

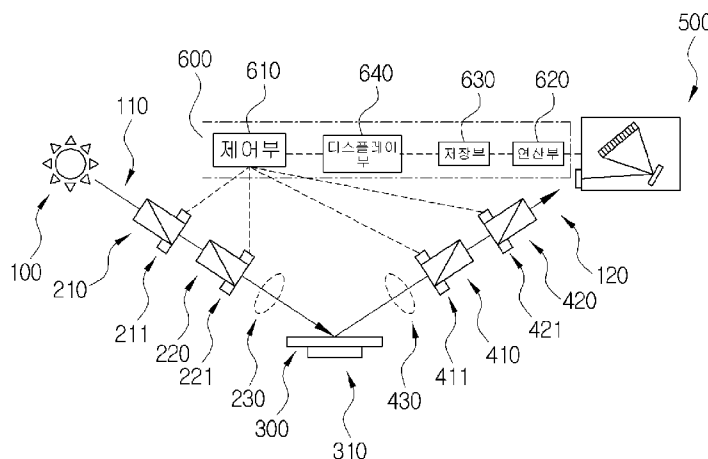


- (51) 국제특허분류:
G01D 21/00 (2006.01) **G01N 21/21** (2006.01)
G01B 11/06 (2006.01) **G01J 4/04** (2006.01)
G01B 11/24 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2016/002287
- (22) 국제출원일: 2016년 3월 8일 (08.03.2016)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
 10-2015-0034847 2015년 3월 13일 (13.03.2015) KR
- (71) 출원인: 한국표준과학연구원 (KOREA RESEARCH INSTITUTE OF STANDARDS AND SCIENCE) [KR/KR]; 34113 대전시 유성구 가정로 267, Daejeon (KR).
- (72) 발명자: 조용재 (CHO, Yong Jai); 34121 대전시 유성구 대덕대로 590 번길 11-10, 1-506, Daejeon (KR). 제갈원 (CHEGAL, Won); 34022 대전시 유성구 배울 2로 24, 307-1401, Daejeon (KR). 조현모 (CHO, Hyun Mo); 35228 대전시 서구 둔산로 15, 115-1403, Daejeon (KR).
- (74) 대리인: 특허법인 플러스 (PLUS INTERNATIONAL IP LAW FIRM); 35209 대전시 서구 한밭대로 809 10 층, Daejeon (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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, 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, ST, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[다음 쪽 계속]

(54) Title: CHROMATIC ABERRATION-FREE OPTICAL ELEMENT-ROTATION TYPE ELLIPSOMETER AND METHOD OF MEASURING MUELLER-MATRIX OF SPECIMEN USING SAME

(54) 발명의 명칭 : 무색수차 광소자-회전형 타원계측기 및 이를 이용한 시편의 물러-행렬 측정 방법



610 ... Control unit
 620 ... Calculation unit
 630 ... Storage unit
 640 ... Display unit

(57) Abstract: The present invention relates to an optical element rotation type ellipsometer and, more specifically, to an ellipsometer used for measuring and analyzing a change of a polarization state of a light reflected by or transmitted through a specimen to measure a Mueller matrix component of the specimen. An embodiment of the present invention may comprise: a light source for emitting an incident light toward a specimen; a fixed polarizer that is arranged between the light source and the specimen on a travel path of the incident light, and polarizes the incident light emitted from the light source; a constant speed rotation polarizer that is arranged between the fixed polarizer and the specimen on the travel path of the incident light and polarizes the light, which has passed through the fixed polarizer and is incident thereto, the constant speed rotation polarizer rotating in a constant speed; a constant speed rotation analyzer for polarizing the light, which has been polarized while passing through the constant speed rotation polarizer, has been reflected by or has passed through the specimen to thus have a changed polarization state, and is then incident thereto, the constant speed rotation analyzer rotating at a constant speed; a fixed analyzer for polarizing the light, which has been polarized while passing through the constant speed rotation analyzer and is then incident thereto; and a light detector for detecting an amount of exposure of the light, which has been polarized while passing through the fixed analyzer and is then incident thereto, and outputting a value of a radiant flux of the light, which corresponds to the detected amount of exposure.

ent thereto; and a light detector for detecting an amount of exposure of the light, which has been polarized while passing through the fixed analyzer and is then incident thereto, and outputting a value of a radiant flux of the light, which corresponds to the detected amount of exposure.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]

**공개:**

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

본 발명은 광소자 회전형 타원계측기에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 시편에 의해 반사 또는 투과된 광의 편광상태 변화를 측정 및 분석하여 시편의 물리 행렬성분을 측정하는데 사용되는 타원계측기에 관한 것이다. 본 발명은 일 실시예는 시편을 향하여 입사광을 방사하는 광원, 상기 입사광의 진행경로 상 상기 광원과 상기 시편 사이에 배치되며 상기 광원에서 방사된 상기 입사광을 편광시키는 고정 편광자, 상기 입사광의 진행경로 상 상기 고정편광자와 상기 시편 사이에 배치되며 상기 고정편광자를 통과한 광이 입사되며 상기 입사된 광을 편광시키는 등속으로 회전하는 등속회전 편광자, 상기 등속회전 편광자를 통과하여 편광된 광이 상기 시편에 의해 반사 또는 투과되면서 편광상태가 변화되어 입사되며 상기 입사된 광을 편광시키는 등속으로 회전하는 등속회전 검광자, 상기 등속회전 검광자를 통과하여 편광된 광이 입사되며 상기 입사된 광을 편광시키는 고정 검광자, 상기 고정 검광자를 통과하여 편광된 광이 입사되며 입사된 광의 노광량을 검출하고 상기 노광량에 상응하는 광의 복사속의 값을 출력하는 광검출기를 포함할 수 있다.

명세서

발명의 명칭: 무색수차 광소자-회전형 타원계측기 및 이를 이용한 시편의 물리-행렬 측정 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 광소자 회전형 타원계측기에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 시편에 의해 반사 또는 투과된 광의 편광상태 변화를 측정 및 분석하여 시편의 물리 행렬성분을 측정하는데 사용되는 타원계측기에 관한 것이다.

[2]

배경기술

- [3] 급격히 발전하고 있는 반도체 소자, 평판 디스플레이, 나노바이오, 나노 임프린트, 박막광학 등과 관련된 산업분야의 제조공정 단계에서 나노 시편을 손상시키지 않고 박막의 두께 및 나노 패턴의 형상 및 물성을 비접촉식으로 측정 및 평가할 수 있는 기술의 중요성이 점점 증대되고 있다.
- [4] 이들 산업의 지속적인 발전함에 따라 박막의 두께는 점점 작아져서 몇 개의 원자층 수준까지 도달하게 되었고 나노 패턴의 형상은 기존의 2차원 구조에서 3차원 구조로 복잡화되는 추세이다. 따라서 나노 스케일의 시편의 형상 및 물성을 보다 정확하게 분석하기 위한 공정용 측정기술이 필요하다.
- [5] 비접촉식으로 시편의 형상과 물성을 측정하는 기술 가운데 타원계측기와 이를 이용한 방법이 광원, 광검출기, 컴퓨터 등의 발전과 더불어 널리 이용되고 있다.
- [6] 종래 기술에 따른 시편의 형상과 물성을 측정하기 위한 타원계측기 및 이를 이용한 측정 방법에 관한 선행문헌으로는 한국 특허 제1270260호가 있다.

[7]

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [8] 종래 기술에 따른 광소자-회전형 타원계측기는 편광자 회전형 다채널 분광타원계측기들의 광경로 중에서 광원 이후에 정지상태의 편광자를 추가함으로써 광원을 선편광으로 만들어서 광원의 잔류편광 문제를 해결하고, 검광자 회전형 다채널 분광타원계측기들의 광경로 중에서 다채널 분광기 이전에 정지상태의 편광자를 추가로 설치하여 선편광된 광을 광검출기에 전달함으로써 광검출기의 편광 의존성 문제를 해결하였다.
- [9] 그러나, 종래 기술에 따른 광소자-회전형 타원계측기는 3개의 편광자를 사용함으로써 측정된 노광량들로부터 광세기 파형의 푸리에 계수들, 시편의 타원계측 각 및 시편의 무편광 반사율은 찾아낼 수 있었으나, 비등방성 시편의 물리-행렬 측정방법은 구체적으로 제시하지 못하였으며, 그에 따라 비등방성 시편의 형상과 물성을 감지하기 위해서는 시편의 방향을 회전하거나 고정 광소자를 스캔하는 추가적인 측정이 필요한 문제점이 있다.

[10]

과제 해결 수단

[11] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 무색수차 광소자-회전형 타원계측기는 시편을 향하여 입사광을 방사하는 광원; 상기 입사광의 진행경로 상 상기 광원과 상기 시편 사이에 배치되며, 상기 광원에서 방사된 상기 입사광을 편광시키는 고정 편광자; 상기 입사광의 진행경로 상 상기 고정편광자와 상기 시편 사이에 배치되며, 상기 고정편광자를 통과한 광이 입사되며 상기 입사된 광을 편광시키는 등속으로 회전하는 등속회전 편광자; 상기 등속회전 편광자를 통과하여 편광된 광이 상기 시편에 의해 반사 또는 투과되면서 편광상태가 변화되어 입사되며, 상기 입사된 광을 편광시키는 등속으로 회전하는 등속회전 검광자; 상기 등속회전 검광자를 통과하여 편광된 광이 입사되며, 상기 입사된 광을 편광시키는 고정 검광자; 상기 고정 검광자를 통과하여 편광된 광이 입사되며, 입사된 광의 노광량을 검출하고 상기 노광량에 상응하는 광의 복사속(radiant flux)의 값을 출력하는 광검출기;를 포함할 수 있다.

[12] 여기서, 상기 무색수차 광소자-회전형 타원계측기는 상기 고정 편광자에 부착되어 상기 고정 편광자의 방위각을 제어하기 위한 제 1 동공축 스테핑 모터; 상기 등속회전 편광자에 부착되어 상기 등속회전 편광자를 등속으로 회전시키기 위한 제 2 동공축 등속회전 모터; 상기 등속회전 검광자에 부착되어 상기 등속회전 검광자를 등속으로 회전시키기 위한 제 3 동공축 등속회전 모터; 상기 고정 검광자에 부착되어 상기 고정 검광자의 방위각을 제어하기 위한 제 4 동공축 스테핑 모터; 상기 제 1 동공축 스테핑 모터와 상기 제 4 동공축 스테핑 모터를 제어하는 펄스와 상기 제 2 동공축 등속회전 모터와 상기 제 3 동공축 등속회전 모터의 회전속도를 결정하는 정보를 생성하고 상기 각 구성요소의 동작을 제어하는 제어부;를 더 포함할 수 있다.

[13] 또한, 상기 등속회전 편광자는 기준 각속도의 기 설정된 배수로 회전하고, 상기 등속회전 검광자는 상기 기준 각속도의 또 다른 기 설정된 배수로 회전하고, 상기 광검출기는 광의 복사속의 값을 적어도 상기 기준 각속도의 회전주기 동안 출력하고, 상기 광검출기가 출력하는 상기 광의 복사속의 값으로부터 상기 광의 복사속 파형에 대한 푸리에 계수를 계산하고 상기 푸리에 계수로부터 상기 시편의 물리-행렬 성분을 계산하는 연산부;를 더 포함할 수 있다.

[14] 또한, 상기 무색수차 광소자-회전형 타원계측기는 상기 푸리에 계수와 상기 물리 행렬 성분을 저장하는 저장부; 상기 물리 행렬 성분을 전시하는 디스플레이부;를 더 포함할 수 있다.

[15] 그리고, 상기 노광량에 관한 식은

$$S_j = \int_{(j-1)T/J+T_d}^{(j-1)T/J+T_d+T_i} I(t)dt, (j = 1, \dots, J)$$

이고, 상기 광의 복사속 파형의 푸리에 계수의 평균값들은

$$\begin{aligned}
 [16] \quad \langle I_0' \rangle &= \frac{\langle H_0^c \rangle}{2T_i} \\
 \langle A_n' \rangle &= C_n^c \langle H_n^c \rangle - C_n^s \langle H_n^s \rangle, (n \geq 1) \\
 \langle B_n' \rangle &= C_n^c \langle H_n^s \rangle - C_n^s \langle H_n^c \rangle, (n \geq 1) \\
 C_n^c &= \frac{\xi_n}{T_i \sin \xi_n} \cos \left[\xi_n \left(1 + \frac{2T_d}{T_i} \right) \right], (n \geq 1) \\
 C_n^s &= \frac{\xi_n}{T_i \sin \xi_n} \sin \left[\xi_n \left(1 + \frac{2T_d}{T_i} \right) \right], (n \geq 1)
 \end{aligned}$$

[17] 이다. 여기서,

$$[18] \quad \left(\begin{array}{c} N_{ho} \\ I(t) = I_0' + \sum_{n=1}^{N_{ho}} [A_n' \cos(n\omega t) + B_n' \sin(n\omega t)] \end{array} \right) : \text{광의 복사속 파형,}$$

[19] $\omega = (2\pi/T)$: 등속회전 광소자들의 기준 각속도,

[20] $T (= 2\pi/\omega)$: 기준 각속도에 대한 회전주기,

[21] I_0' : 광의 복사속 파형의 푸리에 계수 성분들 중에서 직류(dc) 성분,

[22] A_n', B_n' : 광의 복사속 파형의 푸리에 계수 성분들 중에서 교류(ac) 성분들,

[23] N_{ho} : 0이 아닌 푸리에 계수 성분들 중에서 가장 큰 인덱스의 값,

[24] J: 회전주기 T 시간 동안에 측정된 노광량 세트의 수,

[25] T_i : 적분시간,

[26] T_d : 지연시간,

$$[27] \quad \langle H_n^c \rangle + i \langle H_n^s \rangle = \frac{2}{NJ} \sum_{j=1}^{NJ} S_j \exp \left[i \frac{2n\pi(j-1)}{J} \right],$$

[28] N: 푸리에 계수 측정 반복 횟수,

[29] $\zeta = n\pi T_i/T$ 이다.

$$[30] \quad \text{또한, 상기 노광량에 관한 식은} \quad S_j = \int_{(j-1)T/J+T_d}^{(j-1)T/J+T_d+T_i} I(t) dt, (j = 1, \dots, J)$$

이고, 상기 광의 복사속 파형의 보정된 푸리에 계수값들은

$$[31] \quad I_0 = I_0'$$

$$[32] \quad A_n = A'_n \cos(n\theta_{r0,n}) + B'_n \sin(n\theta_{r0,n})$$

$$[33] \quad B_n = -A'_n \sin(n\theta_{r0,n}) + B'_n \cos(n\theta_{r0,n})$$

[34] 이다. 여기서,

$$[35] \quad (I(\theta_r) = I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [A_n \cos(n\theta_r) + B_n \sin(n\theta_r)]) : \text{광의 복사속 파형},$$

[36] I_0 : 광의 복사속 파형의 보정된 푸리에 계수의 직류 성분,

[37] $T(=2\pi/\omega)$: 기준 각속도에 대한 회전주기,

[38] A_n, B_n : 광의 복사속 파형의 보정된 푸리에 계수의 교류 성분,

[39] θ_r : 실원점에 대해서 측정된 기준각속도에 의한 방위각 변화량,

[40] $-\theta_{r0,n}$: $t=0$ 일 때, θ_r 의 값,

$$[41] \quad \omega t = \theta_r + \theta_{r0,n},$$

[42] N_{ho} : 0이 아닌 푸리에 계수 성분들 중에서 가장 큰 인덱스의 값,

[43] J : 회전주기 T 시간 동안에 측정된 노광량 세트의 수,

[44] T_i : 적분시간,

[45] T_d : 지연시간)이다.

[46] 또한, 상기 노광량에 관한 식은

$$[47] \quad S_j = \int_{(j-1)T/J+T_d}^{(j-1)T/J+T_d+T_i} I(t) dt, \quad (j = 1, \dots, J) \quad \text{이고, 상기 광의 복사속 파형의}$$

보정된 푸리에 계수값들은

$$[48] \quad \begin{aligned} I_0 &= \gamma \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^v i_{o,jk} M_{jk} = \gamma i_0 \cdot V^{(SP)} \\ A_n &= \gamma \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^v a_{n,jk} M_{jk} = \gamma a_n \cdot V^{(SP)} \\ B_n &= \gamma \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^v b_{n,jk} M_{jk} = \gamma b_n \cdot V^{(SP)} \end{aligned}$$

[49] 이다. 여기서,

$$[50] \quad (I(\theta_r) = I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [A_n \cos(n\theta_r) + B_n \sin(n\theta_r)]) : \text{광의 복사속 파형},$$

[51] I_0 : 광의 복사속 파형의 보정된 푸리에 계수의 직류 성분,

- [52] A_n, B_n : 광의 복사속 파형의 보정된 푸리에 계수의 교류 성분,
- [53] Θ_r : 실원점에 대해서 측정된 기준각속도에 의한 방위각 변화량,
- [54] $-\theta_{r0,n} : t=0$ 일 때, θ_r 의 값,
- [55] $\omega t = \theta_r + \theta_{r0,n}$,
- [56] N_{ho} : 0이 아닌 푸리에 계수 성분들 중에서 가장 큰 인덱스의 값,
- [57] J: 회전주기 T 시간 동안에 측정된 노광량 세트의 수,
- [58] T_i : 적분시간,
- [59] T_d : 지연시간,
- [60] $V^{(SP)} = (M_{11}, \dots, M_{1v}, \dots, M_{u1}, \dots, M_{uv})^T$: 상기 시편에 대한 물리
행렬 성분을 벡터로 표현한 해,
- [61] $i_0 = (\partial I_0 / \partial M_{11}, \dots, \partial I_0 / \partial M_{1v}, \dots, \partial I_0 / \partial M_{u1}, \dots, \partial I_0 / \partial M_{uv}) / \gamma$
 $a_n = (\partial A_n / \partial M_{11}, \dots, \partial A_n / \partial M_{1v}, \dots, \partial A_n / \partial M_{u1}, \dots, \partial A_n / \partial M_{uv}) / \gamma$
 $b_n = (\partial B_n / \partial M_{11}, \dots, \partial B_n / \partial M_{1v}, \dots, \partial B_n / \partial M_{u1}, \dots, \partial B_n / \partial M_{uv}) / \gamma$
- [62] $\gamma = K(1 + d_{12} \cos 2A + d_{13} \sin 2A)(1 + l_1 \cos 2P + l_2 \sin 2P)$: 광학 소자의
투과율 상태에 관련된 공통 인자,
- [63] P, A :: 고정 편광자, 고정 검광자의 특성 축의 실원점 좌표계에서 방위각 위치,
- [64] $M^{(SP)} = (M_{jk})_{4 \times 4}$: 시편의 Mueller 행렬,
- [65] $K = \mu_{OE} A_{PDE} T_{PSA} T_{PSG} D_{11} L_0$,
- [66] $d_{12(13)} = D_{12(13)} / D_{11}$,
- [67] $l_{1(2)} = l_{1(2)} / L_0$,
- [68] μ_{QE} : 광검출기의 양자효율,

[69] A_{PDE} : 광검출기의 측정 유효 면적,

[70] T_{PSG}, T_{PSA} : 편광상태 발생기와 편광상태 분석기의 유효 투과계수,

[71] u, v : 사용된 광소자 회전형 분광타원계측기의 종류에 따라 다르게 주어지는
기 설정된 정수,

[72] $S^{(LS)} = (L_0, L_1, L_2, L_3)^T$: 편광상태 발생기를 통과하기 위해 입사되는

광파(light wave)의 스토크스벡터,

[73] $M^{(DOS)} = (D_{jk})_{4 \times 4}$: 편광상태 분석기와 광검출기 사이에 배치된 검출

광학계(detector optic system; DOS)의 물리 행렬,

[74] PSG : 고정 편광자와 등속회전 편광자를 포함하는 편광 상태 발생기,

[75] PSA : 등속회전 검광자와 고정 검광자를 포함하는 편광 상태 분석기)이다.

[76] 또한, 상기 시편에 대한 물리 행렬 성분을 벡터로 표현한 해는

[77] $V^{(SP)} = (\Omega^T \Omega)^{-1} \Omega^T X$

[78] 이다. 여기서,

[79] $I(\theta_r) = I_0 + \sum_{n=1}^{n_o} [A_n \cos(n\theta_r) + B_n \sin(n\theta_r)]$: 광의 복사속 파형,

[80] I_o : 광의 복사속 파형의 보정된 푸리에 계수의 직류 성분,

[81] A_n, B_n : 광의 복사속 파형의 보정된 푸리에 계수의 교류 성분,

[82] N_{ho} : 0이 아닌 푸리에 계수 성분들 중에서 가장 큰 인덱스의 값,

[83] J : 회전주기 T 시간 동안에 측정된 노광량 세트의 수,

[84] T_i : 적분시간,

[85] T_d : 지연시간,

[86] $V^{(SP)} = (M_{11}, \dots, M_{1v}, \dots, M_{u1}, \dots, M_{uv})^T$: 상기 시편에 대한 물리 행렬

성분을 벡터로 표현한 해,

[87] $X = (I_0, A_1, B_1, A_2, B_2, \dots, A_{N_{ho}}, B_{N_{ho}})^T$: 보정된 푸리에 계수의 열 벡터

[88] $\Omega = \gamma(i_0, a_1, b_1, a_2, b_2, \dots, a_{N_{ho}}, b_{N_{ho}})^T$: 상기 행 벡터를 성분으로 구성된

$(2N_{ho} + 1) - by - uv$ 계수 행렬

$$\begin{aligned}
 [89] \quad & i_0 = (\partial I_0 / \partial M_{11}, \dots, \partial I_0 / \partial M_{1v}, \dots, \partial I_0 / \partial M_{u1}, \dots, \partial I_0 / \partial M_{uv}) / \gamma \\
 & a_n = (\partial A_n / \partial M_{11}, \dots, \partial A_n / \partial M_{1v}, \dots, \partial A_n / \partial M_{u1}, \dots, \partial A_n / \partial M_{uv}) / \gamma \\
 & b_n = (\partial B_n / \partial M_{11}, \dots, \partial B_n / \partial M_{1v}, \dots, \partial B_n / \partial M_{u1}, \dots, \partial B_n / \partial M_{uv}) / \gamma \\
 [90] \quad & \gamma = K(1 + d_{12} \cos 2A + d_{13} \sin 2A)(1 + l_1 \cos 2P + l_2 \sin 2P) : \text{광학 소자의}
 \end{aligned}$$

투과율 상태에 관련된 공통 인자,

$$\begin{aligned}
 [91] \quad & P, A : : \text{고정 편광자, 고정 검광자의 특성 축의 실원점 좌표계에서 방위각 위치,} \\
 [92] \quad & M^{(SP)} = (M_{jk})_{4 \times 4} : \text{시편의 Mueller 행렬,}
 \end{aligned}$$

$$[93] \quad K = \mu_{OE} A_{PDE} T_{PSA} T_{PSG} D_{11} L_0,$$

$$[94] \quad d_{12(13)} = D_{12(13)} / D_{11},$$

$$[95] \quad l_{1(2)} = l_{1(2)} / L_0,$$

$$[96] \quad \mu_{QE} : \text{광검출기의 양자효율,}$$

$$[97] \quad A_{PDE} : \text{광검출기의 측정 유효 면적,}$$

$$[98] \quad T_{PSG}, T_{PSA} : \text{편광상태 발생기와 편광상태 분석기의 유효 투과계수,}$$

$$[99] \quad u, v : \text{사용된 광소자 회전형 분광타원계측기의 종류에 따라 다르게 주어지는}$$

기 설정된 정수,

$$[100] \quad S^{(LS)} = (L_0, L_1, L_2, L_3)^T : \text{편광상태 발생기를 통과하기 위해 입사되는}$$

광파(light wave)의 스토크스벡터,

$$[101] \quad M^{(DOS)} = (D_{jk})_{4 \times 4} : \text{편광상태 분석기와 광검출기 사이에 배치된 검출}$$

광학계(detector optic system; DOS)의 물리 행렬,

$$[102] \quad \text{PSG} : \text{고정 편광자와 등속회전 편광자를 포함하는 편광 상태 발생기,}$$

$$[103] \quad \text{PSA} : \text{등속회전 검광자와 고정 검광자를 포함하는 편광 상태 분석기)이다.}$$

$$[104] \quad \text{또한, 상기 무색수차 광소자-회전형 타원계측기는 상기 시편을 지탱해주는}$$

시편 받침대; 시편의 측정 위치를 이동할 수 있는 시편 이송 시스템; 하나 이상의

시편을 보관할 수 있는 시편 보관용기; 상기 시편 보관용기로부터 하나의 시편을 꺼내어 상기 시편 받침대로 이동시키 시편운반장치;를 더 포함할 수 있다.

[105] 또한, 상기 무색수차 광소자-회전형 타원계측기는 상기 노광량을 측정하기 위해서 상기 시편을 정렬하는 시편 정렬 시스템을 더 포함하고, 상기 시편 정렬용 시스템은 광을 방사하는 레이저와, 상기 레이저에서 방사되는 광을 시편에 기 설정된 방향으로 입사시키는 광학계와, 상기 시편에 의해 반사된 광을 수광하는 광검출기를 포함할 수 있다.

[106] 또한, 상기 무색수차 광소자-회전형 타원계측기는, 상기 입사광의 초점이 상기 시편에 맺히게 하는 초점광학계; 상기 시편에 의해 반사 또는 투과된 광을 다시 평행광으로 변화시키는 시준기;를 더 포함할 수 있다.

[107] 또한, 상기 광원은 제논(xenon) 램프, 텅스텐(tungsten)-할로젠(halogen) 램프, 듀테륨(deuterium) 램프, 가스 레이저, 레이저 다이오드 및 이들에서 방사된 광을 광섬유를 통하여 전달하는 장치로부터 선택된 어느 하나일 수 있다.

[108] 또한, 상기 광검출기는 CCD, CMOS 또는 포토다이오드 소자를 포함하며, 다수의 CCD, CMOS 또는 포토다이오드 소자로 이루어진 화소들이 선형 또는 2차원 평면구조로 배열된 것일 수 있다.

[109] 또한, 상기 광검출기는 광전자증배관(Photomultiplier tubes) 또는 포토다이오드를 포함하는 단일 광검출기일 수 있다.

[110] 또한, 상기 광검출기는 냉각장치가 구비될 수 있다.

[111] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 상기 무색수차 광소자-회전형 타원계측기를 이용한 시편의 물러-행렬 측정 방법은 시편이 장착되는 시편장착단계(S10); 고정 편광자와 고정 검광자 각각의 설정 방위각을 선택하는 방위각선택단계(S20); 상기 고정 편광자와 상기 고정 검광자 각각의 방위각을 상기 설정 방위각으로 이동하는 방위각이동단계(S30); 등속회전 편광자와 등속회전 검광자의 방위각 변화에 따른 입사 광의 노광량을 측정하고, 상기 노광량으로부터 광의 복사속의 값을 출력하는 노광량측정단계(S40); 상기 광의 복사속의 값으로부터 상기 광의 복사속 파형의 푸리에 계수들을 계산하는 푸리에계수계산단계(S50);

[112] 상기 푸리에 계수들로부터 상기 시편의 물러-행렬 성분들을 계산하는 물러-행렬계산단계(S60); 를 포함할 수 있다.

[113]

발명의 효과

[114] 이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명에 따른 실시예는 4개의 편광자를 사용함으로써 등방성 시편뿐만 아니라, 비등방성 시편의 물러-행렬을 측정할 수 있는 무색수차 광소자-회전형 타원계측기 및 이를 이용한 시편의 물러-행렬 측정 방법을 제공할 수 있다.

[115] 따라서, 종래 기술에 따른 시편의 형상과 물성을 측정하기 위한 타원계측기 및

이를 이용한 측정 방법에 비하여 신속하게 비등방성 시편의 형상과 물성을 측정할 수 있다.

[116]

도면의 간단한 설명

[117] 도 1은 종래의 광소자-회전형 물러-행렬 타원계측기의 개략도를 나타낸 도면이다.

[118] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 무색수차 광소자-회전형 타원계측기의 개략도를 나타낸 도면이다.

[119] 도 3는 본 발명의 일 실시예에 따른 무색수차 광소자-회전형 타원계측기에서 사용되는 고정 편광자, 등속회전 편광자, 등속회전 검광자 및 고정 검광자에 대한 각각의 방위각을 기술하기 위한 개념도를 나타낸 도면이다.

[120] 도 4는 본 발명의 무색수차 광소자-회전형 타원계측기를 이용한 시편의 물러-행렬 측정 방법을 나타내는 순서도를 나타낸 도면이다.

[121]

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[122] 발명에 관한 설명은 구조적 내지 기능적 설명을 위한 실시예에 불과하므로, 본 발명의 권리범위는 본문에 설명된 실시예에 의하여 제한되는 것으로 해석되어서는 아니 된다. 즉, 실시예는 다양한 변경이 가능하고 여러 가지 형태를 가질 수 있으므로 본 발명의 권리범위는 기술적 사상을 실현할 수 있는 균등물들을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[123] 한편, 본 출원에서 서술되는 용어의 의미는 다음과 같이 이해되어야 할 것이다.

[124] 제1, 제2 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위한 것으로 이들 용어들에 의해 권리범위가 한정되어서는 아니 된다. 예를 들어, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.

[125] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "상부에" 또는 "위에" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소의 바로 위에 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "접촉하여" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 한편, 구성요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "개재하여"와 "바로 ~개재하여", "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.

[126] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함하는 것으로 이해되어야 하고, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계,

동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

- [127] 각 단계들은 문맥상 명백하게 특정 순서를 기재하지 않은 이상 명기된 순서와 다르게 일어날 수 있다. 즉, 각 단계들은 명기된 순서와 동일하게 일어날 수도 있고 실질적으로 동시에 수행될 수도 있으며 반대의 순서대로 수행될 수도 있다.
- [128] 본 개시의 실시예들을 설명하기 위하여 참조되는 도면은 설명의 편의 및 이해의 용이를 위하여 의도적으로 크기, 높이, 두께 등이 과장되어 표현되어 있으며, 비율에 따라 확대 또는 축소된 것이 아니다. 또한, 도면에 도시된 어느 구성요소는 의도적으로 축소되어 표현하고, 다른 구성요소는 의도적으로 확대되어 표현될 수 있다.
- [129] 여기서 사용되는 모든 용어들은 다르게 정의되지 않는 한, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미를 지니는 것으로 해석될 수 없다.
- [130] 이하에서는 첨부된 도면을 첨부하여 본 발명의 실시예에 따른 무색수차 광소자-회전형 타원계측기 및 이를 이용한 시편의 물러-행렬 측정 방법을 설명한다. 도 1은 종래의 광소자-회전형 물러-행렬 타원계측기의 개략도이며, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 무색수차 광소자-회전형 타원계측기의 개략도이다.
- [131] 도 1을 참조하면, 종래의 광소자-회전형 타원계측기는 광원(100), 편광 상태 발생기(200), 시편(300), 편광 상태 분석기(400), 광검출기(500)를 포함할 수 있다. 종래의 광소자 회전형 물러-행렬 타원계측기들의 핵심 구성요소들은 광원(100), 광원에서 방사된 광을 특정한 편광상태로 만드는 광학계인 편광 상태 발생기(200), 변조된 입사광의 진행 경로 상에 놓여지는 시편(300), 시편에서 반사된 반사광(또는 투과광)의 진행 경로 상에 상기 반사광(또는 투과광)의 편광상태를 분석하기 위한 광학계인 편광 상태 분석기(400), 상기 편광 상태 분석기를 통과한 광의 광량을 전압 또는 전류와 같은 값으로 측정하는 광검출기(500)일 수 있다.
- [132] 상기 편광 상태 발생기 또는 상기 편광 상태 분석기는 타원계측기의 종류에 따라서 복수개의 회전가능 광소자들이 적절히 배치되고, 상기 회전가능 광소자는 선형 편광자(linear polarizer)들과 보상기(compensating element)들로 구성될 수 있고, 상기 회전가능 광소자들 중에서 선택된 회전가능 광소자들은 등속으로 회전하고, 상기 등속회전 광소자들을 제외한 나머지 회전가능 광소자들은 고정 광소자로서 측정을 위하여 기지정된 방위각으로 이동하여 측정시 정지되는 것일 수 있다.
- [133] 종래의 물러-행렬 타원계측기들에서 가장 널리 사용되고 있는 것은 두 개의

광소자가 일정한 속도비를 갖고 등속으로 회전하는 이중-광소자-회전형 타원계측기이며, 이중-보상기-회전형 타원계측기, 회전-보상기 회전-검광자 타원계측기, 회전-편광자 회전-보상기 타원계측기 및 회전-편광자 회전-검광자 타원계측기를 예로 들 수 있다.

[134] 광소자-회전형 타원계측기의 원리는 광원(100)으로부터 방사된 입사광을 편광 상태 발생기에 입사시키고, 입사광은 편광 상태 발생기(200)에 의해 통제될 수 있는 특정한 편광상태로 변화되고, 편광상태로 변조된 입사광은 시편(300)에 조사되어 시편에 의해 편광상태가 변화되어 시편의 물성정보를 가진 반사광(또는 투과광)이 되고, 반사광(또는 투과광)은 편광 상태 분석기(400)에 입사되어 다시 한번 통제될 수 있는 특정한 편광상태로 변화되고, 이러한 일련의 변화를 거친 반사광을 광검출기(500)를 사용하여 측정함으로써 최종적으로 시편(300)의 물성정보를 가진 종합적으로 재구성하는 것이다.

[135] 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 광소자-회전형 물러-행렬 타원계측기는 입사광 경로 상에 광원(100), 고정 편광자(210), 제 1 동공축 스테핑 모터(211), 등속회전 편광자(220), 제 2 동공축 등속회전 모터(221), 초점광학계(230), 시편(300), 시편 받침대(310), 시준기(430), 고정 검광자(410), 제 3 동공축 등속회전 모터(411), 등속회전 검광자(420), 제 4 동공축 등속회전 모터(421), 광검출기(500), 제어부(610), 연산부(620), 저장부(630) 및 디스플레이부(640)를 포함할 수 있다. 여기서, 고정 편광자(210), 제 1 동공축 스테핑 모터(211), 등속회전 편광자(220), 제 2 동공축 등속회전 모터(221) 및 초점광학계(230)는 편광 상태 발생기(200)를 구성하는 요소이다. 또한, 시준기(430), 고정 검광자(410), 제 3 동공축 등속회전 모터(411), 등속회전 검광자(420) 및 제 4 동공축 등속회전 모터(421)는 편광 상태 분석기(400)를 구성하는 요소이다. 여기서 제어부(610), 연산부(620), 저장부(630) 및 디스플레이부(640)는 컴퓨터(600)를 이용해서 구현될 수 있다.

[136] 입사광 선상에서는 광원(100), 광원에서 시편을 향해서 평행하게 방사된 입사광(110), 입사광과 시편 사이에 배치되어 측정시 지정된 방위각에 정지해 통과된 입사광을 특정한 방향의 선편광 상태로 만드는 고정 편광자(210), 고정 편광자와 시편 사이에 배치되어 고정 편광자를 통과한 광의 편광상태를 변조시키기 위해 측정시 등속으로 회전하는 등속회전 편광자(220), 등속회전 편광자를 통과한 광은 시편에 의해 반사(또는 투과)되어 그 편광상태가 변화되고, 반사광(또는 투과광) 선상에서는 반사광(또는 투과광)의 시편에 의해 변화된 편광상태를 분석하기 위하여 시편(300)과 광검출기 사이에 배치되어 측정시 등속회전 편광자와는 다른 일정한 비율의 등속으로 회전하는 등속회전 검광자(410), 등속회전 검광자와 광검출기 사이에 배치되어 등속회전 검광자를 통과한 광의 특정한 방향의 선편광 성분만 통과시키기 위해 측정시 지정된 방위각에 정지해 있는 고정 검광자(420) 및 고정 검광자를 통과한 광의 노광량을 측정하고 이에 상응하는 광의 복사속의 값을 출력하는 광검출기(500)를 구비할

수 있다.

- [137] 또한, 고정 편광자(210)와 고정 검광자(420)의 방위각을 동공축 스테핑 모터(211,421)를 사용하여 제어하고 등속회전 편광자(220)와 등속회전 검광자(410)의 회전속도를 등속회전 모터(221,411)를 사용하여 원격 제어할 수 있는 제어부(610), 광검출기(500)로부터 측정된 광의 복사속의 값들로부터 복사속 파형에 대한 푸리에 계수를 계산하고 상기 푸리에 계수값들로부터 시편에 대한 물러 행렬 성분들을 계산하는 연산부(620), 복사속 파형에 대한 푸리에 계수와 시편의 물러 행렬 성분들의 계산값을 저장하는 저장부(630) 및 필요시 모니터의 화면에 상기 계산값을 표시할 수 있는 디스플레이부(640)를 구비할 수 있다.
- [138] 본 발명의 실시예에 따른 광소자-회전형 물러-행렬 타원계측기는 시편의 정렬과 측정 위치를 변경하기 위하여 시편 받침대(310)를 포함할 수 있으며, 상기 시편 받침대의 일면에는 높이 및 좌우의 3 자유도의 평행이동, 2 자유도를 갖는 기울기 조절, 및 회전기능을 포함하는 6 자유도를 가지는 시편 이송 시스템(미도시)을 장착할 수 있다.
- [139] 반도체 산업체 등과 같은 경우에, 본 발명의 실시예에 따른 광소자-회전형 물러-행렬 타원계측기는 다수의 웨이퍼 시편들을 빠른 시간 내에 측정을 하는 것이 중요하기 때문에 이를 위하여 시편들을 보관할 수 있는 시편 보관용기(미도시), 시편의 물성측정을 위해 시편 보관용기로부터 순차적으로 하나씩 시편을 꺼내어 시편 받침대로 이동시키며 지정된 지점들에 대해서 측정이 완료되면 시편 받침대에 위치한 시편을 다시 시편 보관함으로 이송하는 시편 운반장치(미도시)를 포함할 수 있다.
- [140] 본 발명의 실시예에 따른 광소자-회전형 물러-행렬 타원계측기는 측정을 위한 시편의 정렬을 위해서는 시편 정렬용 광을 방사하는 레이저, 상기 레이저에서 방사되는 광을 시편에 특정 방향으로 입사시키는 광학계, 상기 입사된 광에 대해서 상기 시편에 의해 반사된 광을 수광하며 상기 수광된 광의 위치를 판별할 수 있는 광검출기를 구비하는 시편 정렬 시스템(미도시)이 포함될 수 있다.
- [141] 반도체 산업과 같은 분야에 사용될 경우에 본 발명의 실시예에 따른 광소자-회전형 물러-행렬 타원계측기는 시편에서 측정하고자 하는 영역의 크기가 수십 마이크로미터 정도로 매우 작기 때문에 입사광이 시편의 국소 영역에 초점을 맺도록 하는 초점광학계(230)를 시편의 앞 경로에 설치하고 상기 시편에 의해 반사 또는 투과된 광을 다시 평행광으로 변화시켜주는 시준기(430)를 선택적으로 포함할 수 있다.
- [142] 여기서 초점 광학계(230)와 시준기(430)는 광대역 파장에 대한 색수차 보정을 위하여 1개 이상의 거울을 포함하거나, 또는 1개 이상의 이중 재질의 렌즈를 포함하거나, 또는 1개 이상의 거울과 1개 이상의 렌즈를 포함하는 광학계로 구성될 수 있으며 투과 또는 반사 효율을 향상시키기 위하여 단일 박막 또는 다층 박막 코팅된 렌즈들 또는 거울들을 채택할 수 있다.

- [143] 본 발명의 실시예에 따른 광소자-회전형 물러-행렬 타원계측기에서 상기 광원(100)은 제논(xenon) 램프, 텅스텐(tungsten)-할로젠(halogen) 램프, 듀테륨(deuterium) 램프, 가스 레이저, 레이저 다이오드 및 이들에서 방사된 광을 광섬유를 통하여 전달되는 것에서 선택될 수 있다. 이러한 광원장치들은 일부 방향으로 편광된 광의 세기가 다른 방향 보다 상대적으로 크게 나타나는 잔류편광 특성을 가지고 있을 수 있지만, 특정 파장의 광을 발생하는데 유리한 장점이 있을 수 있다.
- [144] 본 발명의 실시예에 따른 광소자-회전형 물러-행렬 타원계측기의 광검출기(500)는 화소(pixel)들이 선형 또는 2차원 평면 구조로 배열된 CCD, CMOS 또는 포토다이오드 어레이 소자로 구성된 분광기(spectrometer)에서 하나의 화소 또는 여러 개의 화소들을 비닝(binning)된 것 중에서 선택된 하나를 구성요소로 할 수 있다. 또한, PMT와 포토다이오드 등으로 만들어진 단일 광검출기들 중에서 선택된 하나를 구성요소로 할 수 있다.
- [145] 광검출기는 외부 트리거가 전달되기 전에는 대기상태를 유지하다가 외부트리거가 전달되면 광검출기의 각 화소별로 지정된 적분시간동안 노광량이 측정되고, 측정된 값에 상응하는 광의 복사속의 값을 출력하거나 임시로 저장할 수 있다. 이 때, CCD, CMOS 또는 포토다이오드 어레이 소자를 사용하는 적분형 광검출기의 경우에는 광검출기의 각 화소별로 지정된 적분시간 동안 노광량 값을 출력하거나 임시로 저장할 수 있으며, PMT와 포토다이오드 등으로 만들어진 단일 광검출기와 같은 비적분형 광검출기의 경우에는 매우 짧은 시간 동안의 노광량 값, 즉 근사적으로 광의 복사속 값을 출력하거나 임시로 저장할 수 있다.
- [146] 본 발명의 실시예에 따른 광소자-회전형 물러-행렬 타원계측기의 광검출기는 측정환경의 변화에 따른 오차를 줄이기 위하여 광대역 파장에 대한 측정을 위해 광경로를 질소 가스 또는 아르곤 가스 등의 분기위 상태로 만드는 장치를 포함할 수 있으며, 시스템 및 측정환경의 진동에 의한 영향을 줄이기 위하여 제진 시스템 위에 상기 타원계측기를 설치할 수 있고, 상기 광원, 상기 광소자들, 상기 시편, 그리고 상기 광검출기에 대하여 온도 변화에 따른 측정 오차를 줄이기 위하여 항온시스템을 포함할 수 있다. 항온장치 대신 온도에 따른 측정오차를 줄이기 위하여 냉각장치를 광검출기에 부착하여 사용할 수 있다.
- [147] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 무색수차 광소자-회전형 타원계측기에서 사용되는 고정 편광자, 등속회전 편광자, 등속회전 검광자 및 고정 검광자에 대한 각각의 방위각을 기술하기 위한 개념도이다. 도 3을 참조하면, 시편의 면에 수직한 평면들 중에서 입사각 Φ 의 상기 입사광(110)의 경로와 반사각 Φ 의 상기 반사광(120)의 경로가 그 면 위에 존재하는 것을 입사면(130)으로 정의하고 상기 시편에 수직한 축을 기준축(140)으로 정의한다. 도 3에 도시한 바와 같이 고정 편광자에서 선편광자의 투과축 방향(150), 등속회전 편광자에서

선편광자의 투과축 방향(160), 등속회전 검광자에서 선편광자의 투과축 방향(170) 및 고정 검광자에서 선편광자의 투과축 방향(180)을 상기 입사면(130)을 기준으로 하여 측정한 방위각을 일반적으로 각각

P, P_r, A_r, A 로 기술한다.

[148] 주기가 $T(=2\pi/\omega)$ 인 임의의 복사속 파형 함수 $I_{ex}(t)$ 는 시간(t)의

함수로 다음의 식으로 표시된다.

$$[149] \quad I_{ex}(t) = I_0' + \sum_{n=1}^{N_{ho}} [A_n' \cos(n\omega t) + B_n' \sin(n\omega t)] \quad (1)$$

[150] 여기서 복사속 파형의 푸리에 계수 성분들 중에서 직류(dc) 성분 I_0' , 복사속

파형의 푸리에 계수 성분들 중에서 교류(ac) 성분들 (A_n', B_n') 및 등속회전

광소자의 기준 각속도 ω, N_{ho} 은 0이 아닌 푸리에 계수 성분들 중에서

가장 큰 인덱스의 값이다.

[151] 따라서, 오류가 없는 이상적인 상기 광소자-회전형 물러-행렬 타원계측기들에서 시간 일 때에 광검출기에 의해 측정될 단색 파장에서의 복사속 값은 다음의 일반적인 파형 식으로 표시 할 수 있다.

$$[152] \quad I(t) = I_0' + \sum_{n=1}^{N_{ho}} [A_n' \cos(n\omega t) + B_n' \sin(n\omega t)] \quad (2)$$

[153] 여기에서, I_0' 는 푸리에 계수의 직류 성분이며, A_n', B_n' 는 푸리에 계수의

교류 성분들이고, $\omega=(2\pi/T)$ 는 등속도로 회전하는 광소자의 기준

각속도이며, N_{ho} 는 0이 아닌 푸리에 계수의 교류 성분들 중에서 최상위

인덱스 값이다. 본 발명의 실시예에 따른 광소자-회전형 물러-행렬 타원계측기의 광검출기에서는 등속회전 편광자의 각속도는 기준각속도 ω 의 상수(m_P)

배인 $m_P\omega$ 이고, 상기 등속회전 검광자의 각속도는 기준각속도 ω 의 상수(

$m_A \omega$ 일 수 있다.

- [154] 주의할 것은, 종래의 2개의 고정 광소자와 1개의 등속회전 광소자를 사용하는 광소자-회전형 타원계측기에는 식 (2)가 적용될 수 없고, 2개의 고정 광소자와 2개의 등속회전 광소자를 사용하는 본 발명의 일실시예에 따른 무색수차 광소자-회전형 타원계측기에 식 (2)의 가정이 적용될 수 있다. 왜냐하면, 등속회전 편광자의 각속도는 기준각속도 ω 의 상수(m_P) 배인 $m_P \omega$

이고, 상기 등속회전 검광자의 각속도는 기준각속도 ω 의 상수(m_A) 배인 $m_A \omega$

인 것으로 하였으므로, 서로 다른 속도로 회전할 수 있는 회전

광소자가 2개 존재하는 것을 가정하고 있기 때문이다. 그러므로 앞으로 유도되는 식들은 종래의 기술에 따른 타원계측기에 적용되는 것이 아니라, 본 발명의 실시예에 따른 광소자-회전형 물러-행렬 타원계측기와 같이 서로 다른 속도로 회전할 수 있는 2개의 회전 광소자를 구비한 타원계측기에 적용될 수 있다.

- [155] 상기 광소자-회전형 물러-행렬 타원계측기들에서는 광검출기를 이용하여 복사속 파형의 푸리에 계수를 정확히 측정하는 것은 매우 중요하다. 최첨단 실시간 상기 광소자-회전형 물러-행렬 타원계측기들에서는 높은 정밀도의 실시간 측정을 위해 푸리에 계수의 스펙트럼을 가능한 한 빨리 수집할 수 있는 CCD(Charge coupled Device) 또는 PD 어레이(Photo Diode array)를 광 검출기로 사용하고 있다. CCD 또는 PD 어레이는 약한 빛에 대한 측정감도가 상대적으로 우수하기 때문에 정해진 광량에 대해서 보다 짧은 시간에 측정이 가능하다. CCD 또는 PD 어레이의 각 화소 또는 각 비닝(binning) 화소 군들은 광검출기의 구성요소로서의 역할을 하고 있다. CCD 또는 PD 어레이의 출력 신호는 복사속 뿐 만 아니라 적분 시간에 비례하기 때문에 적분형 광검출기라고 부른다.

- [156] CCD 또는 PD 어레이의 데이터 측정과정은 프레임 획득과 프레임 읽기과정으로 분류할 수 있으며 측정 주기, 즉 등속으로 회전하는 등속회전 광소자 시스템에서는 기준각속도에 의한 1회전당, 즉 기준 각속도에 대한 회전주기 $T(=2\pi/\omega)$ 마다 하나의 기준 펄스가 발생되고, T/J 의 등간격으로 J개의 등시간 펄스들이 발생될 수 있다. 기준펄스는 타원계측기에서 측정의 시작을 알리는 기준 시각이고, 등시간 펄스는 CCD 또는 PD 어레이의 데이터 측정을 제어하기 위한 외부 트리거로 전달될 수 있다. 등시간 펄스가 CCD 또는 PD 어레이에 외부 트리거로 전달된 후, 주기 T의 시간 동안에 CCD 또는 PD 어레이의 데이터 측정의 세부과정은 다음과 같이 일련의 순서대로 진행될 수 있다. CCD 또는 PD 어레이의 각 화소 또는 각 비닝(binning) 화소 군들 중에서

하나의 광검출 소자가 등시간 펄스를 외부 트리거로 받은 후 노광을 시작하기 전에 T_d 동안의 시간 지연이 있는 후, 적분시간 T_i 동안의 입사된 광의 광자들을 광전자로 저장하는 노광량 측정 과정을 거치고, 그 후에 측정된 노광량을 전기적 신호 또는 상기 노광량에 상응하는 광의 복사속의 값으로 변환하기 위해 프레임 취득 과정이 진행되고 나면, 다음 등시간 펄스를 받기 위해 기다리는 대기시간으로 구성된다. 따라서 상기 측정된 노광량 데이터는 다음 과정의 적분으로 기술될 수 있다.

$$[157] \quad S_j = \int_{(j-1)T/J+T_d}^{(j-1)T/J+T_d+T_i} I(t)dt, \quad (j = 1, \dots, J) \quad (3)$$

[158] 식 (2)와 식 (3)으로부터 측정된 노광량 식은 다음과 같은 형태로 유도된다.

$$[159] \quad S_j = T_i I_0' + \sum_{n=1}^{N_{ho}} \frac{T_i}{\xi_n} \sin \xi_n \cos \left[\frac{2n\pi(j-1)}{J} \right] \left\{ A_n' \cos \left[\xi_n \left(1 + \frac{2T_d}{T_i} \right) \right] + B_n' \sin \left[\xi_n \left(1 + \frac{2T_d}{T_i} \right) \right] \right\} \quad (4)$$

$$- \sum_{n=1}^{N_{ho}} \frac{T_i}{\xi_n} \sin \xi_n \sin \left[\frac{2n\pi(j-1)}{J} \right] \left\{ A_n' \sin \left[\xi_n \left(1 + \frac{2T_d}{T_i} \right) \right] - B_n' \cos \left[\xi_n \left(1 + \frac{2T_d}{T_i} \right) \right] \right\}$$

[160] 여기서 $\xi = n\pi T_i / T$ 이다. 식 (4)에서 주기 T시간 동안에 측정된 J개의

노광량 세트는 식 (2)의 $2N_{ho} + 1$ 개의 미지의 푸리에 계수들로 구성된 선형 방정식의 그룹을 형성하기 때문에 $S = \Xi X$ 와 같이 간단히 표기할 수

있다. 여기서 노광량을 나타내는 $S = (S_1, \dots, S_J)^T$ 와 푸리에 계수를

표현한 $X' = (I_0', A_1', B_1', \dots, A_{N_{ho}}', B_{N_{ho}}')^T$ 는 열 벡터(column vector)이고,

Ξ 는 J -by- $(2N_{ho}+1)$ 의 계수 행렬이다. 만약에 J가 {

$J \geq 2N_{ho} + 1$, for odd J}와 { $J \geq 4N_{ho} + 2$, for even J}의

정수집합들에 대한 합집합의 원소들 중에 하나인 경우에는 최소 자승법을

사용하면 $X' = (\Xi^T \Xi)^{-1} \Xi^T S$ 와 같이 노광량(S)으로부터 푸리에 계수(X')를 계산할 수 있는 해를 얻을 수 있다.

- [161] 최근 식 (4)와 같이 측정된 노광량들에 대해서 이산 푸리에 변환(discrete Fourier transform)을 적용하는 새로운 원리가 개발되었는데 그 결과는 상기와 같이 최소 자승법에 의해 얻은 결과와 동일하지만 그 표현 방법은 다음과 같이 보다 더 간결한 장점이 있다.

$$[162] \quad \langle H_n^c \rangle + i \langle H_n^s \rangle = \frac{2}{NJ} \sum_{j=1}^{NJ} S_j \exp \left[i \frac{2n\pi(j-1)}{J} \right] \quad (5)$$

- [163] 여기에서 $\langle H_n^c \rangle$ 와 $\langle H_n^s \rangle$ 는 실수함수이고, 꺾쇠 괄호는 기준 각속도의

회전주기 마다 한번의 측정이 수행될 때에 총 N번 측정을 하여 얻은 측정값들에 대한 평균값을 의미한다. 식(4)을 식(5)에 대입하고 삼각함수 시스템의 직교성을 활용하여 정리를 하면 측정된 푸리에 계수의 평균값들은 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$[164] \quad \langle I_0' \rangle = \frac{\langle H_0^c \rangle}{2T_i} \quad (6)$$

$$[165] \quad \langle A_n' \rangle = C_n^c \langle H_n^c \rangle - C_n^s \langle H_n^s \rangle, (n \geq 1) \quad (7)$$

$$[166] \quad \langle B_n' \rangle = C_n^c \langle H_n^s \rangle - C_n^s \langle H_n^c \rangle, (n \geq 1) \quad (8)$$

$$[167] \quad C_n^c = \frac{\xi_n}{T_i \sin \xi_n} \cos \left[\xi_n \left(1 + \frac{2T_d}{T_i} \right) \right], (n \geq 1) \quad (9)$$

$$[168] \quad C_n^s = \frac{\xi_n}{T_i \sin \xi_n} \sin \left[\xi_n \left(1 + \frac{2T_d}{T_i} \right) \right], (n \geq 1) \quad (10)$$

- [169] 일반적인 타원계측기 구성에서는 광원으로 부터 방사된 평행광이 편광 상태 발생기(PSG; polarization state generator)를 통과하고, 시편에 의해 반사(또는 투과)된 후에 편광상태 분석기(PSA; polarization state analyzer)를 통과하여 광검출 소자에 입사하면 복사속은 전기적 신호로 변환되게 된다. 광소자 회전형

분광타원계측기에서 사용되는 회전 가능한 광소자(rotatable element)들은 편광자(polarizer), 검광자(analyzer), 보상기(compensator)로 구분되며, 이들은 광소자 회전형 분광타원계측기의 종류에 따라서 편광 상태 발생기와 편광상태 분석기에 다르게 배치된다. 광소자 회전형 분광타원계측기에서 회전 가능한 광소자들 중에서 최소한 하나의 광소자는 일정한 각 진동수로 등속회전을 해야 하고, 그 이외의 회전 가능한 광소자들은 각각 지정된 위치에 정지해 있다. 회전 가능한 광소자들의 방위각은 동공축 모터에 의해서 원격조정이 가능하며 동공축 모터의 방위각 기준점, 즉 인덱스 원점(index origin)에 위치했을 때에 회전 가능한 광소자들의 특성 축들이 각기 다른 위치에 있을 수 있다. 측정이 바르게 이루어지기 위해서는 입사면에 평행하고 시료면에 수직한 실원점(real origin)으로 부터 회전 가능한 광소자들의 특성 축의 방위각 위치를 각각 알아내야만 한다. 기존에 잘 알려진 교정법(calibration)을 사용하면 광소자들의 특성 축의 방위각 위치를 실원점 좌표계에서 각각 찾아낼 수 있다. 따라서 식 (2)를 실원점 좌표계에 대해서 변환하면 다음과 같이 주어진다.

$$[170] \quad I(\theta_r) = I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [A_n \cos(n\theta_r) + B_n \sin(n\theta_r)] \quad (11)$$

[171] 여기서 θ_r 는 실원점에 대해서 측정된 기준각속도에 의한 방위각

$$\theta_r$$

변화량이고, I_0 는 보정된 푸리에 계수의 직류 성분이며, A_n, B_n 는 보정된

푸리에 계수의 교류 성분들이다. 식 (11)에서 방위각을 $\omega t = \theta_r + \theta_{r0,n}$ 로

표기하면 $-\theta_{r0,n}$ 는 $t=0$ 일 때의 θ_r 값이 되고, 미보정된 그리고 보정된

푸리에 계수들 간 관계식은 식 (2)와 식 (11)의 항등 관계식으로부터 다음과 같이 주어진다.

$$[172] \quad I_0 = I'_0 \quad (12)$$

$$[173] \quad A_n = A'_n \cos(n\theta_{r0,n}) + B'_n \sin(n\theta_{r0,n}) \quad (13)$$

$$[174] \quad B_n = -A'_n \sin(n\theta_{r0,n}) + B'_n \cos(n\theta_{r0,n}) \quad (14)$$

[175] 타원계측기에서 데이터 정리(data reduction) 함수는 보정된 푸리에 계수들로부터 시료의 편광타원계측 매개변수를 추출하는 데 사용하기 때문에, 사용되는 광소자 회전형 분광타원계측기에 적합한 데이터 정리 방법을 찾는

것이 매우 중요하다. 스토크스(Stokes) 표현에 의하면 편광 상태 발생기를 통과하기 위해 입사되는 광파의 스토크스벡터는

$$S^{(LS)} = (L_0, L_1, L_2, L_3)^T \text{로 두고, 시료의 물리 행렬은}$$

$$M^{(SP)} = (M_{jk})_{4 \times 4} \text{로 표기하고, 편광상태 발생기와 편광상태 분석기의}$$

$$\text{물리 행렬은 } T_{PSG} M^{(PSG)} \text{와 } T_{PSA} M^{(PSA)} \text{로 각각 표기하며, 여기서}$$

$$T_{PSG}, T_{PSA} \text{는 각각 편광상태 발생기와 편광상태 분석기의 유효}$$

$$\text{투과계수이며, } M^{(DOS)} = (D_{jk})_{4 \times 4} \text{는 편광상태 분석기와 광검출기사이}$$

배치된 검출 광학계(detector optic system; DOS)의 물리 행렬이며, 마지막으로

$$S^{(PDE)} = (S_0^{(PDE)}, S_1^{(PDE)}, S_2^{(PDE)}, S_3^{(PDE)})^T \text{는 광검출기에}$$

입사되는 광파의 스토크스 벡터이다. 편광상태 발생기와 편광상태 분석기에 배치되어 있는 고정 편광자, 등속회전 편광자, 등속회전 검광자, 고정 검광자의 특성 축의 방위각 위치를 실원점 좌표계에서 각각 P, P_r, A_r, A 로

표기하고, 이들의 방위각 변화를 좌표계 회전에 대한 물리 행렬로 각각 기술한다.

[176] 준 단색 광파에 대해 광검출 소자에 입사되는 광파의 스토크스 벡터는 다음과 같이 기술할 수 있다

$$[177] \quad S^{(PDE)} = T_{PSA} T_{PSG} M^{(DOS)} M^{(PSA)} M^{(SP)} M^{(PSG)} S^{(LS)} \quad (15)$$

[178] 광검출기의 면적은 A_{PDE} 이고, 양자효율이 μ_{QE} 일 때 광검출기에

$$\text{의해 측정되는 복사속은 } I(\theta_r) = \mu_{OE} A_{PDE} S_0^{(PDE)} \text{로 주어지고 이}$$

관계식에 의해서 구해진 보정된 푸리에 계수들에 대한 해들은 시료의 물리 행렬 성분들에 대한 연립 일차 방정식 형태로 각각 주어지게 된다. 이와 같은 연립 일차 방정식을 보다 간략히 표현하기 위해서

$$V^{(SP)} = (M_{11}, \dots, M_{1v}, \dots, M_{u1}, \dots, M_{uv})^T \text{와 같이 시료에 대한 물리 행렬}$$

성분들을 갖는 열 벡터를 도입하였다. 여기서 u 와 v 는 는 사용된 광소자 회전형 분광타원계측기의 종류에 따라 다르게 주어지는 정수들이다. 따라서 보정된 푸리에 계수들은 다음과 같이 스칼라 곱으로 주어진다.

$$[179] \quad I_0 = \gamma \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^v i_{o,jk} M_{jk} = \gamma i_0 \cdot V^{(SP)} \quad (16)$$

$$[180] \quad A_n = \gamma \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^v a_{n,jk} M_{jk} = \gamma a_n \cdot V^{(SP)} \quad (17)$$

$$[181] \quad B_n = \gamma \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^v b_{n,jk} M_{jk} = \gamma b_n \cdot V^{(SP)} \quad (18)$$

$$[182] \quad \text{여기서, } i_0 = (\partial I_0 / \partial M_{11}, \dots, \partial I_0 / \partial M_{1v}, \dots, \partial I_0 / \partial M_{u1}, \dots, \partial I_0 / \partial M_{uv}) / \gamma \quad \text{은}$$

$$a_n = (\partial A_n / \partial M_{11}, \dots, \partial A_n / \partial M_{1v}, \dots, \partial A_n / \partial M_{u1}, \dots, \partial A_n / \partial M_{uv}) / \gamma$$

$$b_n = (\partial B_n / \partial M_{11}, \dots, \partial B_n / \partial M_{1v}, \dots, \partial B_n / \partial M_{u1}, \dots, \partial B_n / \partial M_{uv}) / \gamma$$

일반적으로 고정 광소자들의 방위각만의 함수이지만 만약에 보상기가 포함되어 있다면 보상기의 방위각과 위상 각(retardation angle)이 더 포함된 함수로써 행 벡터로 기술되어 있으며, γ 는 광원의 세기와 편광특성, 광검출기의 유효

γ

검출 면적 및 양자 효율, DOS의 편광 의존 특성, 그리고 광소자 회전형 분광타원계측기에서 사용되는 광학 소자의 투과율 상태에 관련된 공통 인자(common factor)로서 다음과 같이 주어진다.

$$[183] \quad \gamma = K(1 + d_{12} \cos 2A + d_{13} \sin 2A)(1 + l_1 \cos 2P + l_2 \sin 2P) \quad (19)$$

$$[184] \quad \text{여기에서 } K = \mu_{OE} A_{PDE} T_{PSA} T_{PSG} D_{11} L_0, \quad d_{12(13)} = D_{12(13)} / D_{11},$$

그리고 $l_{1(2)} = l_{1(2)} / L_0$ 이다.

[185] 데이터 정리에 사용된 선형 방정식의 총 가지 수에 따라서 상기 연립 일차 방정식의 해는 고유의(unique) 또는 과잉 결정된(overdetermined) 형태로 주어지게 된다. 본 연구에서는 모든 형태의 광소자 회전형 분광타원계측기에 적용이 가능하며 보정된 모든 푸리에 계수들로부터 시료의 타원계측 매개변수를 얻을 수 있는 일반화된 데이터 정리 방법을 소개하고자 한다. 보정된 푸리에 계수의 열 벡터를

$$X = (I_0, A_1, B_1, A_2, B_2, \dots, A_{N_{ho}}, B_{N_{ho}})^T$$

표기하고, 상기 행 벡터를 성분으로 구성된 $(2N_{ho} + 1) - by - uv$ 계수 행렬을

$X = \Omega V^{SP}$ 와 같이 나타낼 수 있다. Ω 의 행렬 급수(matrix rank)가

$M^{(SP)}$ 에서의 미지의 행렬 요소들의 총 수와 같거나 보다 큰 경우에는

시료에 대한 물러 행렬 성분들에 대한 벡터의 해는 다음과 같이 주어진다.

$$[186] \quad V^{(SP)} = (\Omega^T \Omega)^{-1} \Omega^T X \quad (20)$$

[187] 따라서 광학적 특성이 잘 알려진 기준 시편을 사용한 측정결과 또는 시료 없이 직선 상의 측정결과로부터 각 파장마다 식 (19)에서 $\kappa, d_{12}, d_{13}, l_1$ 및 l_2

의 값을 얻는다면 식 (20)을 사용하여 보정된 푸리에 계수들의 값으로부터 시료의 물러 행렬의 성분들을 직접 계산하는 것이 가능하다. 여기서 강조하고 싶은 것은 위와 같은 방법으로 계산된 물러 행렬 성분들에 대한 벡터의 해는 비등방성 시료의 경우에도 적용될 수 있다.

[188] 그리고, $\kappa, d_{12}, d_{13}, l_1$ 및 l_2 의 값을 모른다 할지라도

$$m_{jk} = M_{jk} / M_{11} \quad \text{와 같이 정규화된 물러 행렬 성분들로 정의되는}$$

시료의 편광계측 매개변수들의 측정값을 얻을 수 있다. 또한, 등방성 시료의 경우에는 일반적으로 $N_{SP} = -m_{12} \text{ (or } -m_{21})$, $C_{SP} = m_{33} \text{ (or } m_{44})$ 및

$$S_{SP} = m_{34} \text{ (or } -m_{43}) \quad \text{와 같이 정의된 시료의 편광타원계측 매개변수로}$$

간단히 표현될 수 있다.

[189] 위와 같이 광의 복사속을 측정하고, 시편에 대한 광학적 이론식을 정립하고, 정립된 이론식에 대해 설정된 영역에 대한 다수의 미지의 매개변수들을 사용하여 시편의 물러-행렬 성분들의 데이터를 계산하고, 상기 데이터에 최소자승법 등을 이용하여 최적화를 함으로써 시편에서 구하고자 하는 물성 추측하는 것이 바람직하다. 즉 물러-행렬로부터 다른 물리적인 특성을 분석하는 것이 바람직하다. 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 광소자-회전형 물러-행렬 타원계측기는 상기 측정된 푸리에 계수들 또는 상기 측정된 물러 행렬 성분들로부터 시편의 계면특성, 박막두께, 복소 굴절률, 나노 형상, 비등방 특성, 표면 거칠기, 조성비, 및 결정성 등의 다양한 물성을 분석할 수 있으며, 이러한 분석 결과를 반도체 소자 공정용 측정장비, 평판 디스플레이 공정용 측정장비, 태양광 소자 측정장비, 박막광학 측정장비, 바이오 센서 또는 가스 센서 등에

활용이 가능하다. 구체적으로는, 본 발명의 실시예에 따른 광소자-회전형 물러-행렬 타원계측기에서 나노 패턴 형상측정과 같이 분석방법이 매우 복잡한 경우의 물성 분석 방법은 먼저, 측정하고자 하는 시편에 대한 푸리에 계수들 또는 물러 행렬 성분들의 측정 데이터를 얻고, 시편에 대한 광학적 이론식을 정립하고, 정립된 이론식에 대해 설정된 영역에서 정해진 다수의 미지 매개변수들의 값들을 사용하여 계산된 푸리에 계수들 또는 물러 행렬 성분들의 데이터를 얻고, 계산된 데이터에 대해서 미지의 매개변수들에 대한 연속함수를 만들고, 연속함수를 측정 데이터에 최소자승법을 이용하여 최적화를 함으로써 시편의 물성을 얻을 수 있다. 이러한 경우에 본 발명의 타원계측기는 상기 시편에 대해 측정된 상기 푸리에 계수들 또는 상기 물러 행렬 성분들의 측정 데이터로부터 상기 시편의 물성을 빠르게 찾아내기 위하여 고성능 병렬 컴퓨터, RCWA(rigorous coupled-wave analysis) 알고리즘 기반의 분석 소프트웨어 및 대용량 데이터 저장장치로 구성된 대용량 고속 연산시스템을 포함할 수 있다.

- [190] 도 4를 이용하여, 본 발명의 광소자-회전형 물러-행렬 타원계측기를 이용하여 시편의 물성을 측정하는 방법에 대해서 설명한다.
- [191] 본 발명의 광소자-회전형 물러-행렬 타원계측기를 이용하여 시편의 물성을 측정하는 방법은 시편장착단계(S10), 방위각선택단계(S20), 방위각이동단계(S30), 노광량측정단계(S40), 푸리에계수계산단계(S50) 및 물러-행렬계산단계(S60)를 포함한다.
- [192] 상기 시편장착단계(S10)는 물성을 측정하기 위한 시편을 장착하고 정렬하는 단계이다.
- [193] 상기 방위각선택단계(S20)는 측정에서 필요한 고정 광소자들의 방위각 값들을 선택하는 단계이다. 본 발명에 따른 실시예에서는 고정 편광자와 고정 검광자 각각의 설정 방위각을 선택할 수 있다.
- [194] 상기 방위각이동단계(S30)는 제어부에 의해 고정 광소자들의 설정 방위각으로 이동하는 단계이다.
- [195] 상기 노광량측정단계(S40)는 등속회전 편광자와 등속회전 검광자의 방위각 변화에 따른 입사 광의 노광량을 측정하고, 상기 노광량으로부터 광의 복사속의 값을 광검출기에 의해 측정하는 단계이다.
- [196] 상기 푸리에계수계산단계(S50)는 광의 복사속의 값으로부터 상기 광의 복사속 파형의 푸리에 계수들을 계산하는 단계이다.
- [197] 물러-행렬계산단계(S60)는 푸리에 계수들로부터 상기 시편의 물러-행렬 성분들을 계산하는 단계이다.
- [198] 특히, 노광량측정단계(S40)에서 등속회전 편광자는 기준 각속도의 기 설정된 배수(A)로 회전하고 등속회전 검광자도 상기 기준 각속도의 기 설정된 배수(B)로 회전한다. 이 상황에서 광검출기는 적어도 상기 기준 각속도의 회전주기 동안 광의 복사속의 값을 출력하게 된다. 이 때 등속회전 편광자의 회전속도와 등속회전 검광자의 회전속도는 서로 다른 것이 바람직할 수 있는데,

다시 말하면, 등속회전 편광자의 회전속도를 결정하는 기 설정된 배수(A)와 등속회전 검광자의 회전속도를 결정하기 위한 기 설정된 배수(B)는 서로 다른 것이 바람직하다.

[199] 이상에서는 비록 한정된 실시예와 도면에 의하여 설명되었으나, 본 발명은 이러한 설명에 의하여 한정되지 않으며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 본 발명의 기술 사상과 아래에 기재될 특허 청구범위의 균등 범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

[200]

[201] (부호의 설명)

[202] 100: 광원 110: 입사광

[203] 120: 고정 검광자를 통과하여 편광된 광

[204] 130: 입사면 140: 입사각 기준축

[205] 150: 고정 편광자의 선편광자 투과축 방향

[206] 160: 등속회전 편광자의 선편광자 투과축 방향

[207] 170: 등속회전 검광자의 선편광자 투과축 방향

[208] 180: 고정 검광자의 선편광자 투과축 방향

[209] 200: 편광 상태 발생기

[210] 210: 고정 편광자 211: 제 1 동공축 스테핑 모터

[211] 220: 등속회전 편광자 221: 제 2 동공축 등속회전 모터

[212] 230: 초점광학계

[213] 300: 시편

[214] 310: 시편 받침대

[215] 400: 편광 상태 분석기

[216] 410: 등속회전 검광자 411: 제 3 동공축 등속회전 모터

[217] 420: 고정 검광자 421: 제 4 동공축 등속회전 모터

[218] 430: 시준기

[219] 500: 광검출기

[220] 600: 컴퓨터

[221] 610: 제어부 620: 연산부

[222] 630: 저장부 640: 디스플레이부

[223]

청구범위

- [청구항 1] 시편(300)을 향하여 입사광(110)을 방사하는 광원(100);
 상기 입사광의 진행경로 상 상기 광원과 상기 시편 사이에 배치되며, 상기 광원에서 방사된 상기 입사광을 편광시키는 고정 편광자(210);
 상기 입사광의 진행경로 상 상기 고정편광자와 상기 시편 사이에 배치되며, 상기 고정편광자를 통과한 광이 입사되며 상기 입사된 광을 편광시키는 등속으로 회전하는 등속회전 편광자(220);
 상기 등속회전 편광자를 통과하여 편광된 광이 상기 시편에 의해 반사 또는 투과되면서 편광상태가 변화되어 입사되며, 상기 입사된 광을 편광시키는 등속으로 회전하는 등속회전 검광자(410);
 상기 등속회전 검광자를 통과하여 편광된 광이 입사되며, 상기 입사된 광을 편광시키는 고정 검광자(420); 및
 상기 고정 검광자를 통과하여 편광된 광이 입사되며, 입사된 광의 노광량을 검출하고 상기 노광량에 상응하는 광의 복사속의 값을 출력하는 광검출기(500);
 를 포함하는 것을 특징으로 하는 무색수차 광소자-회전형 타원계측기.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
 상기 무색수차 광소자-회전형 타원계측기는,
 상기 고정 편광자에 부착되어 상기 고정 편광자의 방위각을 제어하기 위한 제 1 동공축 스테핑 모터(211);
 상기 등속회전 편광자에 부착되어 상기 등속회전 편광자를 등속으로 회전시키기 위한 제 2 동공축 등속회전 모터(221);
 상기 등속회전 검광자에 부착되어 상기 등속회전 검광자를 등속으로 회전시키기 위한 제 3 동공축 등속회전 모터(411);
 상기 고정 검광자에 부착되어 상기 고정 검광자의 방위각을 제어하기 위한 제 4 동공축 스테핑 모터(421); 및
 상기 제 1 동공축 스테핑 모터와 상기 제 4 동공축 스테핑 모터를 제어하는 펄스와 상기 제 2 동공축 등속회전 모터와 상기 제 3 동공축 등속회전 모터의 회전속도를 결정하는 정보를 생성하고 상기 각 구성요소의 동작을 제어하는 제어부(610);
 를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무색수차 광소자-회전형 타원계측기.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,
 상기 무색수차 광소자-회전형 타원계측기는,
 상기 등속회전 편광자는 기준 각속도의 기 설정된 배수로 회전하고, 상기 등속회전 검광자는 상기 기준 각속도의 또 다른 기 설정된 배수로 회전하고, 상기 광검출기는 광의 복사속의 값을 적어도 상기 기준 각속도의 회전주기 동안 출력하고, 상기 광검출기가 출력하는 상기 광의

복사속의 값으로부터 상기 광의 복사속 파형에 대한 푸리에 계수를
계산하고 상기 푸리에 계수로부터 상기 시편의 물리-행렬 성분을
계산하는 연산부(620);

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무색수차 광소자-회전형 타원계측기.

[청구항 4]

제3항에 있어서,

상기 무색수차 광소자-회전형 타원계측기는,

상기 푸리에 계수와 상기 물리 행렬 성분을 저장하는 저장부(630); 및

상기 물리 행렬 성분을 전시하는 디스플레이부(640);

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무색수차 광소자-회전형 타원계측기.

[청구항 5]

제 3 항에 있어서,

상기 노광량에 관한 식은

$$S_j = \int_{(j-1)T/J+T_d}^{(j-1)T/J+T_d+T_i} I(t) dt, (j = 1, \dots, J)$$

이고, 상기 광의 복사속 파형의 푸리에 계수의 평균값들은

$$\langle I'_0 \rangle = \frac{\langle H_0^c \rangle}{2T_i}$$

$$\langle A'_n \rangle = C_n^c \langle H_n^c \rangle - C_n^s \langle H_n^s \rangle, (n \geq 1)$$

$$\langle B'_n \rangle = C_n^c \langle H_n^s \rangle - C_n^s \langle H_n^c \rangle, (n \geq 1)$$

$$C_n^c = \frac{\xi_n}{T_i \sin \xi_n} \cos \left[\xi_n \left(1 + \frac{2T_d}{T_i} \right) \right], (n \geq 1)$$

$$C_n^s = \frac{\xi_n}{T_i \sin \xi_n} \sin \left[\xi_n \left(1 + \frac{2T_d}{T_i} \right) \right], (n \geq 1)$$

인 것을 특징으로 하는 무색수차 광소자-회전형 타원계측기.

(N_{ho}) : 광의

$$I(t) = I'_0 + \sum_{n=1}^{N_{ho}} \left[A'_n \cos(n\omega t) + B'_n \sin(n\omega t) \right]$$

복사속 파형,

$\omega = (2\pi/T)$: 등속회전 광소자들의 기준 각속도,

$T(=2\pi/\omega)$: 기준 각속도에 대한 회전주기,

I_o' : 광의 복사속 파형의 푸리에 계수 성분들 중에서 직류(dc) 성분,

A_n', B_n' : 광의 복사속 파형의 푸리에 계수 성분들 중에서 교류(ac)

성분들,

N_{ho} : 0이 아닌 푸리에 계수 성분들 중에서 가장 큰 인덱스의 값,

J: 회전주기 T 시간 동안에 측정된 노광량 세트의 수,

T_i : 적분시간,

T_d : 지연시간,

$$\langle H_n^c \rangle + i \langle H_n^s \rangle = \frac{2}{NJ} \sum_{j=1}^{NJ} S_j \exp \left[i \frac{2n\pi(j-1)}{J} \right]$$

N: 푸리에 계수 측정 반복 횟수,

$$\zeta = n\pi T_i / T$$

[청구항 6]

제 3 항에 있어서,

상기 노광량에 관한 식은

$$S_j = \int_{(j-1)T/J + T_d}^{(j-1)T/J + T_d + T_i} I(t) dt, \quad (j = 1, \dots, J)$$

이고, 상기 광의 복사속

파형의 보정된 푸리에 계수값들은

$$I_o = I_o'$$

$$A_n = A_n' \cos(n\theta_{r0,n}) + B_n' \sin(n\theta_{r0,n})$$

$$B_n = -A_n' \sin(n\theta_{r0,n}) + B_n' \cos(n\theta_{r0,n})$$

인 것을 특징으로 하는 무색수차 광소자-회전형 타원계측기.

(N_{ho} : 광의 복사속 파형,

$$I(\theta_r) = I_0 + \sum_{n=1}^{N_{ho}} [A_n \cos(n\theta_r) + B_n \sin(n\theta_r)]$$

I_0 : 광의 복사속 파형의 보정된 푸리에 계수의 직류 성분,

$T(=2\pi/\omega)$: 기준 각속도에 대한 회전주기,

A_n, B_n : 광의 복사속 파형의 보정된 푸리에 계수의 교류 성분,

θ_r : 실원점에 대해서 측정된 기준각속도에 의한 방위각 변화량,

$-\theta_{r0,n}$: $t=0$ 일 때, θ_r 의 값

$$\omega t = \theta_r + \theta_{r0,n}$$

N_{ho} : 0이 아닌 푸리에 계수 성분들 중에서 가장 큰 인덱스의 값,

J: 회전주기 T 시간 동안에 측정된 노광량 세트의 수,

T_i : 적분시간,

T_d : 지연시간)

[청구항 7]

제 3 항에 있어서,

상기 노광량에 관한 식은

$$S_j = \int_{(j-1)T/J+T_d}^{(j-1)T/J+T_d+T_i} I(t) dt, \quad (j = 1, \dots, J)$$

이고, 상기 광의

복사속 파형의 보정된 푸리에 계수값들은

$$I_0 = \gamma \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^v i_{o,jk} M_{jk} = \gamma i_0 \cdot V^{(SP)}$$

$$A_n = \gamma \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^v a_{n,jk} M_{jk} = \gamma a_n \cdot V^{(SP)}$$

$$B_n = \gamma \sum_{j=1}^u \sum_{k=1}^v b_{n,jk} M_{jk} = \gamma b_n \cdot V^{(SP)}$$

인 것을 특징으로 하는 무색수차 광소자-회전형 타원계측기.

$$I(\theta_r) = I_0 + \sum_{n=1}^{N_{ho}} [A_n \cos(n\theta_r) + B_n \sin(n\theta_r)]$$

: 광의 복사속

파형,

I_o : 광의 복사속 파형의 보정된 푸리에 계수의 직류 성분,

A_n, B_n : 광의 복사속 파형의 보정된 푸리에 계수의 교류 성분,

θ_r : 실원점에 대해서 측정된 기준각속도에 의한 방위각 변화량,

$-\theta_{r0,n}$: $t=0$ 일 때, θ_r 의 값

$\omega t = \theta_r + \theta_{r0,n}$

N_{ho} : 0이 아닌 푸리에 계수 성분들 중에서 가장 큰 인덱스의 값,

J: 회전주기 T 시간 동안에 측정된 노광량 세트의 수,

T_i : 적분시간,

T_d : 지연시간,

$V^{(SP)} = (M_{11}, \dots, M_{1v}, \dots, M_{u1}, \dots, M_{uv})^T$: 상기 시편에 대한

물리 행렬 성분을 벡터로 표현한 해,

$i_0 = (\partial I_0 / \partial M_{11}, \dots, \partial I_0 / \partial M_{1v}, \dots, \partial I_0 / \partial M_{u1}, \dots, \partial I_0 / \partial M_{uv}) / \gamma$

$a_n = (\partial A_n / \partial M_{11}, \dots, \partial A_n / \partial M_{1v}, \dots, \partial A_n / \partial M_{u1}, \dots, \partial A_n / \partial M_{uv}) / \gamma$

$b_n = (\partial B_n / \partial M_{11}, \dots, \partial B_n / \partial M_{1v}, \dots, \partial B_n / \partial M_{u1}, \dots, \partial B_n / \partial M_{uv}) / \gamma$

$\gamma = K(1 + d_{12} \cos 2A + d_{13} \sin 2A)(1 + l_1 \cos 2P + l_2 \sin 2P)$:

광학 소자의 투과율 상태에 관련된 공통 인자,

P, A :: 고정 편광자, 고정 검광자의 특성 축의 실원점 좌표계에서 방위각 위치,

$M^{(SP)} = (M_{jk})_{4 \times 4}$: 시편의 Mueller행렬,

$K = \mu_{OE} A_{PDE} T_{PSA} T_{PSG} D_{11} L_0$

$d_{12(13)} = D_{12(13)} / D_{11}$

$$l_{1(2)} = l_{1(2)} / L_0$$

: 광검출기의 양자효율,

$$\mu_{QE}$$

: 광검출기의 측정 유효 면적,

$$A_{PDE}$$

$$T_{PSG}, T_{PSA} : \text{편광상태 발생기와 편광상태 분석기의 유효 투과계수,}$$

u, v : 사용된 광소자 회전형 분광타원계측기의 종류에 따라 다르게 주어지는 기 설정된 정수,

$$S^{(LS)} = (L_0, L_1, L_2, L_3)^T : \text{편광상태 발생기를 통과하기 위해}$$

입사되는 광파(light wave)의 스토크스벡터,

$$M^{(DOS)} = (D_{jk})_{4 \times 4} : \text{편광상태 분석기와 광검출기 사이에 배치된}$$

검출 광학계(detector optic system; DOS)의 물리 행렬,

PSG : 고정 편광자와 등속회전 편광자를 포함하는 편광 상태 발생기,

PSA : 등속회전 검광자와 고정 검광자를 포함하는 편광 상태 분석기)

[청구항 8]

제 3 항에 있어서,

상기 시편에 대한 물리 행렬 성분을 벡터로 표현한 해는

$$V^{(SP)} = (\Omega^T \Omega)^{-1} \Omega^T X$$

인 것을 특징으로 하는 무색수차 광소자-회전형 타원계측기.

(: 광의 복사속 파형,

$$I(\theta_r) = I_0 + \sum_{n=1}^{N_{ho}} [A_n \cos(n\theta_r) + B_n \sin(n\theta_r)]$$

$$I_0 : \text{광의 복사속 파형의 보정된 푸리에 계수의 직류 성분,}$$

$$A_n, B_n : \text{광의 복사속 파형의 보정된 푸리에 계수의 교류 성분,}$$

$$N_{ho} : 0 \text{이 아닌 푸리에 계수 성분들 중에서 가장 큰 인덱스의 값,}$$

J : 회전주기 T 시간 동안에 측정된 노광량 세트의 수,

T_i : 적분시간,

T_d : 지연시간,

$$V^{(SP)} = (M_{11}, \dots, M_{1v}, \dots, M_{u1}, \dots, M_{uv})^T : \text{상기 시편에 대한}$$

물리 행렬 성분을 벡터로 표현한 해,

$$X = (I_0, A_1, B_1, A_2, B_2, \dots, A_{N_{ho}}, B_{N_{ho}})^T : \text{보정된 푸리에 계수의}$$

열 벡터

$$\Omega = \gamma(i_0, a_1, b_1, a_2, b_2, \dots, a_{N_{ho}}, b_{N_{ho}})^T : \text{상기 행 벡터를 성분으로 구성된}$$

$(2N_{ho} + 1) - by - uv$ 계수 행렬

$$i_0 = (\partial I_0 / \partial M_{11}, \dots, \partial I_0 / \partial M_{1v}, \dots, \partial I_0 / \partial M_{u1}, \dots, \partial I_0 / \partial M_{uv}) / \gamma$$

$$a_n = (\partial A_n / \partial M_{11}, \dots, \partial A_n / \partial M_{1v}, \dots, \partial A_n / \partial M_{u1}, \dots, \partial A_n / \partial M_{uv}) / \gamma$$

$$b_n = (\partial B_n / \partial M_{11}, \dots, \partial B_n / \partial M_{1v}, \dots, \partial B_n / \partial M_{u1}, \dots, \partial B_n / \partial M_{uv}) / \gamma$$

$$\gamma = K(1 + d_{12} \cos 2A + d_{13} \sin 2A)(1 + l_1 \cos 2P + l_2 \sin 2P) : \text{광학 소자의 투과율}$$

상태에 관련된 공통 인자,

P, A :: 고정 편광자, 고정 검광자의 특성 축의 실원점 좌표계에서 방위각 위치,

$$M^{(SP)} = (M_{jk})_{4 \times 4} : \text{시편의 Mueller 행렬,}$$

$$K = \mu_{OE} A_{PDE} T_{PSA} T_{PSG} D_{11} L_0,$$

$$d_{12(13)} = D_{12(13)} / D_{11},$$

$$l_{1(2)} = l_{1(2)} / L_0,$$

: 광검출기의 양자효율,

$$\mu_{QE}$$

$$A_{PDE} : \text{광검출기의 측정 유효 면적,}$$

$$T_{PSG}, T_{PSA} : \text{편광상태 발생기와 편광상태 분석기의 유효 투과계수,}$$

u, v : 사용된 광소자 회전형 분광타원계측기의 종류에 따라 다르게 주어지는 기 설정된 정수,

$S^{(LS)} = (L_0, L_1, L_2, L_3)^T$: 편광상태 발생기를 통과하기 위해

입사되는 광파(light wave)의 스토크스벡터,

$M^{(DOS)} = (D_{jk})_{4 \times 4}$: 편광상태 분석기와 광검출기 사이에 배치된

검출 광학계(detector optic system; DOS)의 물리 행렬,

PSG: 고정 편광자와 등속회전 편광자를 포함하는 편광 상태 발생기,

PSA: 등속회전 검광자와 고정 검광자를 포함하는 편광 상태 분석기)

[청구항 9]

제 1 항에 있어서,

상기 무색수차 광소자-회전형 타원계측기는,

상기 시편(300)을 지탱해주는 시편 받침대(310);

상기 시편의 측정지점을 다른 지점으로 이동해주는 시편이송장치;

하나 이상의 시편을 보관할 수 있는 시편 보관용기; 및

상기 시편 보관용기로부터 하나의 시편을 꺼내어 상기 시편 받침대로 이동시키는 시편운반장치;

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무색수차 광소자-회전형 타원계측기.

[청구항 10]

제 1 항에 있어서,

상기 무색수차 광소자-회전형 타원계측기는,

상기 노광량을 측정하기 위해서 상기 시편을 정렬하는 시편 정렬 시스템을 더 포함하고,

상기 시편 정렬용 시스템은 광을 방사하는 레이저와, 상기 레이저에서 방사되는 광을 시편에 기 설정된 방향으로 입사시키는 광학계와, 상기 시편에 의해 반사된 광을 수광하는 광검출기를 포함하는 것을 특징으로 하는 무색수차 광소자-회전형 타원계측기.

[청구항 11]

제 1 항에 있어서,

상기 무색수차 광소자-회전형 타원계측기는,

상기 입사광의 초점이 상기 시편에 맺히게 하는 초점광학계(230); 및

상기 시편에 의해 반사 또는 투과된 광을 다시 평행광으로 변화시키는 시준기(430);

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 무색수차 광소자-회전형 타원계측기.

[청구항 12]

제 1 항에 있어서,

상기 광원(100)은 제논(xenon) 램프, 텅스텐(tungsten)-할로젠(halogen)

램프, 듀테륨(deuterium) 램프, 가스 레이저, 레이저 다이오드 및 이들에서 방사된 광을 광섬유를 통하여 전달하는 장치로부터 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 하는 무색수차 광소자-회전형 타원계측기.

[청구항 13]

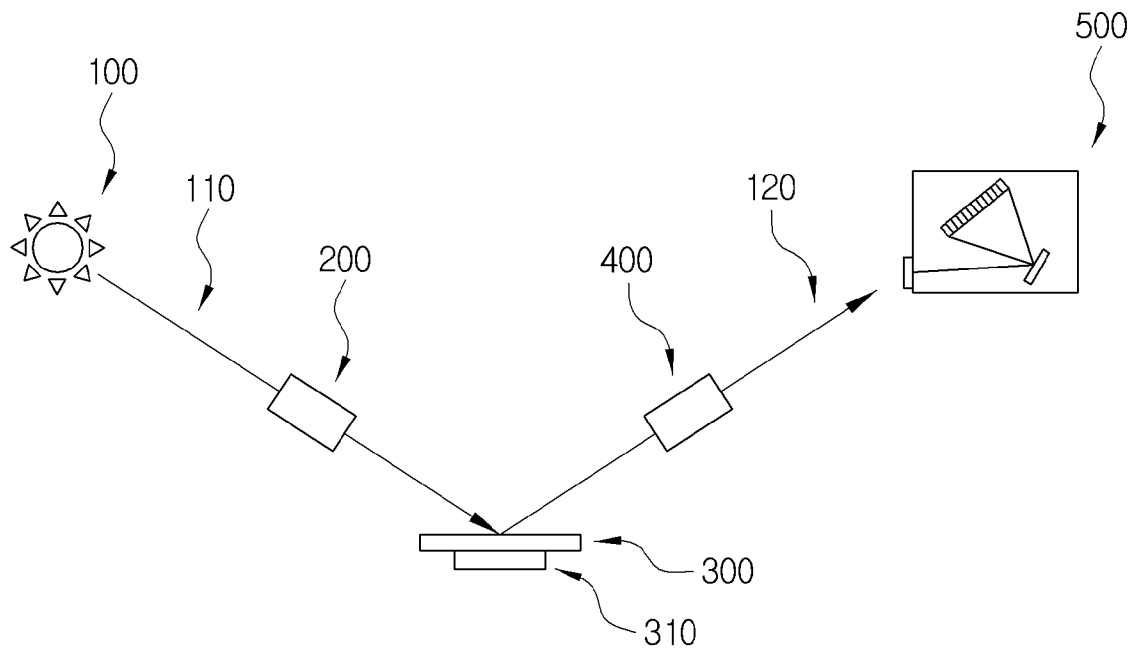
제 1 항에 있어서,

상기 광검출기(500)는 CCD, CMOS 또는 포토다이오드 소자를 포함하며, 다수의 CCD, CMOS 또는 포토다이오드 소자로 이루어진 화소들이 선형

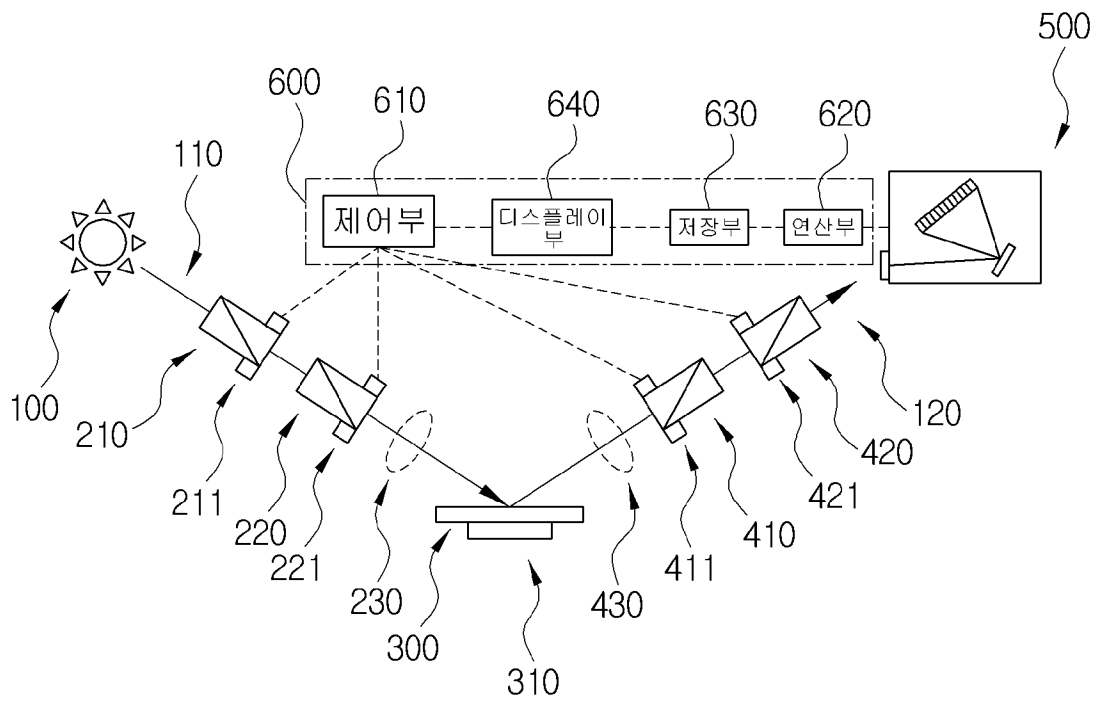
또는 2차원 평면구조로 배열된 것을 특징으로 하는 무색수차
광소자-회전형 타원계측기.

- [청구항 14] 제 1 항에 있어서,
상기 광검출기(500)는 광전자증배관(Photomultiplier tubes) 또는
포토다이오드를 포함하는 단일 광검출기인 것을 특징으로 하는 무색수차
광소자-회전형 타원계측기.
- [청구항 15] 제 1 항에 있어서,
상기 광검출기(500)는 냉각장치가 구비된 것을 특징으로 하는 무색수차
광소자-회전형 타원계측기.
- [청구항 16] 제 1 항에 따른 무색수차 광소자-회전형 타원계측기를 이용한 시편의
물리-행렬 측정 방법에 있어서,
시편이 장착되는 시편장착단계(S10);
고정 편광자와 고정 검광자 각각의 설정 방위각을 선택하는
방위각선택단계(S20);
상기 고정 편광자와 상기 고정 검광자 각각의 방위각을 상기 설정
방위각으로 이동하는 방위각이동단계(S30);
등속회전 편광자와 등속회전 검광자의 방위각 변화에 따른 입사 광의
노광량을 측정하고, 상기 노광량으로부터 광의 복사속의 값을 출력하는
노광량측정단계(S40);
상기 광의 복사속의 값으로부터 상기 광의 복사속 파형의 푸리에
계수들을 계산하는 푸리에계수계산단계(S50);
상기 푸리에 계수들로부터 상기 시편의 물리-행렬 성분들을 계산하는
물리-행렬계산단계(S60);
를 포함하는 것을 특징으로 하는 무색수차 광소자-회전형 타원계측기를
이용한 시편의 물리-행렬 측정 방법.

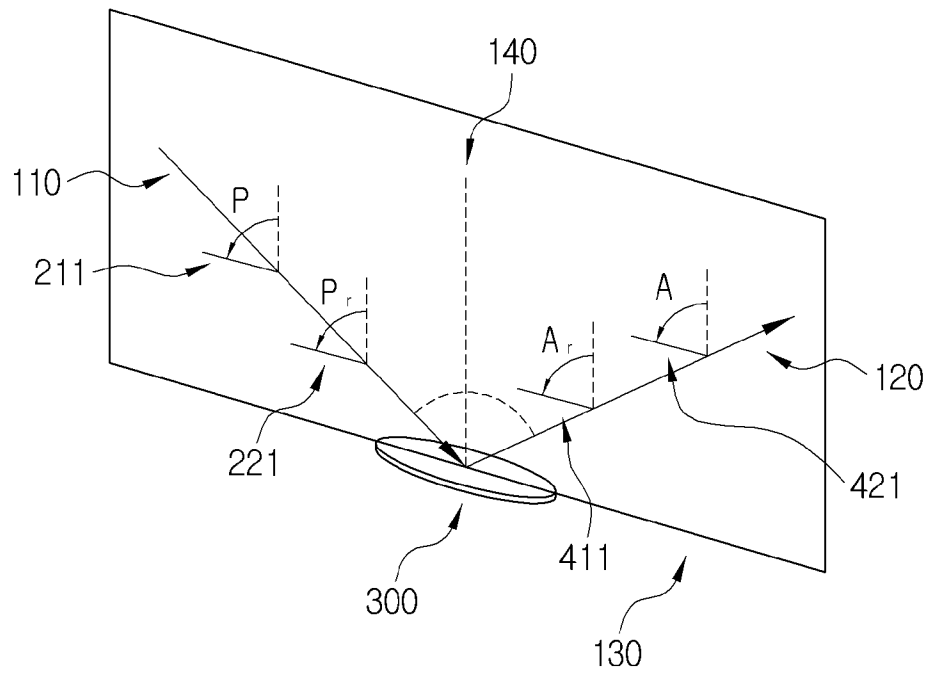
[도1]



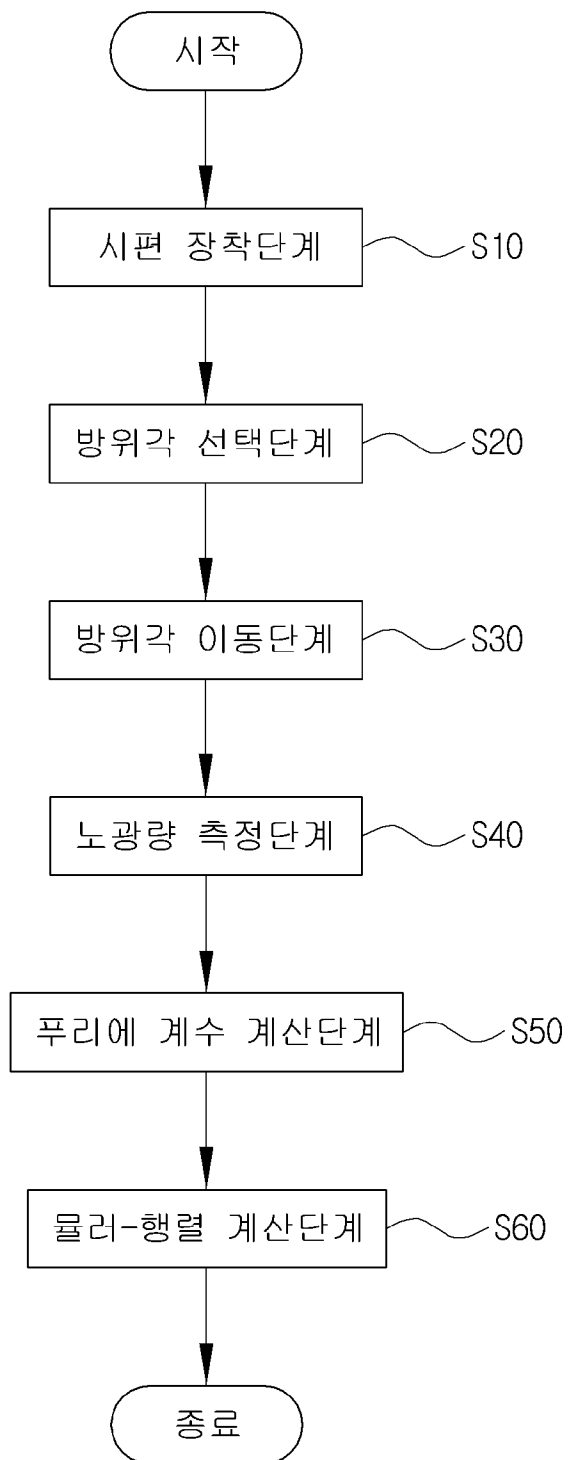
[도2]



[도3]



[도4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2016/002287**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G01D 21/00(2006.01)i, G01B 11/06(2006.01)i, G01B 11/24(2006.01)i, G01N 21/21(2006.01)i, G01J 4/04(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)

G01D 21/00; G01N 21/21; G01N 21/25; G01J 4/00; G01B 11/24; H01L 21/66; G01B 11/06; G01J 4/04

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: achromatic, optical device, rotation type, ellipsometry, fourier coefficient and mueller-matrix

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 10-1270260 B1 (KOREA RESEARCH INSTITUTE OF STANDARDS AND SCIENCE) 31 May 2013	1,2,9-15
A	See abstract, paragraphs [0088]-[0099], [0156]-[0160], claim 1 and figures 1-3.	3-8,16
A	US 2007-0146706 A1 (GARCIA-CAUREL et al.) 28 June 2007	1-16
	See abstract, claim 1 and figures 1, 2.	
A	KR 10-2002-0008697 A (AN, Il Sin et al.) 31 January 2002	1-16
	See abstract, claims 1-3 and figures 1-3.	
A	KR 10-2001-0053381 A (VERITY INSTRUMENTS, INC.) 25 June 2001	1-16
	See abstract, claims 1-13 and figures 1-4.	
A	KR 10-2010-0064612 A (IUCF-HYU (INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION HANYANG UNIVERSITY)) 15 June 2010	1-16
	See abstract, claims 1-3 and figures 1-5.	



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

09 JUNE 2016 (09.06.2016)

Date of mailing of the international search report

10 JUNE 2016 (10.06.2016)

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/KR2016/002287

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-1270260 B1	31/05/2013	KR 10-2013-0019495 A US 2013-0044318 A1 US 2014-0313511 A1 US 8830463 B2	27/02/2013 21/02/2013 23/10/2014 09/09/2014
US 2007-0146706 A1	28/06/2007	EP 1963822 A1 JP 2009-520959 A US 7298480 B2 WO 2007-071480 A1	03/09/2008 28/05/2009 20/11/2007 28/06/2007
KR 10-2002-0008697 A	31/01/2002	KR 10-0389566 B1	27/06/2003
KR 10-2001-0053381 A	25/06/2001	AU 1999-53141 A1 EP 1095259 A1 EP 1095259 A4 EP 1095259 B1 JP 2002-520589 A JP 3803550 B2 KR 10-0484377 B1 US 6052188 A WO 00-03228 A1	01/02/2000 02/05/2001 02/06/2004 13/02/2008 09/07/2002 02/08/2006 22/04/2005 18/04/2000 20/01/2000
KR 10-2010-0064612 A	15/06/2010	KR 10-1057093 B1	16/08/2011

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G01D 21/00(2006.01)i, G01B 11/06(2006.01)i, G01B 11/24(2006.01)i, G01N 21/21(2006.01)i, G01J 4/04(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

G01D 21/00; G01N 21/21; G01N 21/25; G01J 4/00; G01B 11/24; H01L 21/66; G01B 11/06; G01J 4/04

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: 무색수차, 광소자, 회전형, 타원계측기, 푸리에 계수 및 물러-행렬

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	KR 10-1270260 B1 (한국표준과학연구원) 2013.05.31 요약, 단락 [0088]-[0099], [0156]-[0160], 청구항 1 및 도면 1-3 참조.	1, 2, 9-15
A		3-8, 16
A	US 2007-0146706 A1 (GARCIA-CAUREL et al.) 2007.06.28 요약, 청구항 1 및 도면 1, 2 참조.	1-16
A	KR 10-2002-0008697 A (안일신 등) 2002.01.31 요약, 청구항 1-3 및 도면 1-3 참조.	1-16
A	KR 10-2001-0053381 A (베러터 인스트루먼트, 인코퍼레이티드) 2001.06.25 요약, 청구항 1-13 및 도면 1-4 참조.	1-16
A	KR 10-2010-0064612 A (한양대학교 산학협력단) 2010.06.15 요약, 청구항 1-3 및 도면 1-5 참조.	1-16

☐ 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

2016년 06월 09일 (09.06.2016)

국제조사보고서 발송일

2016년 06월 10일 (10.06.2016)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

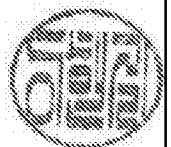
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

이현길

전화번호 +82-42-481-8525



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-1270260 B1	2013/05/31	KR 10-2013-0019495 A US 2013-0044318 A1 US 2014-0313511 A1 US 8830463 B2	2013/02/27 2013/02/21 2014/10/23 2014/09/09
US 2007-0146706 A1	2007/06/28	EP 1963822 A1 JP 2009-520959 A US 7298480 B2 WO 2007-071480 A1	2008/09/03 2009/05/28 2007/11/20 2007/06/28
KR 10-2002-0008697 A	2002/01/31	KR 10-0389566 B1	2003/06/27
KR 10-2001-0053381 A	2001/06/25	AU 1999-53141 A1 EP 1095259 A1 EP 1095259 A4 EP 1095259 B1 JP 2002-520589 A JP 3803550 B2 KR 10-0484377 B1 US 6052188 A WO 00-03228 A1	2000/02/01 2001/05/02 2004/06/02 2008/02/13 2002/07/09 2006/08/02 2005/04/22 2000/04/18 2000/01/20
KR 10-2010-0064612 A	2010/06/15	KR 10-1057093 B1	2011/08/16