의 시료 제작이 필요했던 것이다.

[0005] 또한, 이렇게 제작된 여러 나노 박막 샘플들을 접촉식 전도도 측정 방법으로 특정하여 전도 특성을 얻었다. 그러나 나노 박막에 대해 벌크 박막의 전도 측정에 사용하던 방식인 접촉식을 사용할 경우, 나노 박막의 손상이 쉽게 발생하기 때문에 측정 오차가 심하게 발생하는 문제가 있다. 또한, 나노 박막은 벌크 박막에 비해 표면이 균일하지 않기 때문에 접촉에 의한 박막 손상이 발생하지 않더라도, 여러 나노 박막에 대한 측정값에 신뢰성을 담보할 수가 없다.

[0006] 이와 같은 종래 기술의 문제를 해결하고, 고효율 저비용으로 나노 소재 박막을 제작하기 위해서는 전도 특성에 대한 정확한 평가와 예측 방법을 개발하여야 한다. 또한, 이를 응용하여 나노 박막을 제작하는 기술이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은, 상기 종래 기술에 의한 문제점을 극복하기 위한 것으로서, 원하는 특성을 갖는 나노 박막을 제조하기 위한 조건을 예측할 수 있는 방법을 제공하는 데 있다. 본 발명의 다른 목적은 단일 표준 박막을 이용한 모델링 기법을 통해, 원하는 특성을 갖는 나노 박막 제조 조건을 산출하는 제조 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 본 발명의 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 나노 소재 박막 제조 방법은, 나노 소재를 포함하는 표준 박막을 형성하는 단계; 테라헤르츠 분광학 측정법으로 상기 표준 박막에 대한 주파수 별 특성 정보를 측정하는 단계; 상기 주파수별 특성 정보를 이용한 모델링을 통해 도포량에 따른 주파수별 전기 전도 특성 변화 데이터를 산출하는 단계; 그리고 상기 주파수별 전기 전도 특성 변화 데이터를 바탕으로 특정 특성을 갖는 나노 박막에 대한 제조 조건을 선택하는 단계를 포함한다.

[0009] 상기 나노 소재는, 금속 나노선, 금속 나노 튜브, 탄소 나노 튜브, 그리고 그래핀 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것으로, 상기 표준 박막은 나노 박막인 것을 특징으로 한다.

- [0010] 상기 테라헤르츠 분광학 측정법은, 0.1 내지 30THz 범위의 광원을 사용하여 시간 영역 테라헤르츠 분광 측정을 수행하는 것을 특징으로 한다.
- [0011] 상기 주파수 별 특성 정보는, 주파수 별 복소 굴절률 정보 및 주파수 별 흡광도 정보 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 상기 모델링은, 나노 소재의 종류, 도포량, 종횡비 및 두께 중 적어도 어느 하나를 포함하는 가변인자에 따른 전도도 특성을 나타내는 모델링 기법을 사용하는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 상기 모델링은, 드루드-로렌츠 모델링인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0014] 본 발명에 의한 나노 소재 박막 제조 방법은, 표준 박막 하나만으로도 다양한 전기 전도 특성을 갖는 나노 박막 제조 조건을 정확하게 도출할 수 있다. 또한, 본 발명에서는 비 접촉식 테라헤르츠 분광법에 의한 측정법을 사용하기 때문에, 측정 데이터가 정확하다. 따라서, 나노 소재의 종류, 도포량, 두께, 종횡비 등의 가변 인자에 따른 전도도 변화를 정확하게 예측하는 것이 가능하다. 본 발명에 의하면, 반도체, 부도체 또는 도체 특성을 선택적으로 나타내는 나노 소재 박막을 제조하기 위한 두께, 종류, 도포량 등의 제작 조건을 예측할 수 있다. 따라서, 나노 소재 박막의 개발에 필요한 소요 시간 및 비용을 현저하게 감축시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 본 발명에 의한 나노 소재 박막 제조 방법의 개략적인 과정을 나타내는 흐름도.
- 도 2a 내지 2d는 본 발명에 의한 나노 소재 박막 제조 방법의 구체적인 일례를 설명하는 도면들.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시 예들을 상세히 설명한다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 실질적으로 동일한 구성요소들을 의미한다. 이하의 설명에서, 본 발명과 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우, 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0017] 도 1은 본 발명에 의한 나노 소재 박막 제조 방법의 개략적인 과정을 나타내는 흐름도이다. 도 2a 내지 2d는 본 발명에 의한 나노 소재 박막 제조 방법의 구체적인 일례를 설명하는 도면들이다.
- [0018] 도 1을 참조하면, 본 발명에 의한 나노 소재 박막 제조 방법은, 표준(Standard) 나노 박막 제조 단계(S11), 테라헤르츠 분광 측정 단계(S22), 모델링 단계(S33), 그리고 원하는(Target) 나노 소재 박막 제조/설계 단계(S44)를 포함한다. 이하, 도 2a 내지 2d를 더 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명한다.
- [0019] 먼저, 나노 소재를 이용하여 표준 박막(100)을 제조한다(S11). 나노 소재를 포함하는 표준 박막(100)은 은 나노선, 탄소 나노 튜브 또는 그래핀 등의 전도성 물질을 사용하여 형성할 수 있다. 본 발명의 실시 예에서는 은 나노선(AgNW)을 포함하는 박막을 형성하는 경우를 설명한다. 유리, 산화마그네슘(MgO) 또는 PET와 같은 기판(SUB) 위에, 에탄올, 프로필 알코올 등의 용매에 용해되어 있는 은 나노선 용액을 도포한다. 이때, 도포 방법은 스핀 코팅(Spin Coating), 슬릿 코팅(Slit Coating) 혹은 바 코팅(Bar Coating) 등의 방법을 사용할 수 있다. 은 나노선은 대략 90nm의 직경 (표준 편차 10nm)과 5 μ m의 길이(표준 편차 2 μ m)를 갖는 단결정 극미세선 구조를 갖는다.
- [0020] 은 나노선의 표준 박막(100)은 수십 나노 미터 내지 수십 마이크로 미터의 두께로 제작할 수 있다. 본 실시 예에서, 본 실시 예에서 은 나노선 표준 박막(100)은, 도 2a에 도시한 바와 같이, 0.5mm의 산화마그네슘 기판(SUB) 위에 90nm의 두께로 형성하였다. 즉, 다수 개의 은 나노선들이 1개 층을 이루도록 기판(SUB) 위에 분포되어 은 나노선 표준 박막(100)을 형성한다.
- [0021] 본 발명은 은 나노선 표준 박막(100)을 형성할 때 은 나노선의 도포량은 임의의 값으로(mf%: molecular fraction) 형성하더라도, 이를 테라헤르츠 분광학을 이용한 분석에 의해서 은 나노선 표준 박막(100)의 전도도 특성을 구하고, 이를 통해 도포량 별 전도 특성을 예측하는 것이 핵심이다. 따라서, 은 나노선 표준 박막(100)의 도포량이 구체적으로 얼마이어야 한다는 조건이 고정된 것은 아니다. 본 실시 예에서는 1mf%의 도포량으로 은 나노선 표준 박막(100)을 형성한다. 여기서 도포량이란, 기판(SUB)의 면적 대비 은 나노선의 도포 면적

을 말한다. 즉, 1mf%의 도포량은, 기판(SUB)의 전체 면적 위에 은 나노선이 1%의 면 밀도를 갖고 고르게 분포되어 있는 상태를 의미한다.

[0022] 다음으로, 은 나노선 표준 박막(100)의 복소 굴절률, 흡광도에 대한 정보를 측정한다(S22). 본 발명에서의 측정법은 0.1 ~ 30THz 범위의 광원을 사용하여 시간 영역 테라헤르츠 분광 측정법을 이용한다. 좀 더 구체적으로 설명하면, 아연-텔루륨(ZnTe), 갈륨-인(GaP) 또는 갈륨-세슘(GaSe) 반도체 물질 등을 이용한 펄스 레이저 펄스를 광전도 안테나에 조사할 때 발생하는 0.1 THz ~ 30 THz의 광원을 여기 광원과 탐침 광원으로 사용한 비접촉 방식으로 측정을 수행한다.

[0023] 특히, 테라헤르츠 주파수 변화에 따른 복소 굴절률(Refractive Index)과 흡광도(Absorption Coefficient)를 측정한다. 그 측정 결과는 도 2b의 그래프와 같이 X축인 테라헤르츠 주파수 값에 대해서 복소 굴절률과 흡광도 값을 얻을 수 있다. 특히, 테라헤르츠 분광 측정법은 비 접촉식으로서 은 나노선 표준 박막(100)과 접촉에 의한 측정값의 오류가 발생하지 않는다. 또한, 뛰어난 투과성과 낮은 에너지의 사용으로 인해 비 파괴식으로 측정이 가능하다.

[0024] 복소 굴절률을 측정한 것은, 아래 수학적 1의 관계식으로부터, 은 나노선 표준 박막의 유전율을 구하고, 이를 바탕으로 전기 전도도를 산출하기 위한 것이다. 흡광도를 측정한 이유는, 은 나노선 박막의 두께에 따른 빛의 투과도를 측정함으로써, 투명 박막(도전성 투명 박막, 반도체 투명 박막 혹은 비도전성 투명 박막)으로 사용할 수 있는지의 여부를 참고하기 위함이다.

수학적 1

$$n^2 = \frac{\epsilon_{eff}}{\epsilon_0}$$

[0025]

[0026] 여기서, n은 굴절률, ϵ_{eff} 은 은 나노 표준 박막의 유전율, ϵ_0 는 공기 중의 유전율을 의미한다.

[0027] 이상의 측정값을 이용해서, 전도 특성 모델링을 수행한다(S33). 테라헤르츠 분광학 측정법을 통해 실험적으로 구한 은 나노선 표준 박막(100)의 복소 굴절률을 위 수학적 1을 통해 은 나노선 표준 박막(100)의 실험적인 유전율을 구한다. 또한, 은 나노선 표준 박막(100)의 실험적인 유전율 ϵ_{eff} 는 다음 수학적 2와 같이 표현할 수 있다. 수학적 2는 수학적 1에서 n^2 를 은 나노선 구조체의 단면 종횡비 N(aspect ratio) 및 도포량 f(fraction) 등의 변수로 표현한 수식이다. 또한, 표준 박막(100)의 두께 및 종류도 변수로 사용할 수도 있다. 여기서는, 종류는 은 나노선, 두께는 90nm로 고정된 상태를 예로 든다.

수학적 2

$$\epsilon_{eff} = \epsilon_0 \frac{N+f(1-N)\epsilon_{NW}+(1-N)(1-f)\epsilon_0}{N(1-f)\epsilon_{NW}+(fN+1-N)\epsilon_0}$$

[0028]

[0029] 여기서, ϵ_{NW} 은 은 나노선의 이론적 유전율이다. 수학적 2에서 공기 중의 유전율이 거의 1에 가까우므로, 이를 제외하여 은 나노선의 이론적 유전율에 대한 식으로 표현하면, 아래 수학적 3과 같이 된다.

수학식 3

$$\varepsilon_{NW} = \frac{(1-N)(1-f) - (fN+1-N)\varepsilon_{eff}}{N(1-f)\varepsilon_{eff} - N - f(1-N)}$$

[0030]

[0031] 한편, 수학식 3에 의해 도출한 은 나노선 표준 박막의 유전율을 이용해서 전기 전도 특성을 분석하기 위해, 드루드-로렌츠 모델을 적용한다. 드루드-로렌츠 모델에 의한 유전율에 대한 수식은 다음 수학식 4로 표현된다.

수학식 4

$$\varepsilon_{NW}(\omega) = \varepsilon_i - \frac{\omega_p^2}{\omega^2 + i\Gamma\omega} + \frac{\omega_{p,L}^2}{(\omega_L^2 - \omega^2) - i\Gamma_L\omega}$$

[0032]

$$\sigma_1 = \omega \varepsilon_2 \varepsilon_0, \quad \sigma_2 = (1 - \varepsilon_1)\omega \varepsilon_0$$

[0033]

[0034] 여기서, ε_i 은 무한 유전 상수, ω_p 은 플라스마 주파수, Γ 은 드루드 모델에서의 댐핑 감소율, ω_L 는 광자 주파수, Γ_L 은 스펙트럼 폭, 그리고 $\omega_{p,L}$ 은 로렌츠 진자의 강도를 나타낸다.

[0035] 수학식 3과 수학식 4로부터, 도 2c와 같은 주파수 별 복소 전도도 특성을 얻을 수 있다. 도 2c에서 실수부 전도도(σ_1) 특성의 그래프를 보면, 주파수가 증가할수록 전도도 값이 증가하는 반면, 허수부 전도도(σ_2) 특성의 그래프를 보면, 주파수가 증가할수록 전도도 값이 감소하는 결과를 얻었다.

[0036] 또한, 은 나노선의 도포량에 따라 실수부 전도도 특성의 그래프를 도 2d와 같이 얻을 수 있다. 본 실시 예에서는 1%의 도포량을 갖는 은 나노선 표준 박막으로 테라헤르츠 측정을 하고, 이를 통해 주파수 별 전도도 특성을 얻을 수 있을 뿐만 아니라, 1% 이외의 도포량 변화에 따른 주파수 별 전도도 특성을 예측할 수도 있다.

[0037] 도 2d에서 mf(molecular fraction)는 은 나노선의 도포량을 나타낸다. 도포량이 1%에서 10%, 20-30%, 50-60%로 증가할수록 주파수 0일 때의 전도도 값(DC 전도도)이 점차 증가하는 것을 예측할 수 있다. 이는 실제적으로, 도포량 10%인 표준 박막을 형성하여 동일한 방법으로 측정하였을 때 얻은 주파수 별 전도도 특성 값과 동일한 결과임을 알 수 있었다. 따라서, 은 나노선뿐만 아니라, 다른 나노 박막의 경우에서도 임의의 어느 한 도포량에 대하여, 본 발명에 의한 측정 방법과 모델링 기법을 통해 도포량에 따른 전기 전도도 특성을 특히, 주파수 별 전기 전도도 특성을 예측할 수 있다.

[0038] 또한, 도 2d를 참조하면, 도포량 1%일 경우, 주파수가 증가할수록 전도도가 증가하는 경향을 보인다. 즉, 비-드루드 모델 혹은 로렌츠 모델의 경향을 보인다. 이것은 은 나노선 박막이 부도체의 성격을 갖고 있음을 의미한다.

[0039] 또한, 낮은 은 나노선 도포량에서의 주파수별 전도도 특성은 주파수가 증가할수록 전도도가 급격하게 증가한다. 예를 들어, 1% 도포량인 경우에서의 주파수별 전도도의 변화가 가장 컸지만, 10%일 경우에는 주파수 증가에 따른 전도도 증가율이 조금 떨어진다. 또한, 20-30%인 경우에는 10%인 경우보다도 주파수 증가에 따른 전도도 증가율이 더 떨어진다. 증가율이 떨어지더라도, 도포율 20-30%까지는 주파수가 증가함에 따라 전도도가 증가하는 비-드루드 모델의 경향을 보인다.

[0040] 한편, 도포량 50-60%인 경우를 보면, 주파수가 증가하더라도 전도도 값이 많이 증가하지 않고 거의 일정한 값을 유지하는 것을 알 수 있다. 이는 반도체 적인 특성을 나타낸다. 또한, 도포량 80-90%의 경우를 보면, 주파수가 증가함에 따라 전도도 값이 감소하는 그래프 특성이 나타남을 예측할 수 있다. 이는 드루드 모델의 경향을 보인다. 즉, 도전성 물질의 특성을 나타낸다.

[0041] 결론적으로, 두께 90nm의 은 나노선 박막을 제조할 때, 도포량을 조절함으로써 부도체성 박막을 형성할 수도 있고, 반도체성 박막을 형성할 수도 있으며, 도전성 박막을 형성할 수도 있다. 특히, 본 발명에 의하면, 표준 나노 박막 샘플 하나만을 이용하여, 여러 도포량에 따른 주파수 별 전도도 특성을 예측할 수 있다. 이는 실제로 여러 함량 여러 두께의 샘플을 제작하고 측정하지 않아도, 원하는 특성을 갖는 나노 박막의 제조 조건을 예측 및 설계할 수 있다.

[0042] 이상의 예측 결과를 바탕으로, 원하는 나노 박막을 설계하고, 제작한다(S44). 예를 들어, 투명한 도전성 은 나노선 나노 박막이 필요할 경우, 적어도 도포량 80-90% 이상인 함량을 갖는 용액으로 은 나노선 박막을 형성하는 것이 바람직하다. 다른 예로, 은 나노선으로 반도체 층을 형성할 필요가 있다면, 도포량 50-60%의 함량으로 90nm 두께의 박막을 형성한다면, 은 나노선 반도체 층을 형성할 수도 있다.

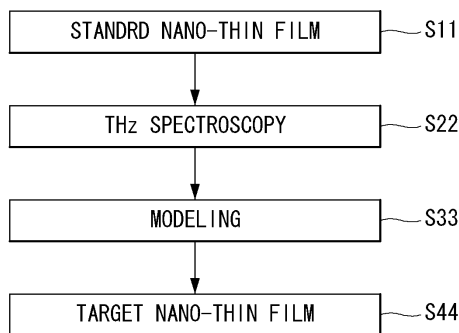
[0043] 이상 설명한 내용을 통해 당업자라면 본 발명의 기술 사상을 일탈하지 아니하는 범위 내에서 다양한 변경 및 수정이 가능함을 알 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명은 상세한 설명에 기재된 내용으로 한정되는 것이 아니라 특허 청구 범위에 의해 정해져야만 할 것이다.

부호의 설명

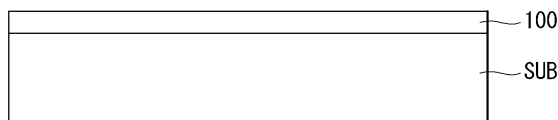
[0044] SUB: 기판 100: 표준 나노 박막

도면

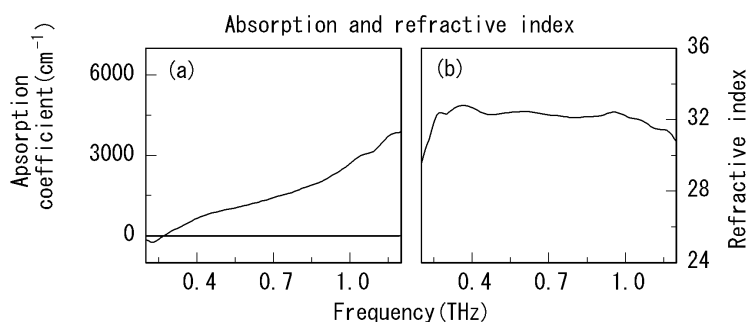
도면1



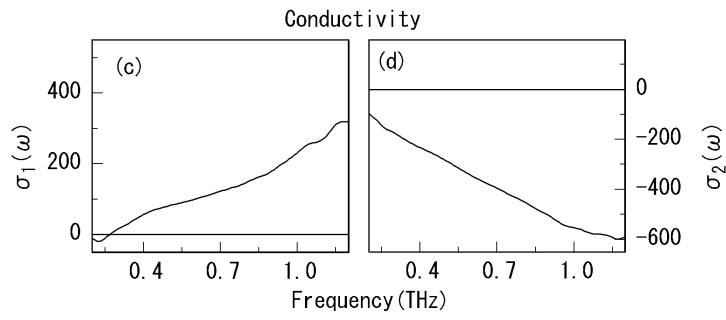
도면2a



도면2b



도면2c



도면2d

