

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2013년 11월 28일 (28.11.2013)



(10) 국제공개번호
WO 2013/176496 A1

- (51) 국제특허분류:
H01L 21/66 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2013/004516
- (22) 국제출원일: 2013년 5월 23일 (23.05.2013)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2012-0056084 2012년 5월 25일 (25.05.2012) KR
- (71) 출원인: 세종대학교 산학협력단 (INDUSTRY-ACADEMIA COOPERATION GROUP OF SEJONG UNIVERSITY) [KR/KR]; 143-747 서울시 광진구 군자동 98, Seoul (KR).
- (72) 발명자: 김병환 (KIM, Byung Whan); 135-947 서울시 강남구 일원동 상록수 아파트 102동 406호, Seoul (KR). 정동화 (JUNG, Dong Hwa); 138-784 서울시 송파구 풍납2동 한강극동아파트 104동 904호, Seoul (KR).
- (74) 대리인: 특허법인 태백 (TAEBAEK INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 153-803 서울시 금천구 가산디지털1로 151 이노플렉스 1차 601호, Seoul (KR).

- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

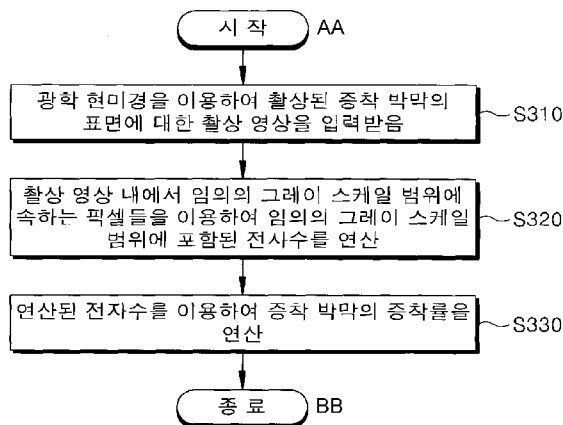
공개:

- 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

[다음 쪽 계속]

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR MEASURING PHYSICAL PROPERTIES OF DEPOSITED THIN FILM

(54) 발명의 명칭 : 증착 박막의 물리적 특성 측정방법 및 장치



- S310 ... Receiving input of photographed image of surface of deposited thin film photographed by optical microscope
- S320 ... Calculating number of electrons contained in arbitrary gray scale range within photographed image by utilizing pixels belonging to said arbitrary gray scale range
- S330 ... Calculating deposition rate of deposited thin film by utilizing calculated number of electrons
- AA ... Start
- BB ... End

(57) Abstract: The present invention relates to a method and an apparatus for measuring the physical properties of a deposited thin film. According to the present invention, provided is a method for measuring the physical properties of a deposited thin film using an apparatus for measuring the physical properties of a deposited thin film, comprising the steps of: receiving an input of a photographed image of a surface of the deposited thin film photographed by an optical microscope; calculating the number of electrons contained in an arbitrary gray scale range within the photographed image by utilizing pixels belonging to the arbitrary gray scale range; and calculating the deposition rate of the deposited thin film by utilizing the calculated number of electrons. According to the method and the apparatus for measuring the physical properties of a deposited thin film, it is possible to readily measure thin film characteristics such as deposition rate and refractive index of a deposited thin film by utilizing the number of electrons contained in an arbitrary gray scale range or a depth point with a large change in the number of electrons from the photographed image of the deposited thin film photographed using an optical microscope.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]

WO 2013/176496 A1



- 청구범위 보정 기한 만료 전의 공개이며, 보정서를 접수하는 경우 그에 관하여 별도 공개함 (규칙 48.2(h))

본 발명은 증착 박막의 물리적 특성 측정방법 및 장치에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 증착 박막의 물리적 특성 측정 장치를 이용한 증착 박막의 물리적 특성 측정방법에 있어서, 광학 현미경을 이용하여 촬상된 상기 증착 박막의 표면에 대한 촬상 영상을 입력받는 단계와, 상기 촬상 영상 내에서 임의의 그레이 스케일 범위에 속하는 픽셀들을 이용하여 상기 임의의 그레이 스케일 범위에 포함된 전자수를 연산하는 단계, 및 상기 연산된 전자수를 이용하여 상기 증착 박막의 증착률을 연산하는 단계를 포함하는 증착 박막의 물리적 특성 측정방법을 제공한다. 상기 증착 박막의 물리적 특성 측정방법 및 장치에 따르면, 광학 현미경을 이용하여 촬상된 증착 박막의 촬상 영상으로부터 임의의 그레이 스케일 범위에 포함된 전자수 특성 또는 전자수의 변화량이 큰 깊이 지점을 이용하여 증착 박막의 증착률 및 굴절률과 같은 박막 특성을 손쉽게 측정할 수 있다.

명세서

발명의 명칭: 증착 박막의 물리적 특성 측정방법 및 장치 기술분야

- [1] 본 발명은 증착 박막의 물리적 특성 측정방법 및 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 별도의 샘플 웨이퍼를 제작할 필요 없이 증착 박막의 증착률과 굴절률을 측정할 수 있는 증착 박막의 물리적 특성 측정방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 일반적으로 증착 박막에 대한 물리적 특성으로는 증착률, 표면거칠기, 굴절률 등이 있다. 박막 특성 중 증착률과 굴절률은 주로 Ellipsometry를 이용하여 측정한다. 이 측정장치는 증착된 박막의 전체 두께를 측정하며 임의의 수직 위치에서의 두께정보는 제공하지 못한다. 나아가 박막 내부의 전자분포에 대한 정보를 제공하지 못하며, 이에 따라 박막 내부 전기적 결함을 진단하지 못한다. Ellipsometry를 이용하여 박막의 증착률을 측정하는 배경 기술은 국내공개특허 제2003-0088568호에 개시되어 있다.
- [3] 소자 제조 업체의 경우 플라즈마 챔버 내부의 이상을 탐지하기 위하여 샘플 웨이퍼를 제작한 다음 이 샘플 웨이퍼를 별도의 측정장치 시스템으로 옮겨서 증착률 등의 박막 특성을 측정한다. 이렇게 샘플 웨이퍼를 사용하는 경우, 샘플 웨이퍼의 제작에 따른 추가 비용이 요구될 뿐만 아니라, 샘플 웨이퍼를 이동시켜서 측정하는 데에 상당한 시간이 요구되어 공정 감시 효율이 떨어진다. 따라서, 샘플 웨이퍼의 제작이 필요 없이 증착 박막의 물리적 특성을 손쉽게 측정할 수 있는 장치의 개발이 요구된다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [4] 본 발명은, 광학 현미경을 이용하여 촬상된 증착 박막의 촬상 영상으로부터 임의의 그레이 스케일 범위에 포함된 전자수 특성 또는 전자수의 변화량이 큰 깊이 지점을 이용하여 증착 박막의 증착률 및 굴절률과 같은 박막 특성을 손쉽게 측정할 수 있는 증착 박막의 물리적 특성 측정방법 및 장치를 제공하는데 목적이 있다.

과제 해결 수단

- [5] 본 발명은, 증착 박막의 물리적 특성 측정장치를 이용한 증착 박막의 물리적 특성 측정방법에 있어서, 광학 현미경을 이용하여 촬상된 상기 증착 박막의 표면에 대한 촬상 영상을 입력받는 단계와, 상기 촬상 영상 내에서 임의의 그레이 스케일 범위에 속하는 픽셀들을 이용하여 상기 임의의 그레이 스케일 범위에 포함된 전자수를 연산하는 단계, 및 상기 연산된 전자수를 이용하여 상기 증착 박막의 증착률을 연산하는 단계를 포함하는 증착 박막의 물리적 특성

측정방법을 제공한다.

[6] 여기서, 상기 임의의 그레이 스케일 범위는 아래의 수학식으로 정의될 수 있다.

[7] $G_{\min} < \text{임의의 그레이 스케일 범위} < G_{\max} - T$

[8] 여기서, $G_{\min}$ 및 $G_{\max}$ 는 상기 촬영 영상에 대한 최소 및 최대 그레이 스케일 값, T 는 상기 최대 그레이 스케일 값의 10~15%에 해당되는 값이다.

[9] 또한, 상기 증착 박막의 증착률을 연산하는 단계는, 상기 전자수에 스케일 인자를 곱하여 상기 증착 박막의 증착률을 연산하되, 상기 스케일 인자는, 상기 광학 현미경에 적용된 소스 파워의 크기에 따라 결정될 수 있다.

[10] 이때, 상기 전자수는 아래의 수학식으로 정의될 수 있다.

[11] 전자수 = $\sum (N_i \times (G_{\max} - G_i) \times n)$

[12] 여기서, N_i 는 상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들 중 상기 임의의 그레이 스케일 범위 내의 i 번째 그레이 스케일 값에 해당되는 픽셀들의 개수, G_i 는 상기 i 번째 그레이 스케일 값, $G_{\max}$ 는 상기 촬상 영상에서 표현 가능한 최대 그레이 스케일 값, n 은 상기 픽셀에 대한 비트열의 LSB당 발생하는 전자수, 상기 LSB(Least significant bit)는 2진수로 표현된 비트열 중에서 최하위의 비트 또는 상기 비트열의 최하위 비트를 의미한다.

[13] 또한, 상기 수학식으로부터 상기 전자수를 3가지 방식으로 계산하며, 첫 번째 방식은 영상을 구성하는 픽셀 단위의 수로서 상기 수학식에서 $N_i=1$, $G_{\max}=1$, $n=1$ 로 계산된 값에 마이너스(-) 값을 적용하여 계산한 것이고, 두 번째 방식은 상기 광학 현미경의 촬상 영상 쪽에서 계산되는 전자수로서 이는 상기 수학식에서 $G_{\max}=0$ 으로 설정하여 계산된 값에 마이너스(-) 값을 적용하여 계산한 것이고, 세 번째 방식은 상기 수학식을 그대로 사용하여 계산되는 촬상되는 물질(matter)이 보유하는 전자수를 나타낼 수 있다.

[14] 그리고, 본 발명은 증착 박막의 물리적 특성 측정장치를 이용한 증착 박막의 물리적 특성 측정방법에 있어서, 광학 현미경을 이용하여 촬상된 상기 증착 박막의 내표면에 대한 깊이별 촬상 영상을 각각 입력받는 단계와, 상기 촬상 영상 내에서 임의의 그레이 스케일 범위에 속하는 픽셀들을 이용하여 상기 임의의 그레이 스케일 범위에 포함된 전자수를 상기 깊이별 촬상 영상마다 연산하는 단계와, 상기 깊이별로 연산된 상기 전자수를 이용하여 상기 전자수의 변화량이 기준값보다 큰 변곡 지점의 깊이를 획득하는 단계, 및 상기 변곡 지점의 깊이를 이용하여 상기 증착 박막의 굴절률을 연산하는 단계를 포함하는 증착 박막의 물리적 특성 측정방법을 제공한다.

[15] 여기서, 상기 증착 박막의 굴절률을 연산하는 단계는, 상기 변곡 지점의 깊이에 스케일 인자를 곱하여 상기 증착 박막의 굴절률을 연산하되, 상기 스케일 인자는, 상기 광학 현미경에 적용된 소스 파워의 크기에 따라 결정될 수 있다.

[16] 이때, 상기 전자수는 아래의 수학식으로 정의될 수 있다.

[17] 전자수 = $\sum (N_i \times (G_{\max} - G_i) \times n)$

[18] 여기서, N_i 는 상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들 중 상기 임의의 그레이 스케일

범위 내의 i 번째 그레이 스케일 값에 해당되는 픽셀들의 개수, G_i 는 상기 i 번째 그레이 스케일 값, G_{MAX} 는 상기 촬상 영상에서 표현 가능한 최대 그레이 스케일 값, n 은 상기 픽셀에 대한 비트열의 LSB당 발생하는 전자수, 상기 LSB(Least significant bit)는 2진수로 표현된 비트열 중에서 최하위의 비트 또는 상기 비트열의 최하위 비트를 의미한다.

[19] 또한, 상기 수학식으로부터 상기 전자수를 3가지 방식으로 계산하며, 첫 번째 방식은 영상을 구성하는 픽셀 단위의 수로서 상기 수학식에서 $N_i=1$, $G_{MAX}=1$, $n=1$ 로 계산된 값에 마이너스(-) 값을 적용하여 계산한 것이고, 두 번째 방식은 상기 광학 현미경의 촬상 영상 쪽에서 계산되는 전자수로서 이는 상기 수학식에서 $G_{MAX}=0$ 으로 설정하여 계산된 값에 마이너스(-) 값을 적용하여 계산한 것이고, 세 번째 방식은 상기 수학식을 그대로 사용하여 계산되는 촬상되는 물질(matter)이 보유하는 전자수를 나타낼 수 있다.

[20] 그리고, 본 발명은, 광학 현미경을 이용하여 촬상된 증착 박막의 표면에 대한 촬상 영상을 입력받는 영상 입력부와, 상기 촬상 영상 내에서 임의의 그레이 스케일 범위에 속하는 픽셀들을 이용하여 상기 임의의 그레이 스케일 범위에 포함된 전자수를 연산하는 전자수 연산부, 및 상기 연산된 전자수를 이용하여 상기 증착 박막의 증착률을 연산하는 증착률 연산부를 포함하는 증착 박막의 물리적 특성 측정장치를 제공한다.

[21] 또한, 본 발명은 광학 현미경을 이용하여 촬상된 증착 박막의 내표면에 대한 깊이별 촬상 영상을 각각 입력받는 영상 입력부와, 상기 촬상 영상 내에서 임의의 그레이 스케일 범위에 속하는 픽셀들을 이용하여 상기 임의의 그레이 스케일 범위에 포함된 전자수를 상기 깊이별 촬상 영상마다 연산하는 전자수 연산부와, 상기 깊이별로 연산된 상기 전자수를 이용하여 상기 전자수의 변화량이 기준값보다 큰 변곡 지점의 깊이를 획득하는 깊이 탐색부, 및 상기 변곡 지점의 깊이를 이용하여 상기 증착 박막의 굴절률을 연산하는 굴절률 연산부를 포함하는 증착 박막의 물리적 특성 측정장치를 제공한다.

발명의 효과

[22] 본 발명에 따른 증착 박막의 물리적 특성 측정방법 및 장치에 따르면, 광학 현미경을 이용하여 촬상된 증착 박막의 촬상 영상으로부터 임의의 그레이 스케일 범위에 포함된 전자수 특성 또는 전자수의 변화량이 큰 깊이 지점을 이용하여 증착 박막의 증착률 및 굴절률과 같은 박막 특성을 손쉽게 측정할 수 있는 이점이 있다.

[23] 또한, 본 발명은 별도의 샘플 웨이퍼의 제작이 필요 없이 단순히 촬상 영상의 분석만을 이용하여 증착 박막의 여러 박막 특성들을 동시에 측정할 수 있어, 증착 박막의 물리적 특성의 측정에 필요한 시간과 비용을 절감할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[24] 도 1은 본 발명의 실시예를 위한 광학 현미경의 개략 구성도이다.

- [25] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 증착 박막의 물리적 특성 측정장치의 구성도이다.
- [26] 도 3은 도 2를 이용한 측정방법의 흐름도이다.
- [27] 도 4는 도 3의 S310 단계에 따른 촬상 영상의 예이다.
- [28] 도 5는 도 3의 S310 단계에서 얻어진 촬상 영상에 대한 전체 그레이 스케일 별 전자수 분포를 도시한 것이다.
- [29] 도 6은 기존의 Elipsometry를 이용하여 실제 측정한 증착률과 본 발명의 실시예에 따른 주어진 그레이 스케일 범위 내에 포함된 전자수 간의 상관 관계를 도시한 그래프이다.
- [30] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 증착 박막의 물리적 특성 측정장치의 구성도이다.
- [31] 도 8은 도 7을 이용한 측정방법의 흐름도이다.
- [32] 도 9는 도 8의 S820 단계에 따른 깊이별 촬상 영상에 대한 연산된 입자수를 나타낸 그래프이다.
- [33] 도 10은 기존의 Elipsometry를 이용하여 실제 측정한 굴절률과 본 발명의 실시예에 따라 얻어진 변곡 지점의 깊이 간의 상관 관계를 도시한 그래프이다.
- [34] 도 11은 본 발명의 실시예를 이용하여 실리콘 박막을 1초에 8장으로 연속 촬상한 영상을 나타낸다.
- [35] 도 12는 도 11의 각 영상에 대하여 박막 내부의 특정 깊이에서의 전자수(입자수) 분포를 나타낸다.
- [36] 도 13은 도 11의 각 영상을 0.5-5의 복원변수 범위에서 452개의 층으로 나누고 각 층에서의 입자수 분포에서 계산한 입자수이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [37] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.
- [38] 도 1은 본 발명의 실시예를 위한 광학 현미경의 개략 구성도이다. 광학 현미경은 레이저(Laser), 빔 분할기(Beam splitter), 마이크로 렌즈(Microscope Lens), 그리고 CCD(Charge Coupled Device) 센서로 구성된다. 전자수 분포의 측정을 위해 100배 (x100) 이상의 배율을 가진 마이크로 렌즈를 사용하며, 스테이지에 놓인 샘플(증착 박막)과 마이크로 렌즈 사이의 간격은 1 mm 이내로 조정한다. 레이저 광원 또는 광원의 입사 전력에 따라 이 간격은 1 mm 이상으로 조정될 수 있다.
- [39] 빔 분할기에 의해 분할된 레이저는 증착 박막을 향해 아래로 수직으로 투과한 후 다시 상부로 수직으로 반사되어 증착 박막 내부의 전자분포 이미지가 CCD 영상에 저장된다. 여기서, 증착 박막 상에 전자수가 많으면 CCD에 빛이 적게 들어오면서 포토 다이오드에 찍히는 전자수는 작게 되고 촬상 영상이 어둡게

된다. 따라서, 촬상 영상에서 밝은 부분 즉 그레이 스케일 값이 큰 부분은 실제로 증착 박막에서는 전자수가 적은 부분이고, 반대로 어두운 부분 즉 그레이 스케일 값이 작은 부분은 증착 박막에서 전자수가 많은 부분에 해당된다.

- [40] 상기 CCD 이미지는 본래 2차원 평면인 X, Y 축으로 이루어져 있지만 복원을 통하여 2차원 평면을 Z축으로 이동시켜 3차원의 공간에서 대상물을 구분할 수 있다. 이 복원 기술은 공지된 일반적인 방법으로서 박막 내부의 전자분포를 계산하는 데에 응용된다. 복원 식은 수학식 1을 참조한다.

- [41] 수학식 1

$$h(r, c) = F^{-1} [F[u(x, y)] \exp(i(k_x^2 + k_y^2)d)]$$

- [42] 여기서, $u(x, y)$ 는 입력 이미지이고, d 는 object가 떨어진 거리이다. k_x, k_y 는 프레넬 존 패턴(Fresnel zone pattern)을 만들기 위한 특이 함수이다. $h(r, c)$ 는 실수부와 허수부로 나뉜다. 수학식 2는 위상, 수학식 3은 크기를 나타내는 것으로서 이를 통해 다시 이미지화할 수 있게 된다.

- [43] 수학식 2

$$\phi(r, c) = \arctan \frac{\text{Im}[h(r, c)]}{\text{Re}[h(r, c)]}$$

- [44] 수학식 3

$$I(r, c) = |h(r, c)|$$

- [45] 이하에서는 상기 광학 현미경을 통해 촬상된 영상을 이용하여 증착 박막의 증착률을 연산하는 장치 및 방법에 관하여 상세히 설명한다.

- [46] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 증착 박막의 물리적 특성 측정장치의 구성도이다. 상기 장치(100)는 영상 입력부(110), 전자수 연산부(120), 증착률 연산부(130)를 포함하여, 상기 증착 박막의 증착률 특성을 측정한다.

- [47] 먼저, 상기 영상 입력부(110)는 광학 현미경을 이용하여 촬상된 증착 박막의 표면에 대한 촬상 영상을 입력받는 부분이다. 그리고, 상기 전자수 연산부(120)는 상기 촬상 영상 내에서 임의의 그레이 스케일 범위에 속하는 픽셀들을 이용하여 상기 임의의 그레이 스케일 범위에 포함된 전자수를 연산한다. 상기 증착률 연산부(130)는 상기 연산된 전자수를 이용하여 상기 증착 박막의 증착률을 연산한다.

- [48] 도 3은 도 2를 이용한 측정방법의 흐름도이다. 이하에서는 도 2 및 도 3을 참조로 하여 상기 증착률을 연산하는 방법을 설명한다.

- [49] 먼저, 상기 영상 입력부(110)에서는 광학 현미경을 이용하여 촬상된 증착 박막의 표면에 대한 촬상 영상을 입력받는다(S310).

- [50] 도 4는 도 3의 S310 단계에 따른 촬상 영상의 예이다. 이러한 도 4는 도 1에

200W의 소스 파워를 적용하고 SiH4 8 sccm, NH3 22 sccm의 조건에서 촬영한 CCD 영상이다.

[51] 도 5는 도 3의 S310 단계에서 얻어진 촬상 영상에 대한 전체 그레이 스케일 별 전자수 분포를 도시한 것이다. 이러한 도 5는 소스 파워를 200, 400, 600, 800W로 변화시켜 얻어진 각각의 촬상 영상에 관한 전자수 분포도에 해당되며, 각 파워 별로 입자 분포가 다른 것을 수 있다.

[52] 본 실시예에서 촬상 영상의 그레이 스케일 값은 0~255 범위를 갖는다. 상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들 중에서 각각의 그레이 스케일 값에 해당되는 전자수를 도 5의 그래프와 같이 나타낸 결과, 낮은 그레이 스케일 값 쪽으로 전자수가 밀집해 있는 것을 확인할 수 있다.

[53] 이후, 상기 전자수 연산부(120)에서는 상기 촬상 영상 내에서 임의의 그레이 스케일 범위에 속하는 픽셀들을 이용하여 상기 임의의 그레이 스케일 범위에 포함된 전자수를 연산한다(S320).

[54] 여기서, 상기 임의의 그레이 스케일 범위는 아래의 수학식 4로 정의된다.

[55] 수학식 4

$$G_{\min} < \text{임의의 그레이 스케일 범위} < G_{\max} - T$$

[56] 여기서, $G_{\min}$ 및 $G_{\max}$ 는 상기 촬영 영상에 대한 최소 그레이 스케일 값 및 최대 그레이 스케일 값이고, T는 상기 최대 그레이 스케일 값의 10~15%에 해당되는 값이다.

[57] 예를 들어, 임의의 그레이 스케일 범위는 6과 223 값 사이일 수 있다. 이때, $G_{\min}$ 는 6, T는 255의 12.5%에 해당되는 값인 32를 사용한 것으로서, $G_{\max} - T = 255 - 32 = 223$ 이다. 여기서, 실제 표현 가능한 최소 그레이 스케일 값은 0이지만, 상기 촬상 영상에서 0~5의 그레이 스케일 값을 갖는 픽셀은 거의 존재하지 않으므로 $G_{\min}$ 값을 6으로 바로 사용하여도 무관하다.

[58] 그리고, 상기과 같은 임의의 그레이 스케일 범위에 포함되는 전자수의 연산은 수학식 5를 참조한다.

[59] 수학식 5

$$\text{전자수} = \sum_{i=1}^M (n_i \times (G_{\max} - G_i) \times n)$$

[60] 여기서, N_i 는 상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들 중 상기 임의의 그레이 스케일 범위 내에 속하는 i번째 그레이 스케일 값에 해당되는 픽셀들의 개수, G_i 는 상기 i번째 그레이 스케일 값, $G_{\max}$ 는 상기 촬상 영상에서 표현 가능한 최대 그레이 스케일 값이다. 여기서, M은 상기 임의의 그레이 스케일 범위 내의 그레이 스케일 값들의 개수를 나타낸다.

[61] 그리고, n은 상기 픽셀에 대한 비트열의 LSB당 발생하는 전자수이고,

LSB(Least significant bit)는 2진수로 표현된 비트열 중에서 최하위의 비트 또는 상기 비트열의 최하위 비트를 의미한다. 8 비트의 영상의 경우 대략 LSB 당 180개의 전자가 발생한다.

- [62] 여기서, 전자수는 3가지 방식으로 계산될 수 있다. 첫 번째 방식은 영상을 구성하는 픽셀 단위의 수로서 이는 상기의 수학식 5에서 $N_i=1$, $G_{\text{MAX}}=1$, $n=1$ 로 계산된 값에 마이너스(-) 값을 적용하여 계산된다. 두 번째 방식은 상기 광학 현미경의 촬상 영상 쪽에서 계산되는 전자수로서 이는 수학식 5에서 $G_{\text{MAX}}=0$ 으로 설정하여 계산된 값에 마이너스(-) 값을 적용하여 계산된다. 세 번째 방식은 상기의 수학식 5를 그대로 사용하여 계산되는 촬상되는 물질(matter)이 보유하는 전자수이다.
- [63] 예를 들어, 상기 임의의 그레이 스케일 범위가 6~223($G_i=6$, $G_M=223$)인 경우, $N_{11} \times (G_{\text{MAX}} - G_{11}) \times n$ 만 구하고자 할 때, N_{11} 은 촬상 영상의 모든 픽셀들 중 11번째 그레이 스케일 값($G_{11}=16$)을 갖는 픽셀들의 개수, G_{MAX} 는 255, $G_{11}=16$, $n=180$ 을 적용하여 연산하면 된다. 만약, N_{11} 이 1인 경우 $1 \times (255 - 16) \times 180 = 43020$ 로서, 그레이 스케일 값 16에 해당되는 픽셀들에 존재하는 모든 전자수는 43020 개이다. 이러한 원리를 이용하여 상기 전자수 연산부(120)는 6~223의 그레이 스케일 범위 전체에 포함된 전자수를 연산할 수 있다.
- [64] 이후, 증착률 연산부(130)에서는 상기 S320 단계에서 연산된 전자수를 이용하여 상기 증착 박막의 증착률을 연산한다(S330).
- [65] 도 6은 기존의 Elipsometry를 이용하여 실제 측정된 증착률과 본 발명의 실시예에 따른 주어진 그레이 스케일 범위(ex, 6~223 범위) 내에 포함된 전자수 간의 상관 관계를 도시한 그래프이다. 여기서 전자수는 전자수를 계산하는 3가지 방식 중 첫 번째 방식을 적용하여 계산되었다.
- [66] 가로축은 광학 현미경에 적용된 RF 소스 파워 값을 나타내고, 좌측 세로축은 Elipsometry를 사용한 경우에 측정 증착률(Deposition rate) 값, 우측 세로축은 본 발명을 사용한 경우 연산되는 전자수(Particle counts)를 나타낸다.
- [67] 이러한 도 6으로부터, 각 파워별 그래프 추이를 보면 본 발명에 의해 연산된 전자수와 기존 Elipsometry를 통해 측정된 증착률 사이에 매우 깊은 상관성이 있음을 확인할 수 있다. 이는 입자수의 변이로 증착률의 변이를 감지할 수 있음을 의미한다.
- [68] 여기서, 사용된 소스 파워에 따라 실제 증착률과의 이격 정도가 약간 다르지만 그 추이는 유지됨을 알 수 있다. 따라서, 본 발명에서는 상기 수학식 5를 통해 연산된 전자수에 별도의 스케일 인자(양의 상수)를 곱하여 상기 증착 박막의 증착률을 연산하도록 한다. 예를 들어, 도 6에서 800W를 사용한 경우, 연산된 전자수는 3194884이고 실제 증착률은 약 400이므로, 194884을 400으로 만들기 위한 스케일 인자는 0.0020525이다. 이에 따라 800W 소스를 사용한 촬상 영상에 대해서는 전자수에 대한 스케일 인자 값으로 0.0020525 값을 사용한다.
- [69] 물론, 다른 소스 파워를 사용한 경우에도 위와 같은 원리를 통해 그에 대응되는

고유 스케일 인자 값을 사용한다. 즉, 상기 스케일 인자는 상기 광학 현미경에 적용된 소스 파워의 크기에 따라 달리 결정되며, 이는 도 6의 데이터로부터 쉽게 획득할 수 있다.

[70] 이상과 같이 본 발명은 광학 현미경을 이용하여 촬상된 증착 박막의 촬상 영상으로부터 임의의 그레이 스케일 범위에 포함된 전자수를 연산하는 것만으로도 증착 박막의 증착률을 손쉽게 측정할 수 있는 이점이 있다.

[71] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 증착 박막의 물리적 특성 측정장치의 구성도이다. 상기 장치(200)는 영상 입력부(210), 전자수 연산부(220), 깊이 탐색부(230), 굴절률 연산부(240)를 포함하여 상기 증착 박막의 굴절률 특성을 측정한다.

[72] 상기 영상 입력부(210)는 광학 현미경을 이용하여 촬상된 증착 박막의 내표면에 대한 깊이별 촬상 영상을 각각 입력받는 부분이다. 여기서, 깊이별 촬상 영상은 앞서 광학 현미경에 의한 3차원 공간의 object 구분 방법을 이용한다.

[73] 상기 전자수 연산부(220)는 상기 촬상 영상 내에서 임의의 그레이 스케일 범위에 속하는 픽셀들을 이용하여 상기 임의의 그레이 스케일 범위에 포함된 전자수를 상기 깊이별 촬상 영상마다 연산한다. 상기 깊이 탐색부(230)는 상기 깊이별로 연산된 상기 전자수를 이용하여 상기 전자수의 변화량이 기준값보다 큰 변곡 지점의 깊이를 획득한다. 본 실시예에서 전자수의 변화량이란 전자수의 감소량에 대응된다. 그리고, 상기 굴절률 연산부(240)는 상기 변곡 지점의 깊이를 이용하여 상기 증착 박막의 굴절률을 연산한다.

[74] 도 8은 도 7을 이용한 측정방법의 흐름도이다. 이하에서는 도 7 및 도 8을 참조로 하여 상기 굴절률을 연산하는 방법을 설명한다.

[75] 먼저, 영상 입력부(210)에서는 광학 현미경을 이용하여 촬상된 상기 증착 박막의 내표면에 대한 깊이별 촬상 영상을 각각 입력받는다(S810). 촬상 영상의 획득 방법은 앞서 일 실시예의 경우와 동일하며 굴절률의 경우 깊이별 촬영 영상을 획득한다.

[76] 다음, 전자수 연산부(220)에서는 상기 촬상 영상 내에서 임의의 그레이 스케일 범위에 속하는 픽셀들을 이용하여 상기 임의의 그레이 스케일 범위에 포함된 전자수를 상기 깊이별 촬상 영상마다 연산한다(S820).

[77] 상기 임의의 그레이 스케일 범위에 포함되는 전자수의 연산은 앞서의 수학적식 5와 동일한 원리로 연산한다. 다만 S820 단계의 경우 상기 전자수의 연산을 깊이별 촬상 영상마다 연산한다. 즉, 수학적식 5의 연산을 깊이 별로 수행한다.

[78] 여기서, 상기 임의의 그레이 스케일 범위는 앞서 일 실시예에서 설명한 수학적식 4의 경우와 동일하거나 유사 범위에 해당할 수 있다. 이하 본 실시예에서 굴절률 측정에 사용된 임의의 스케일 범위는 0~200 범위에 해당되나, 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

[79] 도 9는 도 8의 S820 단계에 따른 깊이별 촬상 영상에 대한 연산된 입자수를 나타낸 그래프이다. 여기서 전자수는 전자수를 계산하는 3가지 방식 중 첫 번째

방식을 적용하여 계산되었다. 여기서, 가로 축은 증착 박막의 깊이(d)를 의미하는 것으로서 S_0.001은 표면으로부터 0.001 μm 의 깊이에 해당되고, S_6.1은 표면으로부터 6.1 μm 의 깊이에 해당된다.

[80] d는 가장 작은 0.001부터 박막 증착이 시작되는 위치까지 증가시키고, 각 d의 위치에서 프레넬 존 패턴을 복원하게 된다. 복원된 패턴에서 해당 그레이 스케일 범위에 속하는 입자수가 계산이 된다.

[81] 이러한 도 9는 증착 박막을 층분해하여 각 층에서의 입자수를 쉽게 확인할 수 있게 한다. 증착 박막은 웨이퍼의 상부에 임의의 높이로 형성되는 박막으로서, 본 실시예에서는 박막 표면으로부터 깊이별 전자수를 이용한다면 증착 박막의 굴절률을 알 수 있다.

[82] 이후, 상기 깊이 탐색부(230)에서는 상기 깊이별로 연산된 상기 전자수를 이용하여 상기 전자수의 변화량이 기준값보다 큰 변곡 지점의 깊이를 획득한다(S830). 상기 전자수의 변화량은 구체적으로 단위 깊이당 전자수 감소량 혹은 전자수 감소 속도에 해당될 수 있다.

[83] 도 9의 경우 상기 기준값보다 큰 변곡 지점의 깊이(d)는 6.1 μm 의 깊이에 해당된다. 참고로 도 9에서 깊이 2.3 μm 부근의 경미한 입자수 감소는 그 감소량이 기준값보다 작은 경우로서 불량 증착된 깊이 부위에 해당될 수 있다.

[84] 이러한 6.1 μm 의 깊이 지점을 기준으로 전자수(입자수)의 급격한 감소와 증가가 있다는 것은 6.1 μm 에 해당되는 깊이 위치에서 증착이 시작된 것을 의미한다. 증착의 시작 부분은 웨이퍼의 바로 윗 표면 부위에 해당될 것이다. 이와 같은 방식으로 여러 소스 파워에서의 박막을 깊이 별로 분해하여 분석한 결과를 얻을 수 있다.

[85] 이후, 상기 굴절률 연산부(240)에서는 상기 변곡 지점의 깊이를 이용하여 상기 증착 박막의 굴절률을 연산한다(S840).

[86] 도 10은 기존의 Elipsometry를 이용하여 실제 측정된 굴절률과 본 발명의 실시예에 따라 얻어진 변곡 지점의 깊이 간의 상관 관계를 도시한 그래프이다.

[87] 가로축은 광학 현미경에 적용된 RF 소스 파워 값을 나타내고 좌측 세로축은 본 발명을 사용한 경우 획득된 변곡 지점의 깊이(Reconstruction variable)를 나타내고, 우측 세로축은 Elipsometry를 사용한 경우에 측정된 굴절률(Refractive index) 값을 나타내는 축이다.

[88] 이러한 도 10으로부터, 각 파워별 그래프 추이를 보면 본 발명에 의해 획득된 변곡 지점의 깊이와 기존 Elipsometry를 통해 측정된 굴절률 사이에 매우 깊은 상관성이 있음을 확인할 수 있다. 이는 변곡 지점의 깊이를 굴절률의 변화 감시에 효과적으로 적용할 수 있음을 알 수 있다. 더욱이, 굴절률 변화는 소숫점 둘째 자리의 값이 변하는 매우 미미한 변이를 보임에도 불구하고 본 발명의 방식은 그와 유사한 변이를 보인다는 점을 통해 본 발명은 미세 굴절률 변화의 감시에도 효과적으로 적용할 수 있음을 알 수 있다.

[89] 여기서, 사용된 소스 파워에 따라 실제 굴절과의 이격 정도가 약간 다르나 그

추이는 유지됨을 알 수 있다. 따라서, 본 발명에서는 변곡 지점의 깊이에 별도의 스케일 인자(양의 상수)를 곱하여 상기 증착 박막의 굴절률을 연산하도록 한다. 예를 들어, 800W를 사용한 경우, 변곡 지점의 깊이는 6.1이고 실제 굴절률은 약 1.79이므로 6.1을 1.79로 만들기 위한 스케일 인자는 0.29344이다. 즉, 800W 소스를 사용한 촬상 영상에 대해서는 본 발명에 의해 탐색된 해당 변곡 지점의 깊이에 대한 스케일 인자 값으로 0.29344 값을 사용한다.

[90] 물론, 다른 소스 파워를 사용한 경우에도 위와 같은 원리를 통해 그에 대응되는 고유 스케일 인자 값을 사용한다. 즉, 굴절률 연산 시에 사용되는 스케일 인자는 광학 현미경에 적용된 소스 파워의 크기에 따라 달리 결정되며, 이는 도 10의 데이터로부터 쉽게 획득할 수 있다.

[91] 이상과 같은 본 발명에 따르면, 광학 현미경을 이용하여 촬상된 증착 박막의 깊이별 촬상 영상으로부터 임의의 그레이 스케일 범위에 포함된 전자수를 상기 깊이 별 촬영 영상마다 연산한 다음 전자수가 급감하는 변곡 지점의 깊이를 탐색하여, 이로부터 증착 박막의 굴절률을 손쉽게 측정할 수 있는 이점이 있다.

[92] 또한, 본 발명은 광학 현미경을 이용하여 촬상된 영상을 이용하여 증착률과 굴절률 특성을 동시에 측정할 수 있어, 여러 특성을 동시 측정하는 박막 특성 감시 시스템으로 활용할 수 있다.

[93] 더욱이, 본 발명은 별도의 샘플 웨이퍼의 제작이 필요 없이 단순히 촬상 영상의 분석만을 이용하여 증착 박막의 여러 박막 특성들을 동시에 측정할 수 있어, 증착 박막의 물리적 특성의 측정에 필요한 시간과 비용을 절감할 수 있다.

[94] 이하에서는 본 발명의 실시예의 적용 예를 설명한다. 도 11은 본 발명의 실시예를 이용하여 실리콘 박막을 1초에 8장으로 연속 촬상한 영상을 나타낸다. 8장의 이미지는 각각 이미지000 내지 이미지007로 넘버링되어 있다.

[95] 도 12는 도 11의 각 영상에 대하여 박막 내부의 특정 깊이에서의 전자수(입자수) 분포를 나타낸다. 여기서 전자수는 전자수를 계산하는 3가지 방식 중 첫 번째 방식을 적용하여 계산되었다. 도 12는 특정 깊이에서의 박막의 입자수 분포가 동일 또는 유사하다는 것을 보이며, 이러한 반복성 또는 재현성은 본 발명의 기술이 실제로 적용 가능한 기술임을 입증한다. 다른 깊이에서의 입자수 분포도 유사한 재현성을 보였다.

[96] 도 13은 도 11의 각 영상을 0.5-5의 복원변수 범위에서 452개의 층으로 나누고 각 층에서의 입자수 분포에서 계산한 입자수이다. 입자수는 그레이 스케일 범위 0-200에 속하는 픽셀수로 계산된 것이다. 도 13에서 한 단위는 복원변수의 값이 0.01에 해당한다. 도 13에서 박막과 웨이퍼간의 경계는 층번호 411에 해당되면 복원변수 4.16에 해당하는 깊이이다. 도 13에서와 같이 깊이별 분포도 서로 유사하며, 따라서 이는 증착된 박막의 깊이별 균일도를 측정하는 데에 있어 재현성이 있음을 입증한다.

[97] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및

균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

청구범위

- [청구항 1] 증착 박막의 물리적 특성 측정장치를 이용한 증착 박막의 물리적 특성 측정방법에 있어서,
광학 현미경을 이용하여 촬상된 상기 증착 박막의 표면에 대한 촬상 영상을 입력받는 단계;
상기 촬상 영상 내에서 임의의 그레이 스케일 범위에 속하는 픽셀들을 이용하여 상기 임의의 그레이 스케일 범위에 포함된 전자수를 연산하는 단계; 및
상기 연산된 전자수를 이용하여 상기 증착 박막의 증착률을 연산하는 단계를 포함하는 증착 박막의 물리적 특성 측정방법.
- [청구항 2] 청구항 1에 있어서,
상기 임의의 그레이 스케일 범위는 아래의 수학적식으로 정의되는 증착 박막의 물리적 특성 측정방법:
$$G_{\min} < \text{임의의 그레이 스케일 범위} < G_{\max} - T$$

여기서, $G_{\min}$ 및 $G_{\max}$ 는 상기 촬영 영상에 대한 최소 및 최대 그레이 스케일 값, T 는 상기 최대 그레이 스케일 값의 10~15%에 해당되는 값이다.
- [청구항 3] 청구항 1에 있어서,
상기 증착 박막의 증착률을 연산하는 단계는,
상기 전자수에 스케일 인자를 곱하여 상기 증착 박막의 증착률을 연산하되,
상기 스케일 인자는,
상기 광학 현미경에 적용된 소스 파워의 크기에 따라 결정되는 증착 박막의 물리적 특성 측정방법.
- [청구항 4] 청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 있어서,
상기 전자수는 아래의 수학적식으로 정의되는 증착 박막의 물리적 특성 측정방법:
$$\text{전자수} = \sum (N_i \times (G_{\max} - G_i) \times n)$$

여기서, N_i 는 상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들 중 상기 임의의 그레이 스케일 범위 내의 i 번째 그레이 스케일 값에 해당되는 픽셀들의 개수, G_i 는 상기 i 번째 그레이 스케일 값, $G_{\max}$ 는 상기 촬상 영상에서 표현 가능한 최대 그레이 스케일 값, n 은 상기 픽셀에 대한 비트열의 LSB당 발생하는 전자수, 상기 LSB(Least significant bit)는 2진수로 표현된 비트열 중에서 최하위의 비트 또는 상기 비트열의 최하위 비트를 의미한다.
- [청구항 5] 청구항 4에 있어서,
상기 수학적식으로부터 상기 전자수를 3가지 방식으로 계산하며,

첫 번째 방식은 영상을 구성하는 픽셀 단위의 수로서 상기 수학식에서 $N_i=1$, $G_{MAX}=1$, $n=1$ 로 계산된 값에 마이너스(-) 값을 적용하여 계산한 것이고, 두 번째 방식은 상기 광학 현미경의 촬상 영상 쪽에서 계산되는 전자수로서 이는 상기 수학식에서 $G_{MAX}=0$ 으로 설정하여 계산된 값에 마이너스(-) 값을 적용하여 계산한 것이고, 세 번째 방식은 상기 수학식을 그대로 사용하여 계산되는 촬상되는 물질(matter)이 보유하는 전자수를 나타내는 증착 박막의 물리적 특성 측정방법.

[청구항 6]

증착 박막의 물리적 특성 측정장치를 이용한 증착 박막의 물리적 특성 측정방법에 있어서,
광학 현미경을 이용하여 촬상된 상기 증착 박막의 내표면에 대한 깊이별 촬상 영상을 각각 입력받는 단계;
상기 촬상 영상 내에서 임의의 그레이 스케일 범위에 속하는 픽셀들을 이용하여 상기 임의의 그레이 스케일 범위에 포함된 전자수를 상기 깊이별 촬상 영상마다 연산하는 단계;
상기 깊이별로 연산된 상기 전자수를 이용하여 상기 전자수의 변화량이 기준값보다 큰 변곡 지점의 깊이를 획득하는 단계; 및
상기 변곡 지점의 깊이를 이용하여 상기 증착 박막의 굴절률을 연산하는 단계를 포함하는 증착 박막의 물리적 특성 측정방법.

[청구항 7]

청구항 6에 있어서,
상기 증착 박막의 굴절률을 연산하는 단계는,
상기 변곡 지점의 깊이에 스케일 인자를 곱하여 상기 증착 박막의 굴절률을 연산하되,
상기 스케일 인자는,
상기 광학 현미경에 적용된 소스 파워의 크기에 따라 결정되는 증착 박막의 물리적 특성 측정방법.

[청구항 8]

청구항 6 또는 청구항 7에 있어서,
상기 전자수는 아래의 수학식으로 정의되는 증착 박막의 물리적 특성 측정방법:

$$\text{전자수} = \sum (N_i \times (G_{MAX} - G_i) \times n)$$

여기서, N_i 는 상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들 중 상기 임의의 그레이 스케일 범위 내의 i 번째 그레이 스케일 값에 해당되는 픽셀들의 개수, G_i 는 상기 i 번째 그레이 스케일 값, G_{MAX} 는 상기 촬상 영상에서 표현 가능한 최대 그레이 스케일 값, n 은 상기 픽셀에 대한 비트열의 LSB당 발생하는 전자수, 상기 LSB(Least significant bit)는 2진수로 표현된 비트열 중에서 최하위의 비트 또는 상기 비트열의 최하위 비트를 의미한다.

[청구항 9]

청구항 8에 있어서,

상기 수학식으로부터 상기 전자수를 3가지 방식으로 계산하며, 첫 번째 방식은 영상을 구성하는 픽셀 단위의 수로서 상기 수학식에서 $N_i=1$, $G_{\text{Max}}=1$, $n=1$ 로 계산된 값에 마이너스(-) 값을 적용하여 계산한 것이고, 두 번째 방식은 상기 광학 현미경의 촬상 영상 쪽에서 계산되는 전자수로서 이는 상기 수학식에서 $G_{\text{MAX}}=0$ 으로 설정하여 계산된 값에 마이너스(-) 값을 적용하여 계산한 것이고, 세 번째 방식은 상기 수학식을 그대로 사용하여 계산되는 촬상되는 물질(matter)이 보유하는 전자수를 나타내는 증착 박막의 물리적 특성 측정방법.

[청구항 10]

광학 현미경을 이용하여 촬상된 증착 박막의 표면에 대한 촬상 영상을 입력받는 영상 입력부;
상기 촬상 영상 내에서 임의의 그레이 스케일 범위에 속하는 픽셀들을 이용하여 상기 임의의 그레이 스케일 범위에 포함된 전자수를 연산하는 전자수 연산부; 및
상기 연산된 전자수를 이용하여 상기 증착 박막의 증착률을 연산하는 증착률 연산부를 포함하는 증착 박막의 물리적 특성 측정장치.

[청구항 11]

청구항 10에 있어서,
상기 임의의 그레이 스케일 범위는 아래의 수학식으로 정의되는 증착 박막의 물리적 특성 측정장치:
 $G_{\text{min}} < \text{임의의 그레이 스케일 범위} < G_{\text{max}} - T$
여기서, G_{min} 및 G_{max} 는 상기 촬영 영상에 대한 최소 및 최대 그레이 스케일 값, T 는 상기 최대 그레이 스케일 값의 10~15%에 해당되는 값이다.

[청구항 12]

청구항 10에 있어서,
상기 증착률 연산부는,
상기 전자수에 스케일 인자를 곱하여 상기 증착 박막의 증착률을 연산하되,
상기 스케일 인자는,
상기 광학 현미경에 적용된 소스 파워의 크기에 따라 결정되는 증착 박막의 물리적 특성 측정장치.

[청구항 13]

청구항 10 내지 청구항 12 중 어느 한 항에 있어서,
상기 전자수는 아래의 수학식으로 정의되는 증착 박막의 물리적 특성 측정장치:

$$\text{전자수} = \sum (N_i \times (G_{\text{MAX}} - G_i) \times n)$$

여기서, N_i 는 상기 촬상 영상을 구성하는 픽셀들 중 상기 임의의 그레이 스케일 범위 내의 i 번째 그레이 스케일 값에 해당되는 픽셀들의 개수, G_i 는 상기 i 번째 그레이 스케일 값, G_{MAX} 는 상기

촬영 영상에서 표현 가능한 최대 그레이 스케일 값, n 은 상기 픽셀에 대한 비트열의 LSB당 발생하는 전자수, 상기 LSB(Least significant bit)는 2진수로 표현된 비트열 중에서 최하위의 비트 또는 상기 비트열의 최하위 비트를 의미한다.

[청구항 14]

청구항 13에 있어서,
상기 수학식으로부터 상기 전자수를 3가지 방식으로 계산하며,
첫 번째 방식은 영상을 구성하는 픽셀 단위의 수로서 상기 수학식에서 $N_i=1$, $G_{MAX}=1$, $n=1$ 로 계산된 값에 마이너스(-) 값을 적용하여 계산한 것이고, 두 번째 방식은 상기 광학 현미경의 촬영 영상 쪽에서 계산되는 전자수로서 이는 상기 수학식에서 $G_{MAX}=0$ 으로 설정하여 계산된 값에 마이너스(-) 값을 적용하여 계산한 것이고, 세 번째 방식은 상기 수학식을 그대로 사용하여 계산되는 촬영되는 물질(matter)이 보유하는 전자수를 나타내는 증착 박막의 물리적 특성 측정장치.

[청구항 15]

광학 현미경을 이용하여 촬영된 증착 박막의 내표면에 대한 깊이별 촬영 영상을 각각 입력받는 영상 입력부;
상기 촬영 영상 내에서 임의의 그레이 스케일 범위에 속하는 픽셀들을 이용하여 상기 임의의 그레이 스케일 범위에 포함된 전자수를 상기 깊이별 촬영 영상마다 연산하는 전자수 연산부;
상기 깊이별로 연산된 상기 전자수를 이용하여 상기 전자수의 변화량이 기준값보다 큰 변곡 지점의 깊이를 획득하는 깊이 탐색부; 및
상기 변곡 지점의 깊이를 이용하여 상기 증착 박막의 굴절률을 연산하는 굴절률 연산부를 포함하는 증착 박막의 물리적 특성 측정장치.

[청구항 16]

청구항 15에 있어서,
상기 굴절률 연산부는,
상기 변곡 지점의 깊이에 스케일 인자를 곱하여 상기 증착 박막의 굴절률을 연산하되,
상기 스케일 인자는,
상기 광학 현미경에 적용된 소스 파워의 크기에 따라 결정되는 증착 박막의 물리적 특성 측정장치.

[청구항 17]

청구항 15 또는 청구항 16에 있어서,
상기 전자수는 아래의 수학식으로 정의되는 증착 박막의 물리적 특성 측정장치:

$$\text{전자수} = \sum (N_i \times (G_{MAX} - G_i) \times n)$$

여기서, N_i 는 상기 촬영 영상을 구성하는 픽셀들 중 상기 임의의 그레이 스케일 범위 내의 i 번째 그레이 스케일 값에 해당되는

픽셀들의 개수, G_i 는 상기 i 번째 그레이 스케일 값, G_{MAX} 는 상기 촬상 영상에서 표현 가능한 최대 그레이 스케일 값, n 은 상기 픽셀에 대한 비트열의 LSB당 발생하는 전자수, 상기 LSB(Least significant bit)는 2진수로 표현된 비트열 중에서 최하위의 비트 또는 상기 비트열의 최하위 비트를 의미한다.

[청구항 18]

청구항 17에 있어서,

상기 수학식으로부터 상기 전자수를 3가지 방식으로 계산하며,

첫 번째 방식은 영상을 구성하는 픽셀 단위의 수로서 상기

수학식에서 $N_i=1$, $G_{Max}=1$, $n=1$ 로 계산된 값에 마이너스(-) 값을

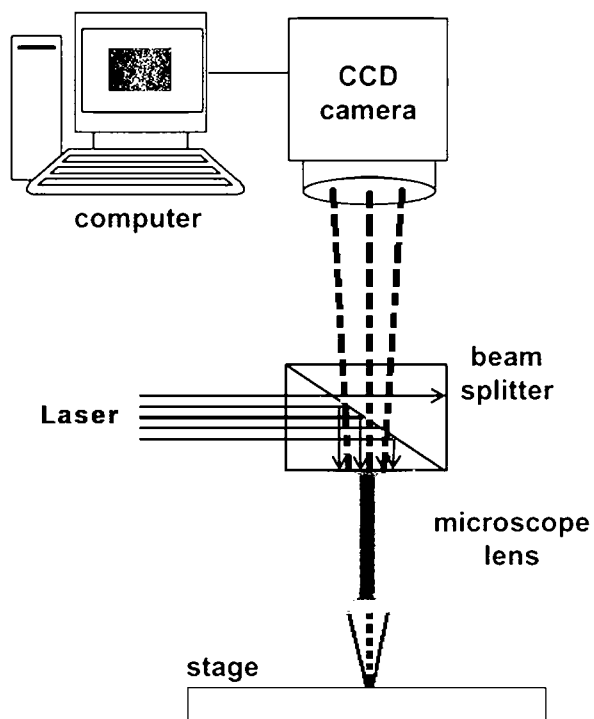
적용하여 계산한 것이고, 두 번째 방식은 상기 광학 현미경의 촬상 영상 쪽에서 계산되는 전자수로서 이는 상기 수학식에서 G_{MAX}

=0으로 설정하여 계산된 값에 마이너스(-) 값을 적용하여 계산한

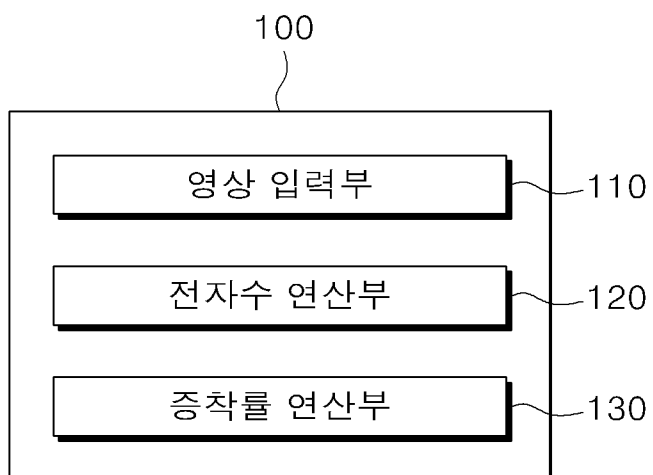
것이고, 세 번째 방식은 상기 수학식을 그대로 사용하여 계산되는

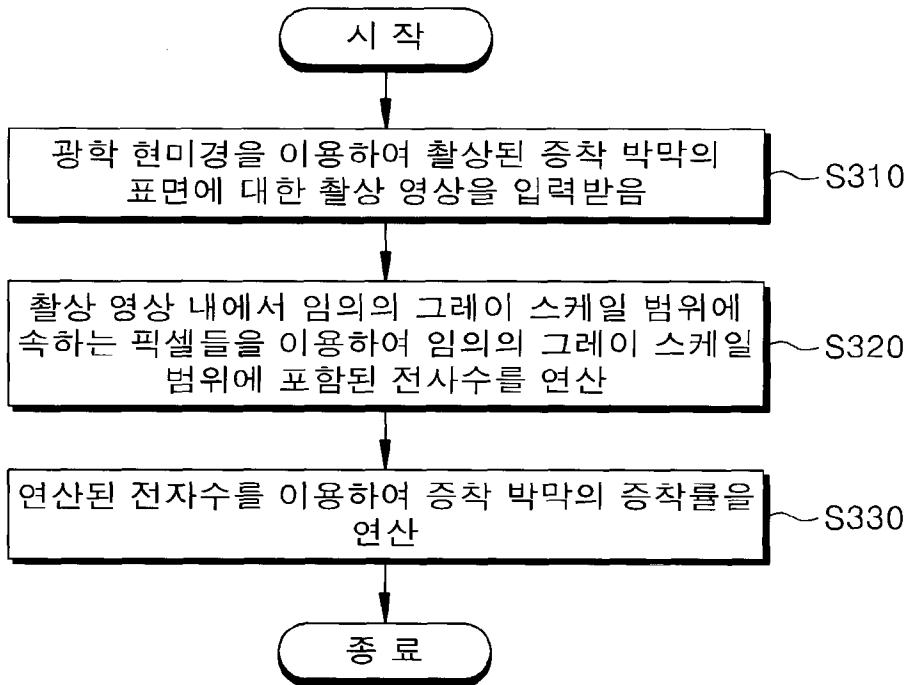
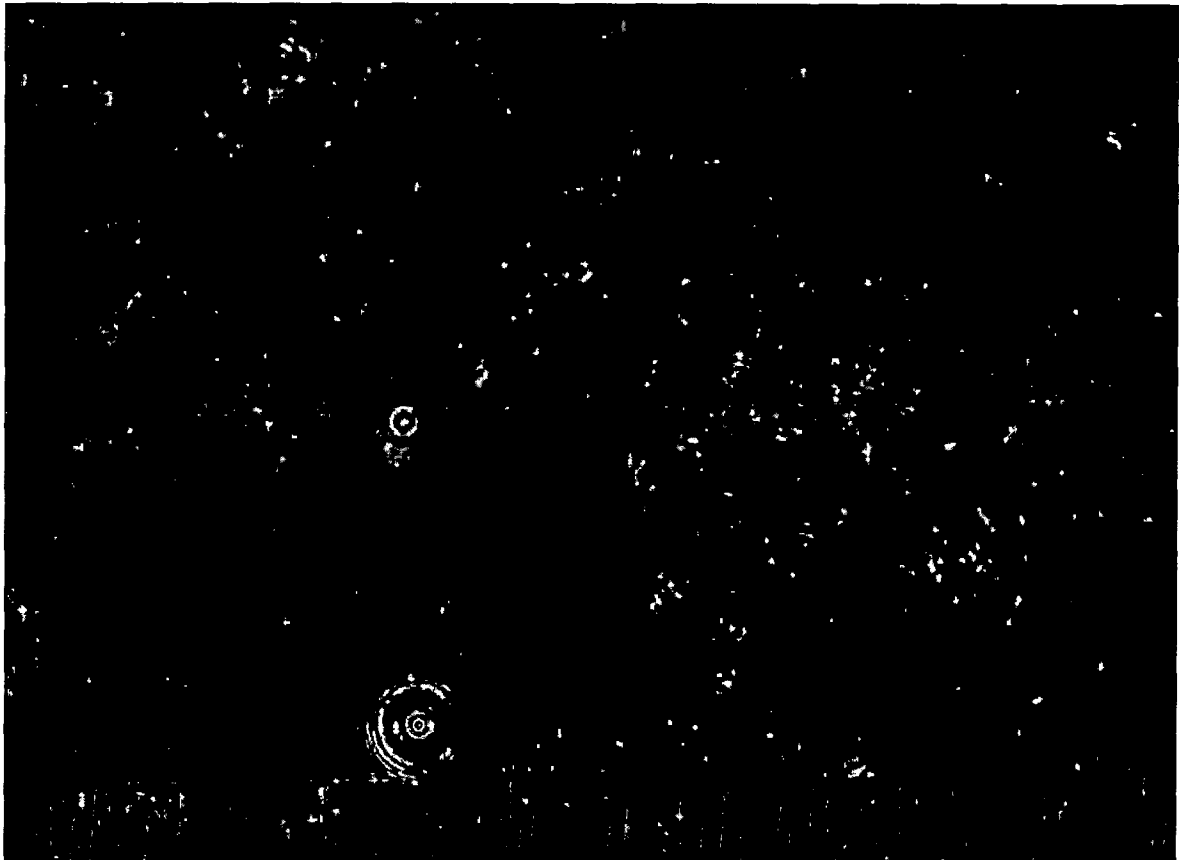
촬상되는 물질(matter)이 보유하는 전자수를 나타내는 증착 박막의 물리적 특성 측정장치.

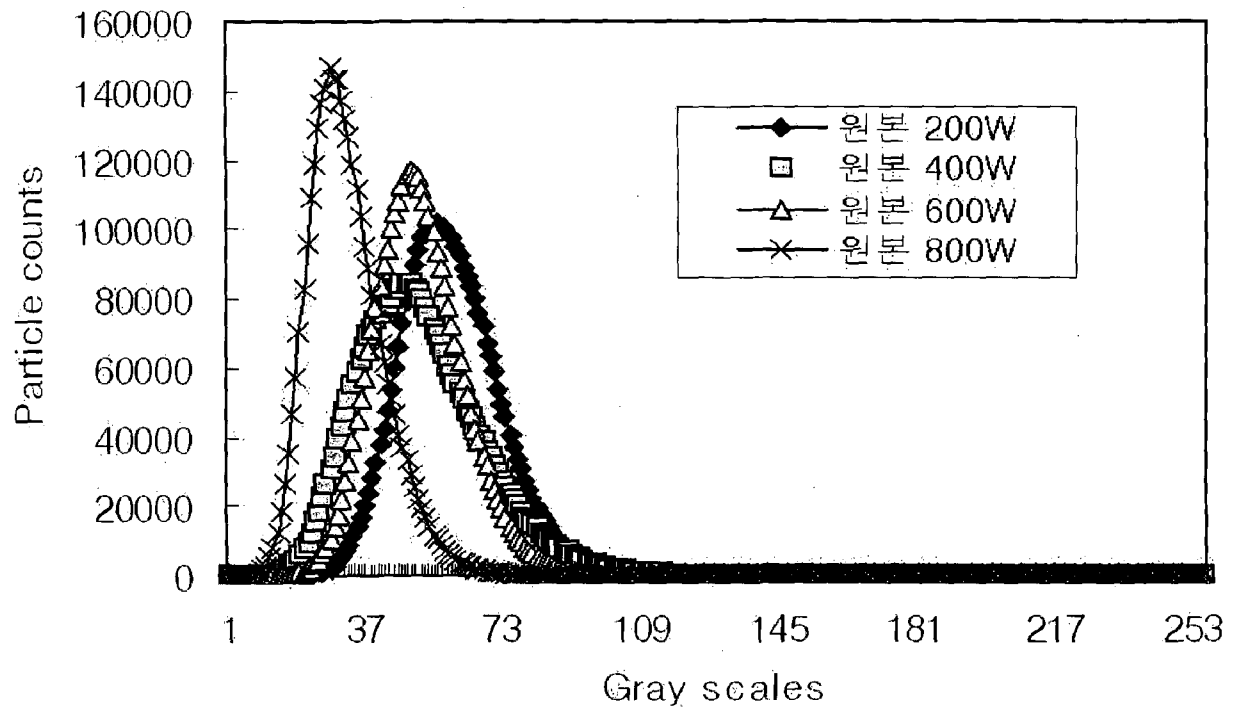
[Fig. 1]



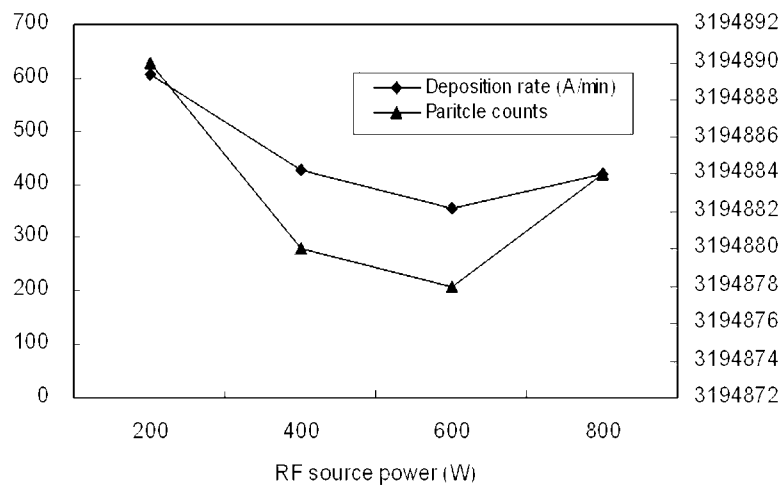
[Fig. 2]



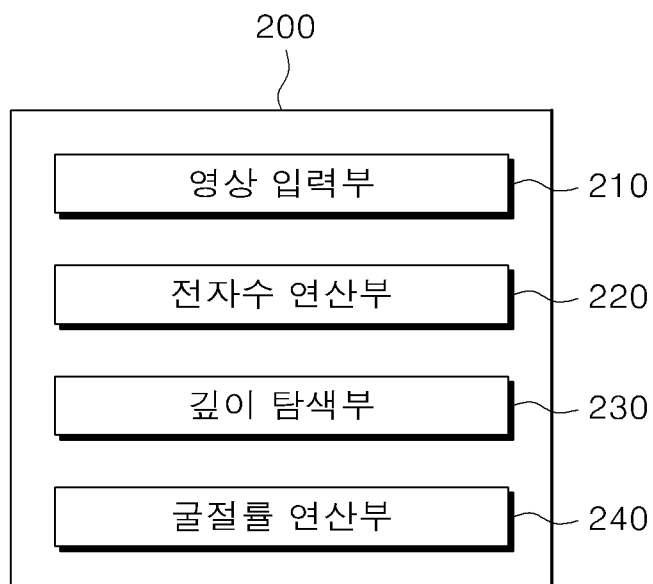
[Fig. 3]**[Fig. 4]**

[Fig. 5]

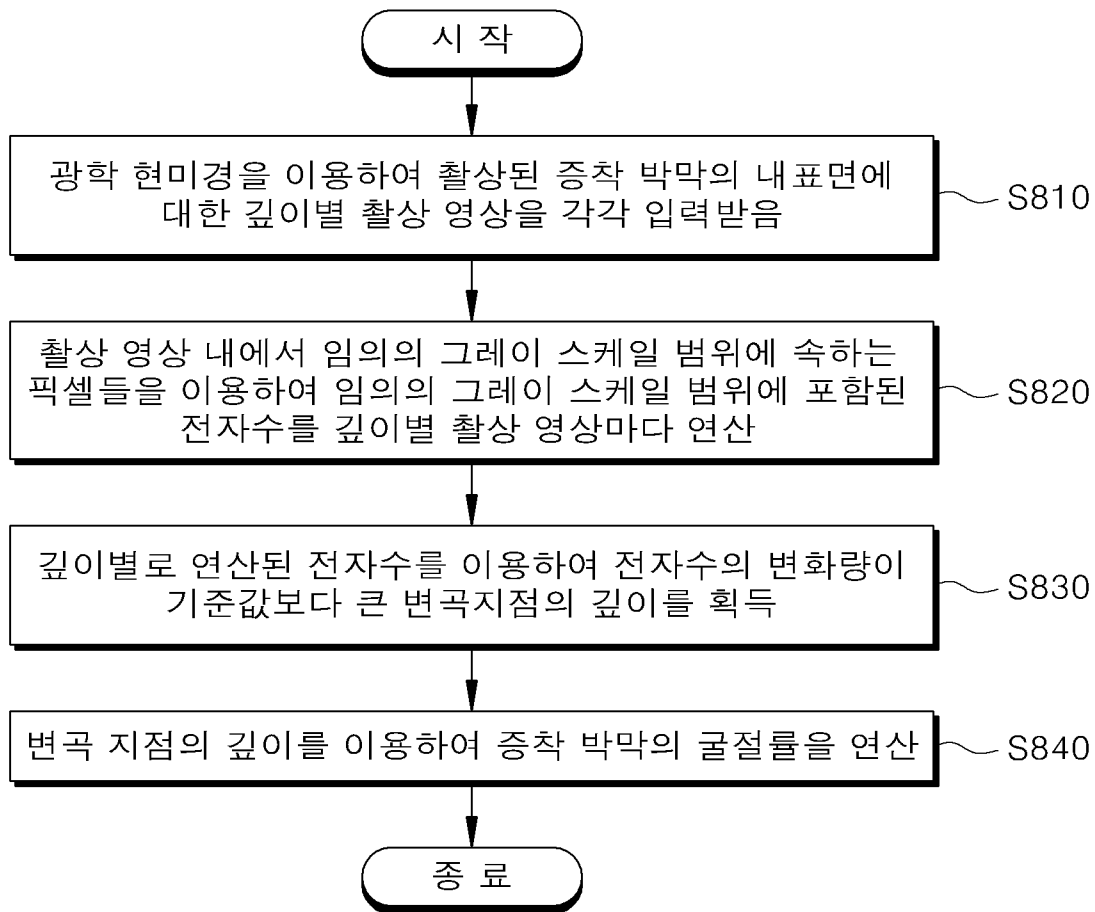
[Fig. 6]



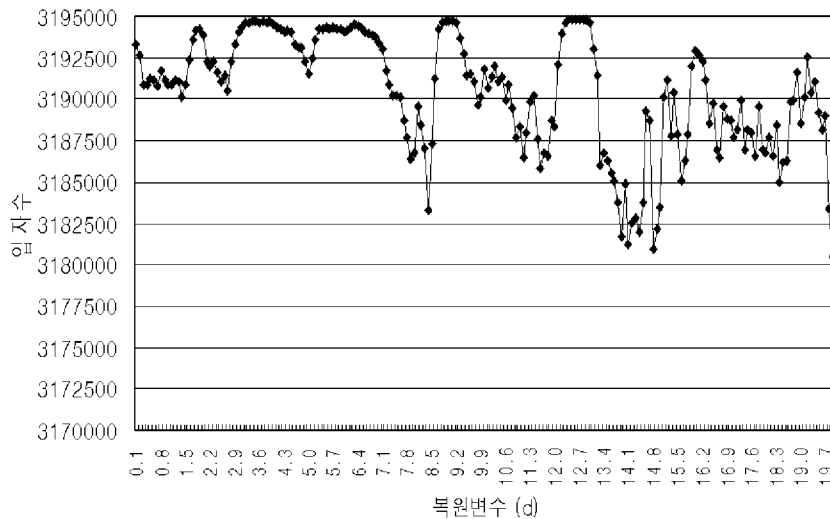
[Fig. 7]

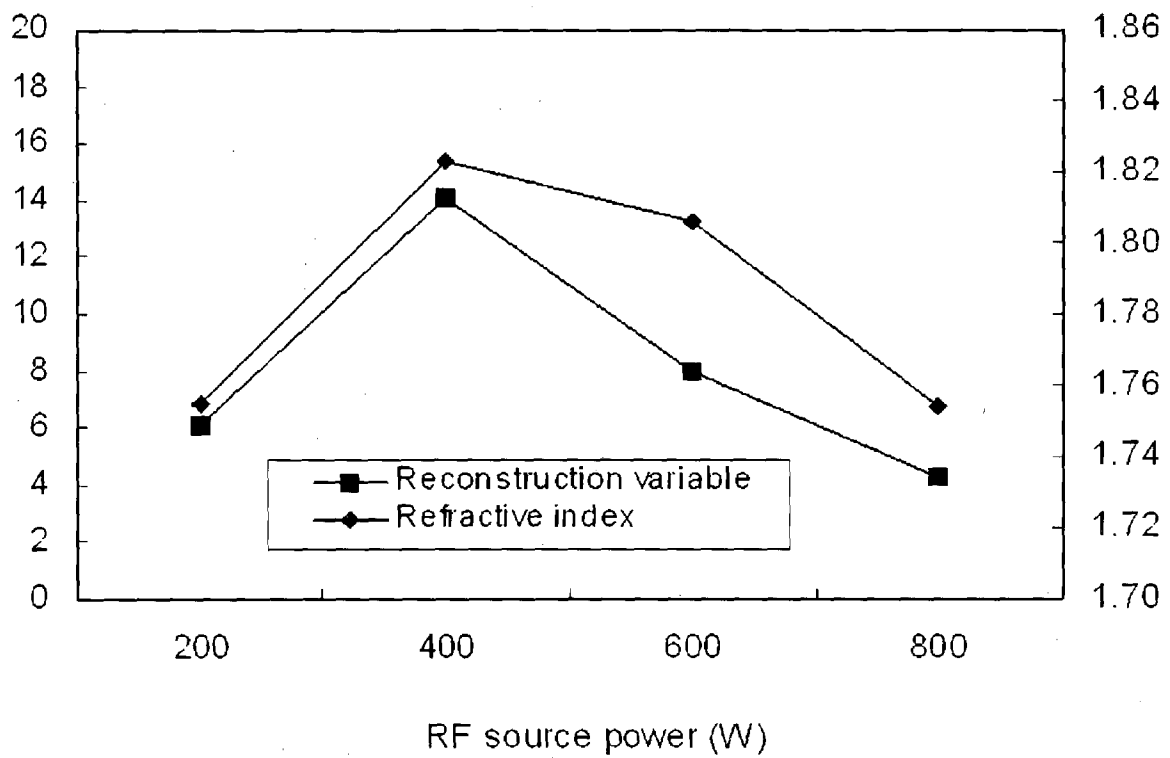


[Fig. 8]

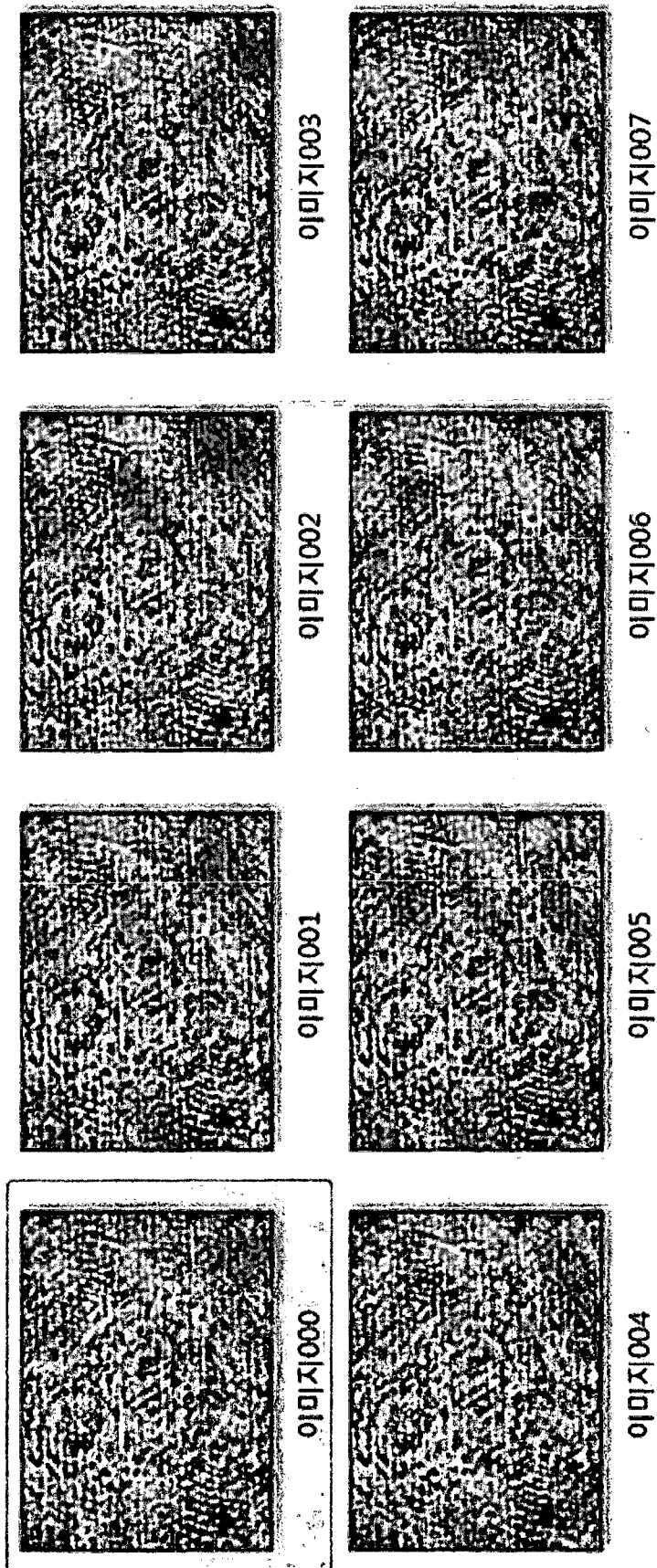


[Fig. 9]

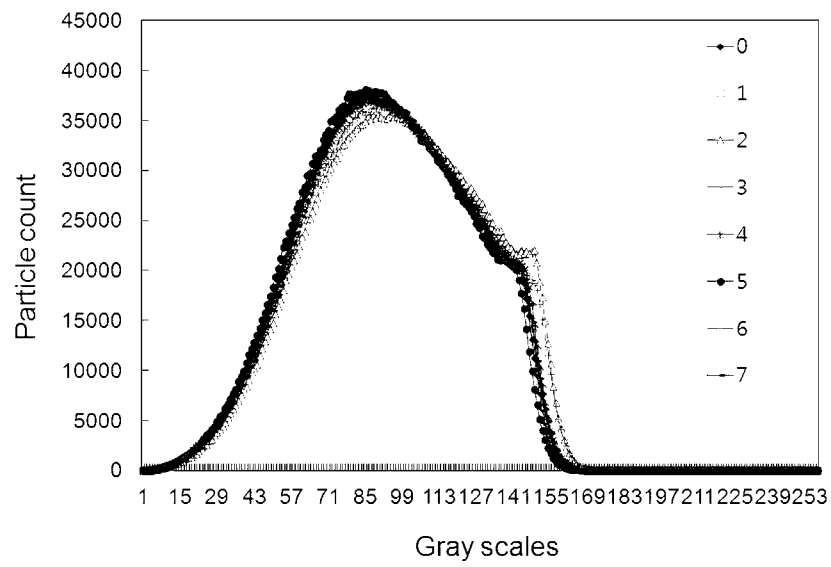


[Fig. 10]

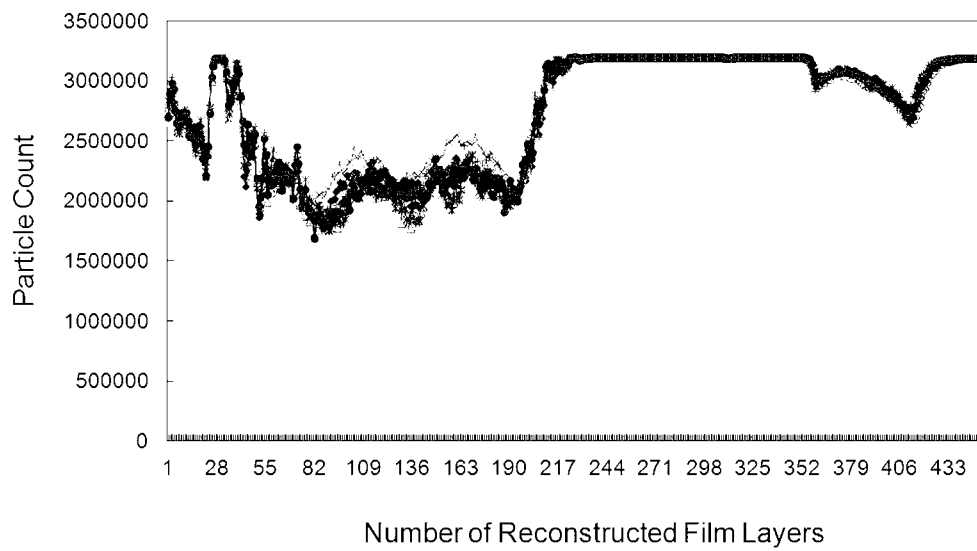
[Fig. 11]



[Fig. 12]



[Fig. 13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2013/004516**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H01L 21/66(2006.01)i**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L 21/66; C23C 14/24; G01N 21/956; B41M 5/34; H01L 21/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: thin film, film forming, picture, image, imaging, evaporation rate, reflective index

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-078466 A (TOKYO SEIMITSU CO LTD) 29 March 2007 See abstract, paragraphs [0017] - [0031], figures 3 - 7	1-18
A	KR 10-2006-0102824 A (MAXPLASMA CO., LTD.) 28 September 2006 See abstract, pages 2 - 3, figure 1	1-18
A	KR 10-0762698 B1 (SAMSUNG SDI CO., LTD.) 01 October 2007 See abstract, paragraphs [0030] - [0040], figure 2	1-18
A	KR 10-2011-0001109 A (INDUSTRY-ACADEMIA COOPERATION GROUP OF SEJONG UNIVERSITY) 06 January 2011 See abstract, paragraphs [0068] - [0075], figure 6	1-18



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 SEPTEMBER 2013 (13.09.2013)

Date of mailing of the international search report

13 SEPTEMBER 2013 (13.09.2013)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2013/004516

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 2007-078466 A	29/03/2007	JP 4716827 B2	06/07/2011
KR 10-2006-0102824 A	28/09/2006	NONE	
KR 10-0762698 B1	01/10/2007	NONE	
KR 10-2011-0001109 A	06/01/2011	NONE	

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H01L 21/66(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H01L 21/66; C23C 14/24; G01N 21/956; B41M 5/34; H01L 21/00

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 박막, 성막, 화상, 영상, 활상, 증착물, 굴절률

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	JP 2007-078466 A (TOKYO SEIMITSU CO LTD) 2007.03.29 요약, 문단 [0017] - [0031], 도면 3 - 7 참조	1-18
A	KR 10-2006-0102824 A (주식회사 맥스플라즈마) 2006.09.28 요약, 페이지 2 - 3, 도면 1 참조	1-18
A	KR 10-0762698 B1 (삼성에스디아이 주식회사) 2007.10.01 요약, 문단 [0030] - [0040], 도면 2 참조	1-18
A	KR 10-2011-0001109 A (세종대학교산학협력단) 2011.01.06 요약, 문단 [0068] - [0075], 도면 6 참조	1-18

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2013년 09월 13일 (13.09.2013)

국제조사보고서 발송일

2013년 09월 13일 (13.09.2013)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

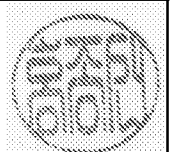
대한민국 특허청
(302-701) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-472-7140

심사관

홍중선

전화번호 +82-42-481-8682



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2007-078466 A	2007/03/29	JP 4716827 B2	2011/07/06
KR 10-2006-0102824 A	2006/09/28	없음	
KR 10-0762698 B1	2007/10/01	없음	
KR 10-2011-0001109 A	2011/01/06	없음	