

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2012년 7월 5일 (05.07.2012)



(10) 국제공개번호
WO 2012/091269 A1

- (51) 국제특허분류:
G21K 7/00 (2006.01) C23C 16/30 (2006.01)
C23C 16/44 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2011/008143
- (22) 국제출원일: 2011년 10월 28일 (28.10.2011)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2010-0138051 2010년 12월 29일 (29.12.2010) KR
- (71) 출원인 (US을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **포항 공과대학교 산학협력단 (POSTECH ACADEMY-INDUSTRY FOUNDATION)** [KR/KR]; 경북 포항시 남구 효자동 산 31 번지, 790-784 Gyungbuk (KR).
- (72) 발명자; 겸
- (75) 발명자/출원인 (US에 한하여): **제정호 (JE, Jung Ho)** [KR/KR]; 서울시 송파구 잠실동 리센츠아파트 211-1402, 138-220 Seoul (KR). **정지원 (JUNG, Jiwon)** [KR/KR]; 경북 포항시 남구 효자동 포항공과대학교 기숙사 19-211, 790-784 Gyungbuk (KR).
- (74) 대리인: **박상훈 (PARK, Sang Hoon)**; 서울시 강남구 역삼 1동 823-48 세원빌딩 4층, 135-080 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, 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, 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, MD, 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).

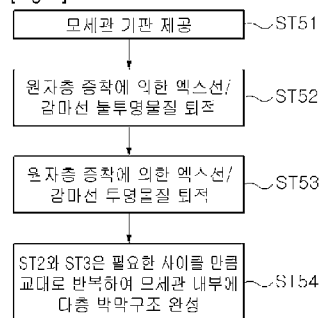
공개:

- 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))
- 청구범위 보정 기한 만료 전의 공개이며, 보정서를 접수하는 경우 그에 관하여 별도 공개함 (규칙 48.2(h))

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING X-RAY/G-RAY FOCUSING OPTICAL SYSTEM USING ATOMIC LAYER DEPOSITION

(54) 발명의 명칭 : 원자층 증착을 이용한 엑스선/감마선 집속 광학계의 제조 방법

[Fig. 7]



ST51 ... Prepare capillary substrate
ST52 ... Accumulate material opaque to X-rays/g-rays through atomic layer deposition
ST53 ... Accumulate material transparent to X-rays/g-rays through atomic layer deposition
ST54 ... Repeat ST2 and ST3 as many cycles as necessary and form multi-layer thin film structure inside capillary

(57) Abstract: The present invention relates to a method for manufacturing an X-ray/gamma-ray focusing optical system comprising the steps of preparing a capillary substrate and successively accumulating a plurality of alternation layers, alternately consisting of a material opaque to X-rays/g-rays and a material transparent to X-rays/g-rays, on the inner surface of the capillary substrate in a Fresnel manner through atomic layer deposition.

(57) 요약서: 본 발명은 엑스선/감마선 집속 광학계의 제조 방법에 관한 것으로서, 모세관 기관을 제공하는 단계, 그리고 상기 모세관 기관의 내부 표면에 각각 엑스선/감마선 불투명 물질과 엑스선/감마선 투명 물질로 이루어진 복수의 교대층을 프레넬 형식에 따라 원자층 증착에 의해 순차적으로 퇴적하는 단계를 포함한다.

명세서

발명의 명칭: 원자층 증착을 이용한 엑스선/감마선 집속 광학계의 제조 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 엑스선(X-ray)/감마선(γ -ray) 집속 광학계의 제조 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 원자층 증착(atomic layer deposition)을 이용한 엑스선/감마선 집속 광학계의 제조 방법에 관련된다.

배경기술

- [2] 근래, 나노미터 스케일 크기를 갖는 다양한 형태의 나노 구조체들이 반도체 소자, 에너지, 디스플레이, 바이오, 의료 산업 등 전반에 걸쳐 연구, 응용되기 시작하면서, 나노 해상도의 영상화 또는 전자기파의 나노 스케일 집속이 매우 중요한 과학적 이슈가 되고 있다.
- [3] 그 중에서도 특히 엑스선 현미경 기술은 그 고유의 높은 투과력, 짧은 파장과 같은 특성으로 인하여 나노 구조의 정확한 화학적, 구조적, 형태적 정보 제공 등이 가능하여, 광학 현미경이나 전자 현미경이 제공하지 못했던 물질의 상보적 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대를 모으고 있다.
- [4] Rayleigh 가설($R=0.5\lambda/NA$, 여기서 R 은 분해능, λ 는 파장, NA 는 개구수)에 의하면 엑스선/감마선은 원칙적으로 엑스선/감마선의 파장과 비슷한 크기로 집속할 수 있다. 그러나 엑스선/감마선을 집속할 수 있는 광학계를 제조하는 어려움으로 인하여 현재까지 이러한 한계에 도달하지 못하고 있을 뿐만 아니라, 이론적으로 어떠한 형태의 광학계가 효과적인지 아직까지 연구가 활발하게 진행되고 있는 실정이다.
- [5] 굴절률이 1보다 작고 파장 영역이 매우 짧은 엑스선을 집속하는 엑스선 집속 광학계는 일반적인 광학계가 요구하는 것보다 훨씬 까다로운 조건을 요구한다. 즉, 물질과의 상호작용이 매우 작게 되어, 아주 작은 각도만이 굴절하거나 반사한다. 다시 말하면 큰 개구수를 얻기 힘들고, 엑스선/감마선의 집속도도 매우 낮아지게 되어, 실제적으로 나노미터 스케일의 엑스선/감마선 빔을 얻는데 어려움이 많다. 전 세계적으로 엑스선/감마선 나노 집속 광학계에 대한 다양한 시도들이 있었는데, 그 중 대표적인 것으로는 프레넬 존 플레이트(Fresnel Zone Plate)와 다층박막 라우에 렌즈(Multilayer Laue Lens)를 들 수 있다.
- [6] 도 1에 나타낸 바처럼, 프레넬 존 플레이트는 투명, 불투명한 원형 링(ring)이 반복적으로 나타나는 구조로, 전자기파의 회절 현상을 이용하여 광선을 집속하는 광학계의 일종이다. 일반적인 프레넬 존 플레이트는 원형 투과 격자 형태이고, 엑스선/감마선이 투과할 수 있는 투명한 층과 위상을 바꾸는 역할을 하는 불투명 층이 교대로 위치하게 된다. 이때 각각의 층에서 회절된 엑스선/감마선들이 특정 지점에서 보강 간섭이 일어나는 원리로 초점에 빔이

모아지게 된다. 각각의 층은 아래와 같은 프레넬 형식에 의하여 원점으로부터의 거리에 위치하게 된다:

$$[7] \quad r_n^2 = n \lambda f + n^2 \lambda^2 / 4$$

[8] 여기서, r_n 은 n 번째 층의 위치이고, f 는 초점거리이다. 두 번째 항은 $n\lambda \ll f$ 일 때 생략할 수 있다. 최외각층의 두께 Δr 은 $r_n - r_{n-1}$ 이다. 프레넬 존 플레이트의 분해능은 최외각층의 두께와 거의 같다 (원형 존 플레이트의 경우는 $R=1.22\Delta r$, 선형일 경우는 $R=\Delta r$). 또한, 투과층과 흡수층 사이의 광학적 대비, 투과 깊이(빔 진행방향으로의 광학계의 크기), 각 층의 정확도, 입사빔의 근원 크기, 결맞음성 등이 분해능을 결정하는 주요한 요인이 된다.

[9] 기존의 프레넬 존 플레이트를 제조하기 위한 제조 방법으로는 전자빔 리소그래피(electron beam lithography) 및 전기화학 기술을 이용한 제조법과 스퍼터드-슬라이스(sputtered-sliced) 제조법이 있다.

[10] 존 플레이트의 집속 효율은 최외각층의 두께, 물질, 엑스선/감마선 에너지 등에 의해 영향을 받는데, 그 중에서도 특히 종횡비(aspect ratio)(즉, 최외각층의 두께와 투과 깊이의 비)에 의해 크게 좌우된다.

[11] 먼저, 도 2에 나타낸 것처럼, 전자빔 리소그래피와 전기화학 기술을 이용한 제조법은 큰 종횡비를 얻기 위하여 Si_3N_4 막(membrane) 위에 코팅한 감광제(PMMA, ZEP 등)(ST21)에 존 플레이트 패턴을 전자빔 리소그래피를 이용하여 제조한 후(ST22), 전기 도금법에 의하여 Au를 증착하여 존 플레이트를 완성한다(ST23).

[12] 이 방법은 현존하는 제작 기법 중 가장 고성능으로 엑스선/감마선 광학계를 제작할 수 있는 방법(20 nm 수준)으로 아래에서 위로의(bottom-up) 성장 방식이다. 이 방법으로 만들어진 존 플레이트의 최외각층의 선폭은 집속된 전자빔의 크기에 의해 크게 좌우된다.

[13] 최근 기술 발전에 따라, 전자빔은 약 1 nm 이하 수준까지 집속할 수 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 감광제의 분해능, 진동 등 장치의 안정도와 전자빔 공정 과정에서 사용되는 전자의 산란 등으로 인하여 실제로 이 방법에 의해 제작된 존 플레이트의 최외각층 두께는 현재 15 nm가 가장 작은 크기이다 (이때의 투과 깊이는 200 nm 정도이다).

[14] 또한 이 방법을 이용할 경우, 집속 효율을 결정하는 투과 깊이는 실제적으로 1 μm 이하로 제한되어, 경 엑스선/감마선에 사용되는 프레넬 존 플레이트의 집속 효율은 수%로 매우 작고, 도 3에 나타낸 바처럼, (a) 평탄한(flat) 형태의 프레넬 존 플레이트만을 제조할 수 있을 뿐 (b) 이상적 형태의 프레넬 존 플레이트는 제작할 수 없다.

[15] 그 다음, 도 4에 나타낸 것처럼, 스퍼터드-슬라이스 법은 회전하는 와이어 기관(ST31) 상에 스퍼터링을 이용하여 두 물질을 번갈아 가면서 증착하고(ST32, ST33, ST34), 이를 절단(ST35)하는 방식으로 제작한다. 이 방법은 고 종횡비의

구조물을 제조하는 것이 가능하지만, 구조를 미세하게 조절하기 힘들고, 20 nm 이하의 고해상도로 엑스선/감마선을 집속하는데 어려움이 있다.

- [16] 둘째, 도 5에 나타낸 바와 같은 다층박막 라우에 렌즈(MLL)는 존 플레이트 형태를 기존의 리소그래피 등의 방법의 아닌, 박막의 증착 및 절단 연마에 의하여 제조하는 새로운 기법이다.
- [17] 기존의 MLL을 제조하기 위한 방법으로는, 도 6에 나타낸 것과 같은 물리적 기상 증착법(physical vapor deposition)이 있다. 이 방법은 PVD 방법으로 다층박막(multilayer)을 제작하는데, 평탄한 표면(실리콘 웨이퍼) 상에 존에 해당하는 수백 개 혹은 수천 개의 박막층을 스퍼터링 방법에 의하여 정확한 두께만큼 증착한 후(ST41), 이를 잘라서(ST42) 연마하여(ST43) 접합시키고(ST44), 엑스선/감마선을 투과시키면 회절에 의해 엑스선/감마선 빔이 초점에 모이게 된다. 증착은 가장 작은 두께를 가지는 최외각층을 먼저 증착하기 때문에 집속을 결정하는 가장 중요한 부분의 결함이 최소화되도록 한다. 두 개의 다층박막 섹션을 서로 마주보게 하여 하나의 존 플레이트를 완성하게 된다. 이 때 Bragg 회절 각 만큼($\theta_B=0.05-0.3^\circ$) 회전하게 되면(경사형 MLL) 평탄형 MLL보다 큰 집속 효율을 얻을 수 있다. 또한 절단 연마를 통하여 빔이 통과되는 투과 깊이를 결정할 경우 매우 큰 종횡비(5 nm의 최외각층과 10 μm 의 투과 깊이의 경우 종횡비는 2000임)를 얻을 수 있어 집속 효율이 일반적인 프레넬 존 플레이트 보다 수십 배 이상 증가하게 된다. 기본적으로 MLL은 일차원적 집속렌즈이기 때문에 점 집속을 위해서 두 개의 MLL을 서로 교차하여 설치하여야 한다.
- [18] MLL은 기본적으로 프레넬 존 플레이트와 같은 개념이지만, 그 제조 방법의 우수성으로 인하여 프레넬 존 플레이트의 한계를 뛰어 넘는 새로운 기법이다. 하지만, 이 방법은 평탄한 표면에 제작하기 때문에 한 방향으로만 엑스선/감마선 집속이 가능하고 원형의 집속 엑스선/감마선을 생성시키는 것이 불가능한 문제점이 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [19] 본 발명의 목적은 구조물의 최외각층의 두께가 원자층 단위로 조절될 수 있는, 엑스선/감마선 집속을 위한 구조물을 포함하는 엑스선/감마선 집속 광학계의 제작 방법 및 이에 의해 제작된 엑스선/감마선 집속 광학계를 제공하는 것이다.
- [20] 본 발명은 또한 고종횡비를 갖는 최외각층과 미세조절이 가능한 구조와 다양한 형태를 가질 수 있는 집속 구조물을 포함하는 엑스선/감마선 집속 광학계를 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

- [21] 상기 본 발명의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 측면에 따른 엑스선/감마선 집속 광학계의 제조 방법은 하기 단계를 포함한다:

- [22] 모세관 기관을 제공하는 단계; 및
- [23] 상기 모세관 기관의 내부 표면상에 각각 엑스선/감마선 불투명 물질과 엑스선/감마선 투명 물질로 이루어진 복수의 교대 층을 프레넬 형식에 따라 원자층 증착에 의해 순차적으로 퇴적하는 단계.
- [24] 바람직하게는, 상기 퇴적 단계에서, 상기 모세관 기관의 내부 표면에 인접한 최초 퇴적층이 최소 두께를 갖고, 상기 모세관 기관의 내부 표면으로부터 가장 멀리 떨어진 최종 퇴적층이 최대 두께를 갖도록 각 층의 두께가 제어될 수 있다.
- [25] 바람직하게는, 상기 원자층 증착은 하기 단계를 포함할 수 있다:
- [26] 상기 엑스선/감마선 불투명 물질과 상기 엑스선/감마선 투명 물질 중에서 선택된 피증착 물질의 전구체 가스를 상기 모세관 내부에 주입하여 상기 모세관 내부의 증착 대상 표면상에 상기 전구체 가스를 흡착시키는 단계;
- [27] 상기 모세관 내부에 주입된 상기 전구체 가스 중 상기 모세관 내부의 증착 대상 표면상에 흡착되지 않은 잔류 가스를 상기 모세관 내부로부터 제거하는 단계;
- [28] 상기 전구체 가스와 반응하여 상기 피증착 물질에 이르게 하는 반응 가스를 상기 모세관 내부에 주입하여 상기 모세관 내부의 증착 대상 표면상에 상기 반응 가스를 흡착시키는 단계; 및
- [29] 상기 모세관 내부에 주입된 상기 반응 가스 중 상기 모세관 내부의 증착 대상 표면상에 흡착되지 않은 반응 가스를 상기 모세관 내부로부터 제거하는 단계.
- [30] 바람직하게는, 상기 엑스선/감마선 불투명 물질은 루테튬(Ru)이고, 상기 루테튬의 전구체 가스는 RuCp_2 , $\text{Ru}(\text{EtCp})_2$, $\text{Ru}(\text{od})_3$ 및 $\text{Ru}(\text{thd})_3$ 중에서 선택되고, 상기 RuCp_2 의 반응 가스는 공기 및 산소 중에서 선택되고, 상기 $\text{Ru}(\text{EtCp})_2$ 의 반응 가스는 산소 및 NH_3 플라즈마 중에서 선택되고, 상기 $\text{Ru}(\text{od})_3$ 의 반응 가스는 산소이고, 상기 $\text{Ru}(\text{thd})_3$ 의 반응 가스는 공기, 산소 및 수소 중에서 선택될 수 있다 (여기서, Cp=시클로펜타디에닐, Et=에틸, od=2,4옥탄디오나토, thd=2,2,6,6-테트라메틸-3,5-헵탄디오나토). 이들의 반응 메커니즘은 루테튬 전구체의 산소에 의한 산화에 근거하거나, NH_3 플라즈마 또는 수소에 의한 환원에 근거한다.
- [31] 또한 바람직하게는, 상기 엑스선/감마선 불투명 물질은 백금(Pt)이고, 상기 Pt의 전구체 가스는 MeCpPtMe_3 및 $\text{Pt}(\text{acac})_2$ 중에서 선택되고, 상기 MeCpPtMe_3 의 반응 가스는 공기, 산소 및 수소 중에서 선택되고, 상기 $\text{Pt}(\text{acac})_2$ 의 반응 가스는 산소와 수소 중에서 선택될 수 있다 (여기서, Me=메틸, acac=아세틸아세토나토).
- [32] 또한 바람직하게는, 상기 엑스선/감마선 불투명 물질은 이리듐(Ir)이고, 상기 Ir의 전구체 가스는 $\text{Ir}(\text{acac})_3$ 이고, 상기 $\text{Ir}(\text{acac})_3$ 의 반응 가스는 공기, 산소 및 수소 중에서 선택될 수 있다.
- [33] 또한 바람직하게는, 상기 엑스선/감마선 불투명 물질은 팔라듐(Pd)이고, 상기 Pd의 전구체 가스는 $\text{Pd}(\text{hfac})_2$, $\text{Pd}(\text{thd})_2$ 및 $\text{Pd}(\text{keim})_2$ 중에서 선택되고, 상기 $\text{Pd}(\text{hfac})_2$ 의 반응 가스는 수소 및 글리옥실산+Ar담체 중에서 선택되고, 상기 $\text{Pd}(\text{thd})_2$ 의 반응 가스는 수소 및 산소 중에서 선택되고, 상기 $\text{Pd}(\text{keim})_2$ 의 반응

가스는 산소일 수 있다 (여기서, hfac=헥사플루오로아세틸아세토나토, keim2=[CF₃C(O)CHC(NBuⁿ)CF₃]).

- [34] 또한 바람직하게는, 상기 엑스선/감마선 불투명 물질은 로듐(Rh)이고, 상기 Rh의 전구체 가스는 CpRh(CO)₂ 및 Rh(acac)₃ 중에서 선택되고, 상기 CpRh(CO)₂의 반응 가스는 산소이고, 상기 Rh(acac)₃의 반응 가스는 산소일 수 있다.
- [35] 이러한 귀금속들의 원자층 증착 조건들은 예를 들면, Titta Aaltonen의 학술논문 “Atomic Layer Deposition of Noble Metal Thin Films” (University of Helsinki, 2005)에서 보다 자세히 찾아볼 수 있다.
- [36] 바람직하게는, 상기 엑스선/감마선 투명 물질은 Al₂O₃이고, 상기 Al₂O₃의 전구체 가스는 Al(CH₃)₃이고, 상기 Al(CH₃)₃의 반응 가스는 H₂O일 수 있다.
- [37] 바람직하게는, 상기 모세관 기판은 원형 또는 직사각형의 횡단면을 가질 수 있다.
- [38] 바람직하게는, 상기 모세관 기판은 사다리꼴의 종단면을 가질 수 있다.
- [39] 바람직하게는, 상기 모세관 기판의 내부 표면의 표면 거칠기는 1 nm 내지 10 nm 이하일 수 있다.
- [40] 바람직하게는, 상기 모세관 기판은 유리 또는 석영으로 이루어질 수 있다.
- [41] 바람직하게는 상기 엑스선/감마선 집속 광학계는 프레넬 존 플레이트 또는 다층박막 라우에 렌즈일 수 있다.

발명의 효과

- [42] 본 발명에 의하면, 엑스선/감마선 집속 광학계에 있어서 구조물의 최외각층의 두께 조절이 원자층 단위로 가능하여, 최외각층이 고종횡비(1 nm 이하의 두께와 1 μm 이상의 투과 깊이)를 갖는 구조물로 제작할 수 있으며, 구조물 구조의 미세 조절이 가능할 뿐만 아니라 다양한 형태(예를 들면, 원형 횡단면, 사다리꼴 종단면 등)의 엑스선/감마선 집속을 위한 구조물을 포함하는 엑스선/감마선 집속 광학계(예를 들면, 프레넬 존 플레이트 및 MLL)를 제작할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [43] 도 1은 전형적인 프레넬 존 플레이트의 횡단면을 나타내는 도면이다.
- [44] 도 2는 전자빔 리소그래피와 전기화학법을 이용한, 전형적인 프레넬 존 플레이트의 제조 과정을 나타내는 순서도이다.
- [45] 도 3는 (a) 평탄한 종단면을 갖는 전형적인 프레넬 존 플레이트와 (b) 사다리꼴의 종단면을 갖는 이상적인 프레넬 존 플레이트를 나타내는 도면이다.
- [46] 도 4는 스퍼터드-슬라이스법을 이용한, 전형적인 프레넬 존 플레이트의 제조 과정을 나타내는 순서도이다.
- [47] 도 5는 전형적인 MLL의 기본 개념을 설명하기 위한 종-단면도(좌)와 2차원 MLL를 설명하는 사시도(우)이다.
- [48] 도 6은 물리적 기상 증착법(PVD)을 이용한, 전형적인 MLL의 제조 과정을 나타내는 순서도이다.

- [49] 도 7은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따라 원자층 증착을 이용한 엑스선/감마선 집속 광학계의 제조 방법을 나타내는 순서도이다.
- [50] 도 8a는 본 발명의 바람직한 일 실시예에서 사용되는 원자층 증착에 의한 엑스선/감마선 불투명 물질의 증착을 나타내는 순서도이다.
- [51] 도 8b는 본 발명의 바람직한 일 실시예에서 사용되는 원자층 증착에 의한 엑스선/감마선 투명 물질의 증착을 나타내는 순서도이다.
- [52] 도 9는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따라 제조된 엑스선/감마선 집속 광학계의 횡단면과 종단면을 나타내는 도면이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [53] 이하 본 발명을 첨부 도면을 참고하여 보다 상세히 설명한다.
- [54] 도 7을 참조하면, 본 발명에서는 모세관 기관을 제공하고(ST51), 상기 모세관 기관의 내부 표면 상에 각각 엑스선/감마선 불투명 물질과 엑스선/감마선 투명 물질로 이루어진 복수의 교대 층을 프레넬 형식(fresnel pattern)에 따라 원자층 증착에 의해 순차적으로 퇴적한다(ST52, ST53, ST54).
- [55] 이러한 원자층 증착에 의해, 엑스선/감마선 집속 광학계를 이루는 다층박막 구조의 최외각층의 두께 조절이 원자층 단위로 가능해져 고종횡비(최외각층의 두께가 1 nm 이하이고 투과 깊이가 1 μ m 이상)와 고해상도(20 nm 이하)를 갖는 엑스선/감마선 집속 광학계를 제조할 수 있었다.
- [56] 일반적으로 다층박막 구조의 각각의 층의 퇴적(ST52, ST53, ST54)은 프레넬 형식에 따른다. 이에 의하면, 다층박막 구조 중 상기 모세관 기관의 내부 표면에 인접한 최초 퇴적층이 최소 두께를 갖게 되고, 상기 모세관 기관의 내부 표면으로부터 가장 먼 최종 퇴적층이 최대 두께를 갖도록 각 층의 두께가 제어된다.
- [57] 보다 구체적으로, 다층박막 구조의 각각의 층은 아래와 같은 프레넬 형식에 의하여 원점으로부터의 거리에 위치하게 된다:
- [58]
$$r_n^2 = n \lambda f + n^2 \lambda^2 / 4$$
- [59] 여기서, r_n 은 n 번째 층의 위치이고, f 는 초점거리이다. 두 번째 항은 $n\lambda \ll f$ 일 때 생략할 수 있다. 최외각층의 두께 Δr 은 $r_n - r_{n-1}$ 이다. 프레넬 존 플레이트의 분해능은 최외각층의 두께와 거의 같다 (원형 존 플레이트의 경우는 $R = 1.22\Delta r$, 선형일 경우는 $R = \Delta r$).
- [60] 본 발명에서 복수의 교대 층을 구성하는 엑스선/감마선 불투명 물질의 원자층 증착(ST52)은, 도 8a에 나타낸 바처럼 다음 순서에 따라 이루어질 수 있다:
- [61] 먼저, 엑스선/감마선 불투명 물질로 이루어지는 피증착 물질의 전구체 가스를 상기 모세관 내부에 주입하여 상기 모세관 내부의 증착 대상 표면상에 상기 전구체 가스를 흡착시키고(ST61),
- [62] 상기 모세관 내부에 주입된 상기 전구체 가스 중 상기 모세관 내부의 증착 대상 표면상에 흡착되지 않은 잔류 가스를 상기 모세관 내부로부터 퍼징에 의해

- 제거하고(ST62),
- [63] 상기 전구체 가스와 반응하여 상기 피증착 물질에 이르게 하는 반응 가스를 상기 모세관 내부에 주입하여 상기 모세관 내부의 증착 대상 표면상에 상기 반응 가스를 흡착시키고(ST63),
- [64] 마지막으로, 상기 모세관 내부에 주입된 상기 반응 가스 중 상기 모세관 내부의 증착 대상 표면상에 흡착되지 않은 반응 가스를 상기 모세관 내부로부터 제거한다(ST64).
- [65] 바람직하게는, 엑스선/감마선 불투명 물질로는 (높은 전자밀도를 가지는 물질인) Au, Ru, Pt, Pd, Rh, W, Ir, Ag 등이 사용될 수 있으며, 보다 바람직하게는 Ru, Pt, Ir, Pd, Rh가 사용될 수 있고, 가장 바람직하게는 Pt가 사용될 수 있다. 상기 기술된 물질을 불투명 물질로 적합한 물질 순으로 나열하면, $Au > Pt > Ir > W > Ru \gg Ag > Pd > Rh$ 이다. 여기서, Au는 현재 적합한 precursor가 없어 아직까지는 적용되기 어렵고, 위에 나열되지는 않았으나 일반적으로 많이 사용되는 HfO_2 도 불투명 물질로 사용될 수 있다. 각각의 불투명 물질에 대한 전구체 가스와 그 전구체 가스에 적합한 반응 가스는 아래에서 보다 상세히 설명한다.
- [66] 상기 엑스선/감마선 불투명 물질로 루테튬(Ru)을 사용할 경우, 상기 루테튬의 전구체 가스는 $RuCp_2$, $Ru(EtCp)_2$, $Ru(od)_3$ 및 $Ru(thd)_3$ 중에서 선택되고, 상기 $RuCp_2$ 의 반응 가스는 공기 및 산소 중에서 선택되고, 상기 $Ru(EtCp)_2$ 의 반응 가스는 산소 및 NH_3 플라즈마 중에서 선택되고, 상기 $Ru(od)_3$ 의 반응 가스는 산소이고, 상기 $Ru(thd)_3$ 의 반응 가스는 공기, 산소 및 수소 중에서 선택될 수 있다.
- [67] 상기 엑스선/감마선 불투명 물질로 백금(Pt)을 사용할 경우, 상기 Pt의 전구체 가스는 $MeCpPtMe_3$ 및 $Pt(acac)_2$ 중에서 선택되고, 상기 $MeCpPtMe_3$ 의 반응 가스는 공기, 산소 및 수소 중에서 선택되고, 상기 $Pt(acac)_2$ 의 반응 가스는 산소와 수소 중에서 선택될 수 있다.
- [68] 상기 엑스선/감마선 불투명 물질로 이리듐(Ir)을 사용할 경우, 상기 Ir의 전구체 가스는 $Ir(acac)_3$ 이고, 상기 $Ir(acac)_3$ 의 반응 가스는 공기, 산소 및 수소 중에서 선택될 수 있다.
- [69] 상기 엑스선/감마선 불투명 물질로 팔라듐(Pd)을 사용할 경우, 상기 Pd의 전구체 가스는 $Pd(hfac)_2$, $Pd(thd)_2$ 및 $Pd(keim)_2$ 중에서 선택되고, 상기 $Pd(hfac)_2$ 의 반응 가스는 수소 및 글리옥실산+Ar담체 중에서 선택되고, 상기 $Pd(thd)_2$ 의 반응 가스는 수소 및 산소 중에서 선택되고, 상기 $Pd(keim)_2$ 의 반응 가스는 산소일 수 있다.
- [70] 상기 엑스선/감마선 불투명 물질로 로듐(Rh)을 사용할 경우, 상기 Rh의 전구체 가스는 $CpRh(CO)_2$ 및 $Rh(acac)_3$ 중에서 선택되고, 상기 $CpRh(CO)_2$ 의 반응 가스는 산소이고, 상기 $Rh(acac)_3$ 의 반응 가스는 산소일 수 있다.
- [71] 그 다음, 본 발명에서 복수의 교대 층을 구성하는 엑스선/감마선 투명 물질의 원자층 증착(ST53)은 기본적으로 상기 엑스선/감마선 불투명 물질의 원자층 증착(ST52)과 동일하되, 피증착 물질을 엑스선/감마선 투명 물질로 교체하고,

이에 맞게 전구체 가스와 반응 가스를 변경하여, 도 8b에 나타난 바처럼, 모세관 내부에 엑스선/감마선 불투명 물질의 전구체 가스를 주입하고(ST71), 흡착되지 않은 전구체를 가스 모세관 내부에서 제거(ST72)하고, 모세관 내부에 반응 가스를 주입하고(ST73), 반응하지 않은 반응 가스를 모세관 내부에서 제거한다(ST74).

[72] 바람직하게는, 엑스선/감마선 투명 물질로는 C, Al_2O_3 , 실리콘 나이트라이드 등이 사용될 수 있으며, 보다 바람직하게는 Al_2O_3 가 사용될 수 있고, 이 때 사용되는 Al_2O_3 의 전구체 가스는 $Al(CH_3)_3$ 이고, $Al(CH_3)_3$ 의 반응 가스는 H_2O 가 사용될 수 있다.

[73] 이렇게, 원자층 증착을 이용하여 모세관 기관의 내부 표면에 엑스선/감마선 불투명 물질과 엑스선/감마선 투명 물질을 프레넬 패턴에 따라 교대로 필요한 사이클만큼 반복 퇴적하여, 상기 모세관 기관의 내부에 다층박막 구조를 형성하게 된다(ST54).

[74] 이 다층박막 구조는 엑스선/감마선 불투명 물질의 단원자층과 엑스선/감마선 투명 물질의 단원자층이 동심원을 이루며 교대로 반복되며, 다층박막 구조의 전체 두께, 사이클 수 그리고 각 층의 두께 사이에는 다음과 같은 간단한 관계식이 성립될 수 있다:

[75]
$$(\text{다층박막 구조의 전체 두께}) = \sum_{1}^m (\text{사이클 수})_m \times (\text{단원자층 두께})_m$$

[76] 유리하게도, 본 발명에 따른 엑스선/감마선 집속 광학계의 제조 방법은 사용되는 상기 모세관 기관의 단면 형태(횡단면, 종단면)만을 조작하여, 간단히 모세관 기관 내부에 원자층 증착되는 다층박막 구조의 단면 형태(횡단면과 종단면)를 제어할 수 있다.

[77] 예를 들면, 모세관 기관이 원형의 횡단면을 가질 경우, 그 내부에 원자층 증착되는 다층박막 구조 역시 이에 대응하여 원형의 횡단면을 가지게 되며 (원형의 프레넬 존 플레이트와 MLL 제작 가능), 모세관 기관의 사다리꼴의 종단면을 가질 경우, 도 9에 나타난 것처럼, 그 내부에 원자층 증착되는 다층박막 구조 역시 이에 대응하여 사다리꼴의 종단면(이상적인 형태의 프레넬 존 플레이트와 MLL 제작 가능)을 가지게 된다.

[78] 본 발명에 사용되는 모세관 기관은 일반적인 원자층 증착 공정 환경($150-300^{\circ}C$, 진공/대기압의 전구체 가스)에서 물리적/화학적으로 안정적인 물질로, 유리 또는 석영 등으로 이루어지는 것이 바람직하고, 상기 모세관 기관의 내부 표면의 표면 거칠기는, 존 플레이트 최외각층의 선폭에 비해 상대적으로 작아야 하므로, 1 nm 내지 10 nm 이하의 수준이 바람직하다.

[79] 실시예

[80] 1. 모세관 기관 준비

[81] 일반적인 원자층 증착 공정 환경($150-300^{\circ}C$, 진공/대기압의 전구체 가스)에서

물리적/화학적으로 안정적인 물질로, 유리 또는 석영 등으로 이루어지고, 내부 표면의 표면 거칠기가 1 nm 내지 10 nm 이하 수준이고, 원형의 횡단면과 사다리꼴의 종단면을 갖는 모세관 기판을 준비한다.

[82] 2. 원자층 증착에 의한 다층박막의 형성

[83] 준비된 모세관 기판 내부에 아래와 같이 엑스선/감마선 불투명 물질과 엑스선/감마선 투명 물질을 프레넬 형식에 따라 원자층 증착에 의해 교대로 반복하여 순차적으로 퇴적하여 다층박막을 형성한다:

[84] (1) 엑스선/감마선 불투명 물질 증착

[85] 엑스선/감마선 불투명 물질인 피증착 물질 Pt의 전구체 가스 MeCpPtMe_3 를 이의 융점인 30°C 보다 약간 낮은 상온에서 증발시킨다. 상온에서의 MeCpPtMe_3 의 증기압은 비교적 높다. MeCpPtMe_3 는 공기와 반응하므로 불활성 가스 하에서 취급되어야 한다. 상기 증발된 전구체 가스(MeCpPtMe_3)를 상기 모세관 내부에 주입하여 상기 모세관 내부의 증착 대상 표면상에 상기 전구체 가스(MeCpPtMe_3)를 흡착시킨다.

[86] 상기 모세관 내부에 N_2 를 흐르게 하여 상기 주입된 전구체 가스(MeCpPtMe_3) 중 상기 모세관 내부의 증착 대상 표면상에 흡착되지 않은 잔류 가스(MeCpPtMe_3)를 상기 모세관 내부로부터 퍼징에 의해 제거한다.

[87] Pt로 이루어진 엑스선/감마선 불투명층이 프레넬 형식에 따른 소정의 두께가 될 때까지, 반응 가스(공기 또는 O_2)를 상기 모세관 내부에 주입하여 상기 모세관 내부의 증착 대상 표면상에 상기 반응 가스(공기 또는 O_2)를 흡착시킨다. 산소를 반응 가스로 사용할 때, 300°C 이상의 온도에서 백금 막이 얻어진다. MeCpPtMe_3 의 열적 자기-분해는 300°C 보다 높은 온도에서 현저해 진다. 따라서 300°C 를 이 공정에 대한 온도 상한으로 삼는다. 따라서 결과적으로 300°C 보다 낮은 온도에서 산소 분압이 증가함에 따라 전구체의 반응성이 증가한다.

[88] 상기 모세관 내부에 N_2 를 흐르게 하여 주입된 상기 반응 가스(공기 또는 O_2) 중 상기 모세관 내부의 증착 대상 표면상에 흡착되지 않은 반응 가스(공기 또는 O_2)를 상기 모세관 내부로부터 퍼징에 의해 제거한다.

[89] (2) 엑스선/감마선 투명 물질 증착

[90] 엑스선/감마선 투명 물질인 피증착 물질 Al_2O_3 의 전구체 가스 $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ 를 상기 모세관 내부에 주입하여 상기 모세관 내부의 증착 대상 표면상에 상기 전구체 가스($\text{Al}(\text{CH}_3)_3$)를 흡착시킨다.

[91] 상기 모세관 내부에 N_2 를 흐르게 하여 주입된 상기 전구체 가스($\text{Al}(\text{CH}_3)_3$) 중 상기 모세관 내부의 증착 대상 표면상에 흡착되지 않은 잔류 가스($\text{Al}(\text{CH}_3)_3$)를 상기 모세관 내부로부터 퍼징에 의해 제거한다.

[92] Al_2O_3 로 이루어진 엑스선/감마선 투명층이 프레넬 형식에 따른 소정의 두께가 될 때까지, 반응 가스 H_2O 를 상기 모세관 내부에 주입하여 상기 모세관 내부의 증착 대상 표면상에 상기 반응 가스(H_2O)를 흡착시킨다.

[93] 상기 모세관 내부에 N_2 를 흐르게 하여 주입된 상기 반응 가스(H_2O) 중 상기

모세관 내부의 증착 대상 표면상에 흡착되지 않은 반응 가스(H_2O)를 상기 모세관 내부로부터 제거한다.

[94] (3) 다층박막 구조 형성

[95] (1)과 (2) 절차를 교대로 필요한 사이클만큼 반복함으로써 모세관 기판 내부에 다층박막 구조를 형성한다.

[96] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면 다층박막 구조의 최외각층의 두께 조절이 원자층 단위로 가능해져 고종횡비(최외각층의 두께가 1 nm 이하이고 투과 깊이가 1 μm 이상)와 고해상도(20 nm 이하)를 가질 뿐만 아니라 원형의 횡단면 및 사다리꼴의 종단면을 갖는 이상적인 형태의 엑스선/감마선 집속 광학계를 제조할 수 있다.

청구범위

- [청구항 1] 엑스선/감마선 집속 광학계의 제조 방법으로서,
모세관 기관을 제공하는 단계; 및
상기 모세관 기관의 내부 표면상에 각각 엑스선/감마선 불투명 물질과 엑스선/감마선 투명 물질로 이루어진 복수의 교대 층을 프레넬 형식에 따라 원자층 증착에 의해 순차적으로 퇴적하는 단계;
를 포함하는 엑스선/감마선 광학계의 제조 방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 퇴적 단계에서, 상기 모세관 기관의 내부 표면에 인접한 최초 퇴적층이 최소 두께를 갖고, 상기 모세관 기관의 내부 표면으로부터 가장 멀리 떨어진 최종 퇴적층이 최대 두께를 갖도록 각 층의 두께가 제어되는 것을 특징으로 하는 엑스선/감마선 집속 광학계의 제조 방법.
- [청구항 3] 제1항에 있어서, 상기 원자층 증착은,
상기 엑스선/감마선 불투명 물질과 상기 엑스선/감마선 투명 물질 중에서 선택된 피증착 물질의 전구체 가스를 상기 모세관 내부에 주입하여 상기 모세관 내부의 증착 대상 표면상에 상기 전구체 가스를 흡착시키는 단계;
상기 모세관 내부에 주입된 상기 전구체 가스 중 상기 모세관 내부의 증착 대상 표면상에 흡착되지 않은 잔류 가스를 상기 모세관 내부로부터 제거하는 단계;
상기 전구체 가스와 반응하여 상기 피증착 물질에 이르게 하는 반응 가스를 상기 모세관 내부에 주입하여 상기 모세관 내부의 증착 대상 표면상에 상기 반응 가스를 흡착시키는 단계; 및
상기 모세관 내부에 주입된 상기 반응 가스 중 상기 모세관 내부의 증착 대상 표면상에 흡착되지 않은 반응 가스를 상기 모세관 내부로부터 제거하는 단계;
를 포함하는 엑스선/감마선 집속 광학계의 제조 방법.
- [청구항 4] 제3항에 있어서, 상기 엑스선/감마선 불투명 물질은 루테튬(Ru)이고, 상기 루테튬의 전구체 가스는 RuCp_2 , $\text{Ru}(\text{EtCp})_2$, $\text{Ru}(\text{od})_3$ 및 $\text{Ru}(\text{thd})_3$ 중에서 선택되고, 상기 RuCp_2 의 반응 가스는 공기 및 산소 중에서 선택되고, 상기 $\text{Ru}(\text{EtCp})_2$ 의 반응 가스는 산소 및 NH_3 플라즈마 중에서 선택되고, 상기 $\text{Ru}(\text{od})_3$ 의 반응 가스는 산소이고, 상기 $\text{Ru}(\text{thd})_3$ 의 반응 가스는 공기, 산소 및 수소 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 엑스선/감마선 집속 광학계의 제조 방법.
- [청구항 5] 제3항에 있어서, 상기 엑스선/감마선 불투명 물질은 백금(Pt)이고,

상기 Pt의 전구체 가스는 MeCpPtMe_3 및 $\text{Pt}(\text{acac})_2$ 중에서 선택되고, 상기 MeCpPtMe_3 의 반응 가스는 공기, 산소 및 수소 중에서 선택되고, 상기 $\text{Pt}(\text{acac})_2$ 의 반응 가스는 산소와 수소 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 엑스선/감마선 집속 광학계의 제조 방법.

[청구항 6] 제3항에 있어서, 상기 엑스선/감마선 불투명 물질은 이리듐(Ir)이고, 상기 Ir의 전구체 가스는 $\text{Ir}(\text{acac})_3$ 이고, 상기 $\text{Ir}(\text{acac})_3$ 의 반응 가스는 공기, 산소 및 수소 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 엑스선/감마선 집속 광학계의 제조 방법.

[청구항 7] 제3항에 있어서, 상기 엑스선/감마선 불투명 물질은 팔라듐(Pd)이고, 상기 Pd의 전구체 가스는 $\text{Pd}(\text{hfac})_2$, $\text{Pd}(\text{thd})_2$ 및 $\text{Pd}(\text{keim})_2$ 중에서 선택되고, 상기 $\text{Pd}(\text{hfac})_2$ 의 반응 가스는 수소 및 글리옥실산+Ar담체 중에서 선택되고, 상기 $\text{Pd}(\text{thd})_2$ 의 반응 가스는 수소 및 산소 중에서 선택되고, 상기 $\text{Pd}(\text{keim})_2$ 의 반응 가스는 산소인 것을 특징으로 하는 엑스선/감마선 집속 광학계의 제조 방법.

[청구항 8] 제3항에 있어서, 상기 엑스선/감마선 불투명 물질은 로듐(Rh)이고, 상기 Rh의 전구체 가스는 $\text{CpRh}(\text{CO})_2$ 및 $\text{Rh}(\text{acac})_3$ 중에서 선택되고, 상기 $\text{CpRh}(\text{CO})_2$ 의 반응 가스는 산소이고, 상기 $\text{Rh}(\text{acac})_3$ 의 반응 가스는 산소인 것을 특징으로 하는 엑스선/감마선 집속 광학계의 제조 방법.

[청구항 9] 제3항에 있어서, 상기 엑스선/감마선 투명 물질은 Al_2O_3 이고, 상기 Al_2O_3 의 전구체 가스는 $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ 이고, 상기 $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ 의 반응 가스는 H_2O 인 것을 특징으로 하는 엑스선/감마선 집속 광학계의 제조 방법.

[청구항 10] 제3항에 있어서, 상기 모세관 기관은 원형 또는 직사각형의 횡단면을 갖는 것을 특징으로 하는 엑스선/감마선 집속 광학계의 제조 방법.

[청구항 11] 제3항에 있어서, 상기 모세관 기관은 사다리꼴의 종단면을 갖는 것을 특징으로 하는 엑스선/감마선 집속 광학계의 제조 방법.

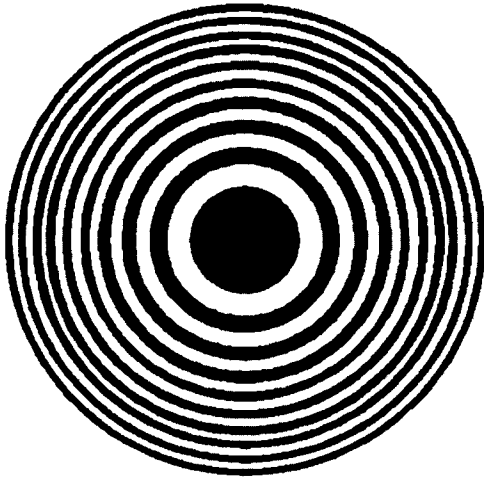
[청구항 12] 제3항에 있어서, 상기 모세관 기관의 내부 표면의 표면 거칠기는 1 nm 내지 10 nm 이하인 것을 특징으로 하는 엑스선/감마선 집속 광학계의 제조 방법.

[청구항 13] 제1항에 있어서, 상기 모세관 기관은 유리 또는 석영으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 엑스선/감마선 집속 광학계의 제조 방법.

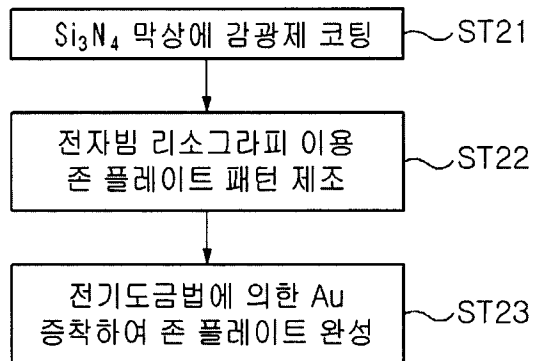
[청구항 14] 제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 엑스선/감마선 집속 광학계는 프레넬 존 플레이트 또는 다층박막 라우에 렌즈인

것을 특징으로 하는 엑스선/감마선 집속 광학계의 제조 방법.

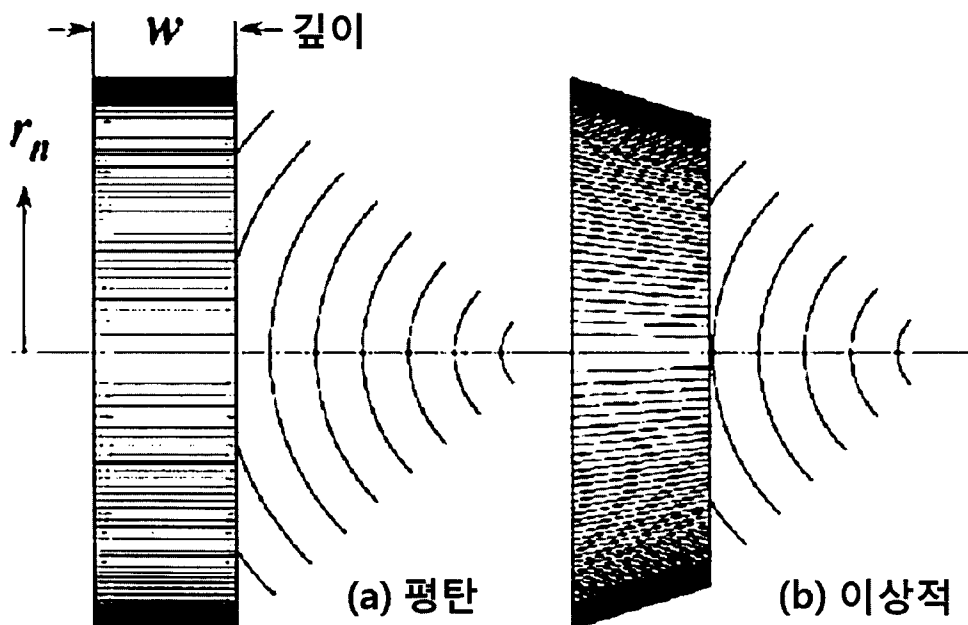
[Fig. 1]



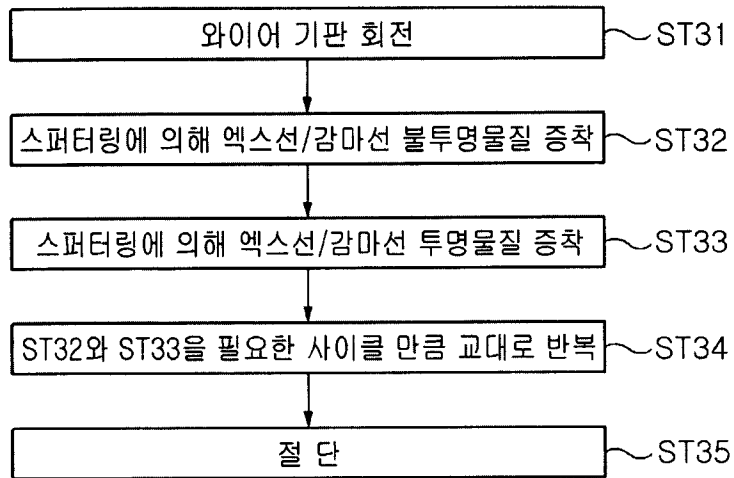
[Fig. 2]



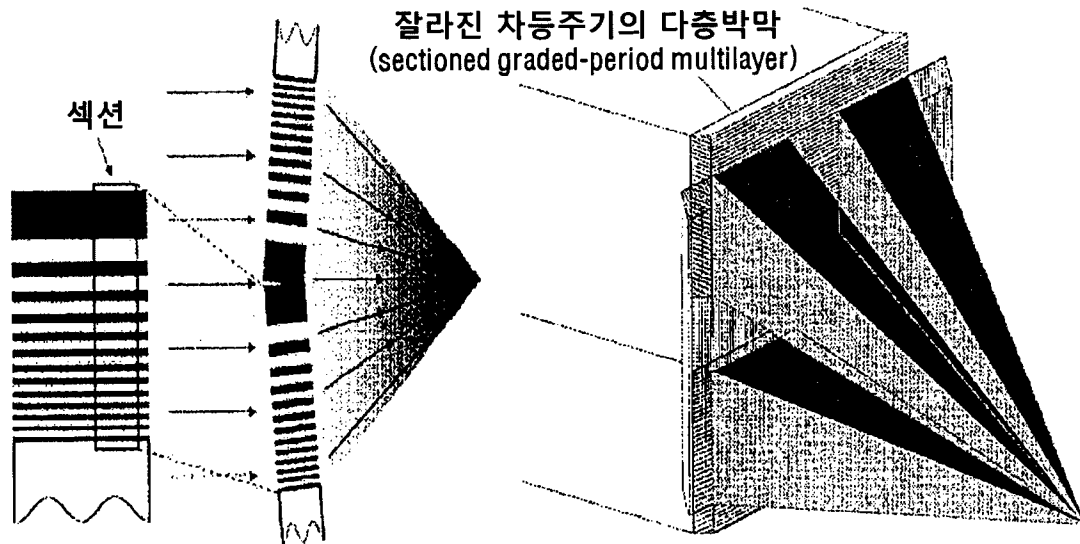
[Fig. 3]



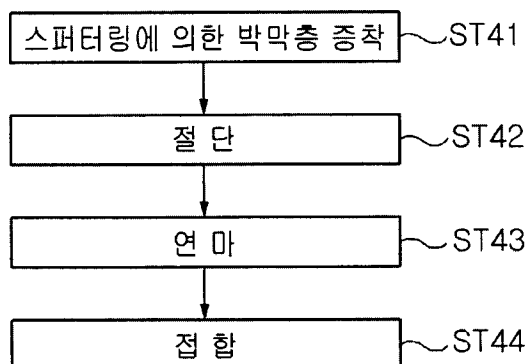
[Fig. 4]



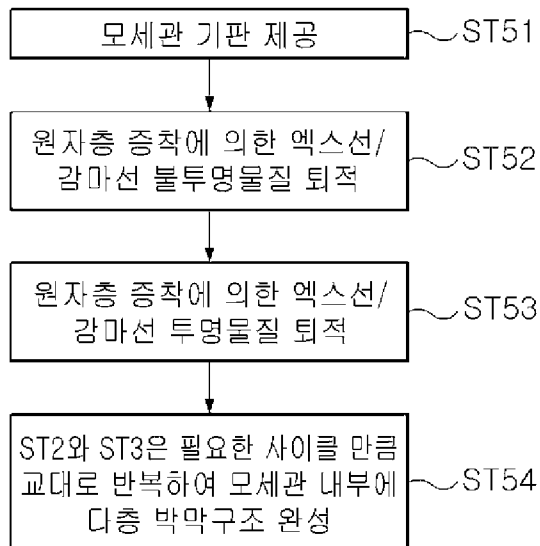
[Fig. 5]



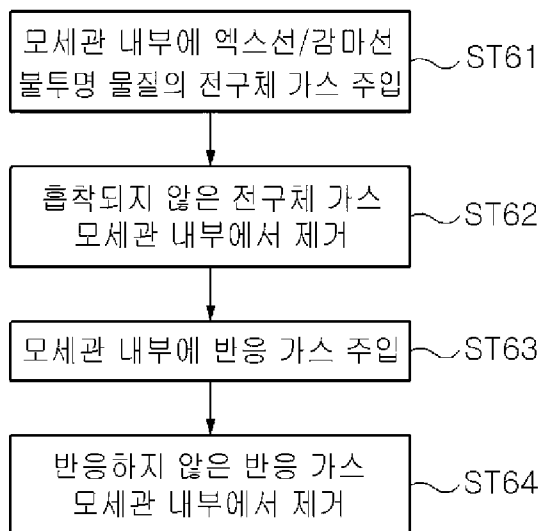
[Fig. 6]



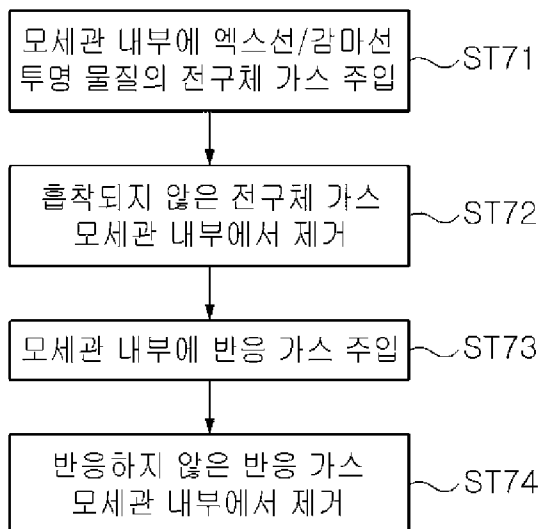
[Fig. 7]



[Fig. 8a]

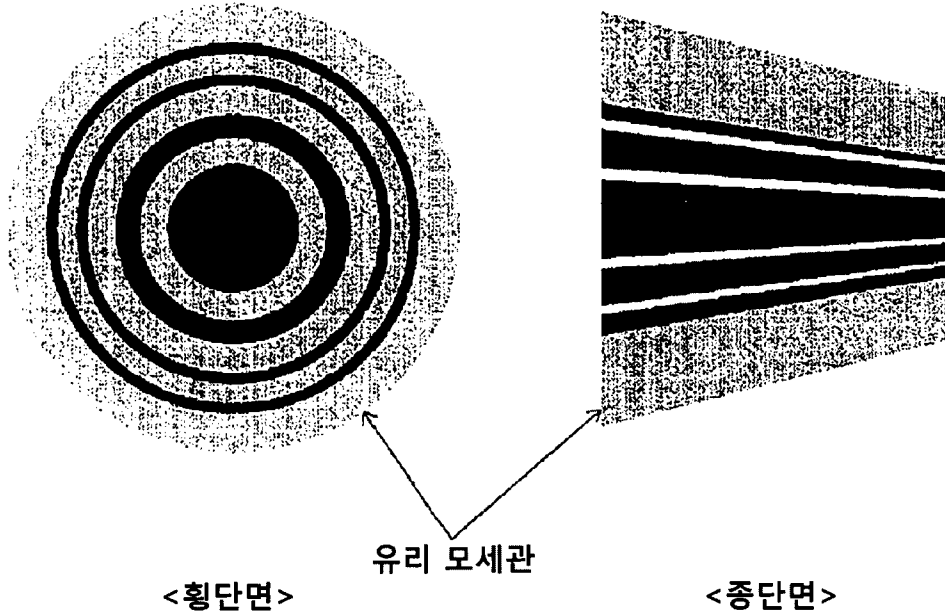


[Fig. 8b]



[Fig. 9]

젤리롤 존 플레이트



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2011/008143**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G21K 7/00(2006.01)i, C23C 16/44(2006.01)i, C23C 16/30(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)

G21K 7/00; G02B 5/18; G21K 1/06; G01N 23/02

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: X-ray, cluster, optics, deposition

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-350593 A (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL & TECHNOLOGY) 04 December 2002 See paragraphs [0002], [0005]-[0009] and figure 2	1-14
A	JP 07-120597 A (NIKON CORP) 12 May 1995 See paragraphs [0017] - [0021], claim 1 and figure 1	1-14
A	JP 07-084096 A (NIKON CORP) 31 March 1995 See paragraphs [0024] - [0032], claim 1 and figures 2,3	1-14



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

27 APRIL 2012 (27.04.2012)

Date of mailing of the international search report

30 APRIL 2012 (30.04.2012)

Name and mailing address of the ISA/KR



Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 139 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) G21K 7/00(2006.01)i, C23C 16/44(2006.01)i, C23C 16/30(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) G21K 7/00; G02B 5/18; G21K 1/06; G01N 23/02 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: 엑스선, 집속, 광학, 증착		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	JP 2002-350593 A (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL & TECHNOLOGY) 2002.12.04 단락 [0002], [0005]-[0009] 및 도면 2 참조	1-14
A	JP 07-120597 A (NIKON CORP) 1995.05.12 단락 [0017] - [0021], 청구항 1 및 도면 1 참조	1-14
A	JP 07-084096 A (NIKON CORP) 1995.03.31 단락 [0024] - [0032], 청구항 1 및 도면 2,3 참조	1-14
☐ 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 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신구성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2012년 04월 27일 (27.04.2012)	국제조사보고서 발송일 2012년 04월 30일 (30.04.2012)	
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (302-701) 대전광역시 서구 청사로 189, 정부대전청사 팩스 번호 82-42-472-7140	심사관 이용호 전화번호 82-42-481-8454 	

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2002-350593 A	2002.12.04	JP 3643866 B2	2005.04.27
JP 07-120597 A	1995.05.12	없음	
JP 07-084096 A	1995.03.31	없음	