

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구  
국제사무국

(43) 국제공개일  
2020년 8월 27일 (27.08.2020)



(10) 국제공개번호  
WO 2020/171564 A2

- (51) 국제특허분류:  
G01G 9/00 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2020/002346
- (22) 국제출원일: 2020년 2월 18일 (18.02.2020)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:  
10-2019-0020615 2019년 2월 21일 (21.02.2019) KR
- (71) 출원인: 한국원자력연구원 (KOREA ATOMIC ENERGY RESEARCH INSTITUTE) [KR/KR]; 34057 대전시 유성구 대덕대로989번길 111, Daejeon (KR).
- (72) 발명자: 김지석 (KIM, Ji Seok); 30130 세종시 나리로 38, 713동 1303호, Sejong (KR).
- (74) 대리인: 제일특허법인(유) (FIRSTLAW P.C.); 06775 서울시 서초구 마방로 60, 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

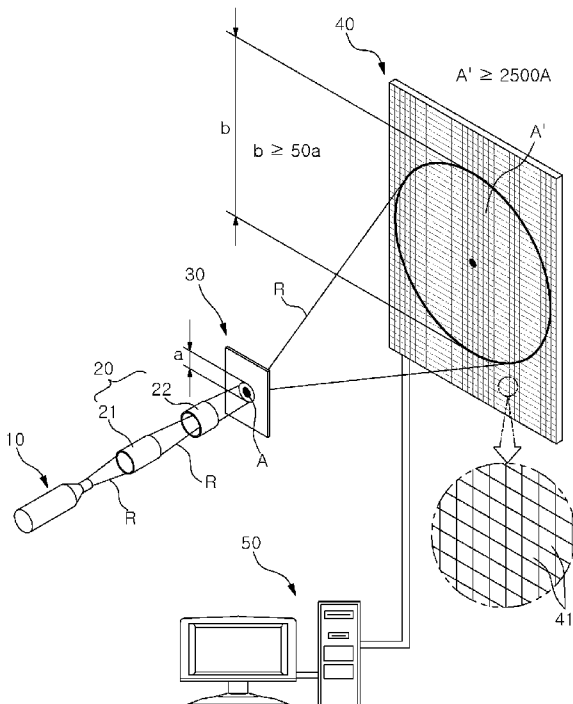
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

- 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도로 공개함 (규칙 48.2(g))

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR CONTACTLESS MEASUREMENT OF ABSOLUTE MASS OF MICROPARTICLES

(54) 발명의 명칭: 비접촉식 미소입자 절대 질량 측정 장치 및 측정 방법



(57) Abstract: A device for measuring the absolute mass of microparticles comprises: a radiation tube; a lens part for refracting a radiation emitted from the radiation tube to reduce or enlarge an image; a sample mounting part including a plate-shaped sample fixing substrate on which a sample is mounted and to which the radiation emitted from the lens part is incident; an image plate on which an image is formed by the radiation passed through the sample mounting part; and a mass calculation part which separates and extracts a sample image and a background image from the image formed on the image plate, converts the degree of blackening, caused by the sample, into density information through a comparison between the sample image and the background image, and then calculates mass information of the sample.

(57) 요약서: 미소입자 절대 질량 측정 장치는 방사선 튜브와; 상기 방사선 튜브에서 조사되는 방사선을 굴절하여 상을 축소 또는 확대시키는 렌즈부와; 상기 렌즈부로부터 조사된 방사선이 입사되는 시편이 탑재되는 판 형태의 시편 고정 기판을 포함하는 시편 탑재부와; 시편 탑재부를 통과한 방사선이 맺히는 영상 판; 및, 상기 영상 판에 맺힌 영상으로부터 시편 영상과 배경 영상을 분리 추출하고, 배경 영상과 시편 영상의 비교를 통해 시편으로 인하여 발생하는 흑화 정도를 밀도 정보로 환산한 다음 시편의 질량 정보를 연산 해 내는 질량 연산부를 포함한다.



WO 2020/171564 A2

## 명세서

### 발명의 명칭: 비접촉식 미소입자 절대 질량 측정 장치 및 측정 방법 기술분야

- [1] 본 발명은 미소입자의 절대 질량을 측정하는 방법 및 장치에 관한 것으로, 특히, 피 측정 물과 접촉하지 않고도 미소입자 절대 질량의 측정이 가능한 미소입자 절대 질량 측정 장치 및 방법에 관한 것이다.

### 배경기술

- [2] 현대사회에서는 전자기술의 발달로 전자제품에 사용되는 각종 소자 등의 부품이 점점 소형화되고 있다. 특히, 반도체 집적 기술의 발달로 인하여, 반도체 소자 자체와 그에 따른 부대 부품들의 크기가 미리그램 단위의 질량을 가질 정도로 소형화됨으로써, 이러한 부품들의 불량이나 품질검사를 위한 질량 측정 또한 밀리그램(milligram) 단위나 마이크로 그램(microgram) 단위의 질량 측정이 가능한 장비가 요청된다.
- [3] 그런데, 이러한 미소 질량 측정을 위하여 현재 사용되고 있는 장비들은 기본적으로 통상의 저울의 원리와 동일하여, 미세 입자의 중력을 이용한 측정 장비들이 대부분이며, 다만, 거시적인 물체의 질량 측정을 위한 저울보다 훨씬 민감한 센서 들이 미세 입자의 질량 측정에 이용된다.
- [4] 이 경우, 질량 측정은 질량 측정용 센서들의 상부에 미세 입자를 배치함으로써 이루어진다. 따라서, 밀리그램 단위 또는 그 이하의 질량 크기를 가지는 미세입자의 경우, 미세입자를 상기 센서 위에 놓는 위치나, 습도 및 온도 등의 주위 환경이나, 또는 주위의 먼지 등 부유물의 영향을 많이 받을 수밖에 없어 오차가 클 우려가 높으며, 오차를 줄이기 위해서는 질량 측정을 최대한 많은 횟수로 반복해야 하거나 또는 질량 측정에 고도의 숙련이 필요하다.
- [5] 일례로 공극에 의한 함량미달 또는 깨짐 등의 현상으로 인한 질량 변화로 불량이 발생되기 때문에, 정량 측정이 극히 중요한 알약 생산 공정의 경우 생산 공장 내에서 기압, 온도, 바람 등의 영향이 정밀하게 제어되긴 힘들고 환경 제어를 위해서는 매우 많은 비용이 소요된다. 또한, 환경 제어가 가능하더라도 측정을 위한 저울의 안정화에는 수초에서 수십 초의 시간이 소요되므로 신속한 검사가 요청되는 생산 공정에서는 현재의 접촉식 질량 저울이 사용되기에는 한계가 있다.
- [6] 또한, 최근 심각한 문제로 대두되는 미세 먼지와 관련하여, 미세 먼지의 질량을 측정하고자 하는 시도가 있으나, 미세 먼지의 질량 측정은 개개 입자의 질량 측정이 아니라, 일정 부피 내의 미세 입자의 전체 밀도를 측정하거나 또는 원심 분리기로 측정하는 기술이므로, 이를 하나의 미세 입자 질량을 측정하는 기술에는 적용하기에는 어려움이 있다.
- [7] 관련 종래 기술로서, 도 1에 도시된 일본국 공개특허공보

제P2000-321117A호(공개일자: 2000. 11. 24)에 개시된 질량 센서 및 질량 검출 방법을 들 수 있다.

- [8] 상기 종래기술은, 도 1에 도시된 바와 같이, 슬릿 5가 형성된 연결판 3과 진동판 2가 서로의 측면에서 접합되어 2매의 검출판 4A 및 4B가 진동판2와 연결판 3과의 접합 방향과 직교하는 방향에서 연결판 3을 협지하도록 연결판 3과 측면에서 접합되고, 적어도 한장의 검출판 4A 및 4B 중 적어도 한쪽의 평판면 상에 압전 소자 6A 및 6B가 배설되어서 이루어지는 공진부가 센서 기관 7의 측면의 일부에 접합해서 질량 센서 1이 구성되어, 진동판 2의 질량 변화에 따른 공진부의 공진 주파수의 변화로 미세 입자의 질량 측정이 이루어지는 기술이다.
- [9] 다만, 상기 종래기술은 앞서 설명대로 주위의 온도, 습도, 먼지의 영향을 많이 받을 수밖에 없어, 질량 측정에 정제된 환경이 필요하고, 고도의 숙련도와, 복수회에 걸친 측정이 필요한 문제가 있다.
- [10] 또한, 특히 기관에 부착된 미세 전극과 같이 이미 조립된 미세 소자의 경우 질량 측정을 위하여 미세 소자만을 분리시켜야 하는 까다로운 공정이 필요하게 되어 질량 측정 자체가 힘든 경우가 발생할 수 있다.
- [11] 또 다른 종래기술로서 일본국 공개특허공보 제P2002-257619A호(공개일자: 2002. 09. 11)에 개시된 물질의 미소 질량 변화를 측정하기 위한 방법 및 장치를 들 수 있다.
- [12] 상기 물질의 미소 질량 변화를 측정하기 위한 방법 및 장치는 압전 진동 소자에 대해서 그 공진 주파수에서 조금 늦춘 주파수의 교류의 전기신호를 입력 신호로 인가해서, 상기 입력 신호에 대응하는 전류 신호를 상기 소자에서 출력 신호로서 출력시킴과 동시에, 상기 소자의 표면에 대해서 물질의 미소 질량의 변화를 가중 변화로서 인가해, 가중 변화에 대응하는 전류 변화를 상기 소자에서 출력시켜 전압 변화로 변환시킴으로써, 특히, 고온, 고압 또는 무중력 상태에서 물질의 미소 질량 변화 측정이 가능한 것을 특징으로 한다.
- [13] 다만, 이 경우에도 앞서의 종래기술과 마찬가지로 압전 진동 소자에 피측정물이 접촉되어야 하므로, 측정 환경에 따라 결과 값의 변동 폭이 클 수 있고, 측정에 고도의 숙련이 요구되는 문제가 있다.
- [14] 따라서, 미소 질량을 가지는 물질의 질량 측정을 피측정물에 접촉시키지 않으면서도 측정이 가능하게 됨으로써, 극히 미세한 수준까지 정제시키는 노력이나 설비가 전혀 필요 없게 되어, 측정 설비 및 측정 자체의 비용과 노력이 비약적으로 절감되고, 고도의 숙련도를 요하지 않아 누구나 측정이 가능하며, 측정 위치, 예를 들어, 측정위치의 해발 고도나 주위 환경의 영향을 받지 않아 환경에 따른 오차가 없어 복수회의 측정이 필요 없고, 피측정물이 다른 부품에 부착된 상태에서도 피측정물의 분리 없이 피측정물의 질량 측정이 가능한 비접촉식 미소 질량 측정 방법이 절실히 요청된다.
- [15] (특허문헌)
- [16] 일본국 공개특허공보 제P2000-321117A호(공개일자: 2000. 11. 24)

[17] 일본국 공개특허공보 제P2002-257619A호(공개일자: 2002. 09. 11)

**발명의 상세한 설명**

**기술적 과제**

[18] 이에 본 발명은 종래기술의 문제점을 개선하기 위한 것으로써, 미소 질량을 가지는 물질의 질량 측정을 피측정물에 접촉시키지 않으면서도 측정이 가능하게 됨으로써, 극히 미세한 수준까지 정제시키는 노력이나 설비가 전혀 필요 없게 되어, 측정 설비 및 측정 자체의 비용과 노력이 비약적으로 절감되고, 고도의 숙련도를 요하지 않아 누구나 측정이 가능하며, 측정 위치, 예를 들어, 측정위치의 해발 고도나 주위 환경의 영향을 받지 않아 환경에 따른 오차가 없어 복수 회의 측정이 필요 없고, 피측정물이 다른 부품에 부착된 상태에서도 피측정물의 분리 없이 피측정물의 질량 측정이 가능한 미소입자 절대 질량 측정 장치 및 측정 방법을 제공하고자 한다.

**과제 해결 수단**

[19] 본 발명의 일 태양에 따른 절대 질량 측정 장치는, 방사선을 내부에서 생성시켜 외부로 조사하는 방사선 튜브와;상기 방사선 튜브에서 조사되는 방사선을 굴절하여 상을 축소 또는 확대시키는 렌즈부와;상기 렌즈부로부터 조사된 방사선이 입사되는 시편이 탑재되는 판 형태의 시편 고정 기판을 포함하는 시편 탑재부와; 시편 탑재부를 통과한 방사선이 맺히는 영상 판; 및, 상기 영상 판에 맺힌 영상으로부터 시편 영상과 배경 영상을 분리 추출하고, 배경 영상과 시편 영상의 비교를 통해 시편으로 인하여 발생하는 흑화 정도를 밀도 정보로 환산한 다음 시편의 질량 정보를 연산 해 내는 질량 연산부를 포함하고, 상기 시편 고정 기판은 전 면적과 두께에 걸쳐 균일한 물질로 이루어지고, 상기 시편 탑재부에는 시편 고정 기판을 방사선의 조사 방향과 수직을 이루는 선을 회전축으로 하여 회전시키는 모터가 설치됨으로써, 시편 고정 기판에 시편이 탑재되는 방향이나 위치가 변동되더라도 동일 시편에 대해 질량 연산부에서 동일한 질량 정보가 산출된다.

[20] 또한, 상기 영상 판에 맺히는 시편 영상은 시편의 실물 크기보다 큰 확대 영상으로서, 상기 시편 탑재부와 영상 판 간의 최소 거리는 확대 영상이 시편 영상을 확대 시키는 확대 배율이 50배가 되는 지점일 수 있다.

[21] 또한, 상기 영상 판은 동일한 면적을 가지는 복수개의 픽셀로 분할되며, 상기 질량 연산부는 영상 판에 맺힌 시편 영상에 포함되는 픽셀 수를 산출함으로써, 시편 영상의 면적을 산출할 수 있다.

[22] 또한, 상기 질량 연산부는 상기 방사선 튜브로부터 조사되어 상기 시편으로 입사되는 광자수와, 상기 시편으로 입사되는 광자수와 상기 시편을 통과하는 광자수와와의 차이인 감쇄된 광자수 값을 취득한 후, 하기 식

[23] 
$$In \frac{\text{감쇄된 광자수}}{\text{입사한 광자수}} \div (-\text{질량감쇄계수}(g^{-1} \cdot cm^2)) = \text{실제면밀도}(g \cdot cm^{-2})$$

- [24] 및,
- [25] 실제면밀도( $g \cdot cm^{-2}$ ) $\times$ 실제면적( $cm^2$ )=실제질량( $g$ )
- [26] 으로부터, 상기 시편의 실제질량 값을 얻을 수 있다.
- [27] 또한, 상기 시편 고정 기관은 두 개의 판이 면접하여 겹쳐지면서 이루어지고, 상기 시편은 2 개의 상기 판 사이에 삽입되어 고정될 수 있다.
- [28] 또한, 2 개의 상기 판은 일 측에 힌지로 연결되어 힌지를 중심으로 두 개의 상기 판이 회전되어 두 개의 상기 판 사이가 개방 가능할 수 있다.
- [29] 또한, 두 개의 상기 판에는 타측에 상기 힌지와 동일한 무게의 균형추가 설치되며, 상기 균형추는 2 개의 부분으로 이루어지고, 2 개의 부분 각각은 2 개의 상기 판에 하나씩 고정 설치될 수 있다.
- [30] 또한, 상기 균형추에는 두 개의 상기 판이 접촉 상태로 고정되도록 잠금 핀이 설치될 수 있다.
- [31] 또한, 상기 힌지와 상기 균형추가 나란하게 배치되는 방향은 상기 모터가 상기 시편 고정 기관을 회전시키기 위해 설치되는 상기 회전축의 길이 방향과 직각을 이룰 수 있다.
- [32] 또한, 상기 회전축은 상기 시편 고정 기관을 이루는 두 개의 상기 판에 동시에 탈착 가능하게 결합됨으로써, 상기 시편 고정 기관이 회전되면서 편심 되는 현상이 방지될 수 있다.
- [33] 또한, 상기 회전축과 상기 시편 고정 기관 사이에는 상기 회전축을 상기 시편 고정 기관에 연결시키는 결합플러그가 설치되고, 상기 시편 고정 기관의 측면 또는 상기 결합플러그 중 어느 하나에는 나머지 하나를 향하여 결합 핀이 돌출되고, 상기 시편 고정 기관 또는 상기 결합플러그 중 나머지 하나에는 상기 결합 핀이 삽입되는 핀 홀이 형성되며, 상기 시편 고정 기관의 측면에 형성되는 상기 결합 핀 또는 상기 핀 홀은 2 개의 상기 판의 측면에 각각 동일하게 형성되고, 상기 결합플러그에는 상기 시편 고정 기관의 측면에 대응되게 결합되는 상기 핀 홀 또는 상기 결합 핀이 형성될 수 있다.
- [34] 본 발명의 다른 태양에 따른 미소입자 절대 질량 측정 방법은, 방사선 튜브와 전자 렌즈 및 상기 방사선 튜브로부터 조사되는 방사선이 상을 맺을 수 있는 영상 판을 준비하고, 질량을 측정하고자 하는 피 측정물인 시편을 균일한 물질로 이루어지는 시편 탑재부의 시편 고정 기관에 안착시키는 단계와; 상기 방사선 튜브로부터 방사선을 조사하여 상기 영상 판에 시편 영상을 맺히게 하는 단계; 및, 상기 영상 판에 맺힌 상기 시편 영상으로부터 시편 부분과 배경 부분을 분리 추출하고, 상기 배경 부분과 상기 시편 부분의 비교를 통해 상기 시편으로 인하여 상기 방사선이 차단되면서 발생하는 흑화 정도를 밀도 정보로 환산한 다음 상기 시편의 질량 정보를 연산하는 단계를 포함하고, 상기 시편 영상의 크기는 상기 시편 보다 적어도 50배 이상 크기로 형성되도록 상기 전자 렌즈의 배율 및 상기 시편과 상기 영상 판 간의 거리를 조정하고, 상기 상을 맺히게 하는

단계에서는 방사선을 조사할 때 상기 시편 고정 기관을 회전시킴으로써, 상기 시편이 상기 시편 고정 기관에 탑재되는 방향에 관계없이 동일한 질량 정보를 얻을 수 있다.

[35] 또한, 상기 안착시키는 단계에서는 상기 영상 판과 상기 시편 탑재부의 최소 거리를 확대 배율이 50배가 되는 지점이 되게 배치할 수 있다.

[36] 또한, 상기 영상 판은 동일한 면적을 가지는 복수개의 픽셀로 분할하며, 질량 연산부는 상기 영상 판에 맺힌 상기 시편 영상에 포함되는 픽셀 수를 산출함으로써, 상기 시편 영상의 면적을 산출할 수 있다.

[37] 또한, 상기 시편의 질량 정보를 연산하는 단계는 X선 튜브로부터 조사되어 상기 시편으로 입사되는 광자수와, 상기 시편으로 입사되는 광자수와 상기 시편을 통과하는 광자수와의 차이인 감쇄된 광자수 값을 취득한 후,

[38] 
$$\ln \frac{\text{감쇄된 광자수}}{\text{입사한 광자수}} \div (-\text{질량감쇄계수}(g^{-1} \cdot cm^2)) = \text{실제면밀도}(g \cdot cm^{-2})$$

[39] 및,

[40] 
$$\text{실제면밀도}(g \cdot cm^{-2}) \times \text{실제면적}(cm^2) = \text{실제질량}(g)$$

[41] 으로부터 상기 시편의 실제질량 값을 얻을 수 있다.

[42] 또한, 상기 시편 고정 기관을 두 개의 판이 겹쳐진 형태가 되게 제작하되, 두 개의 상기 판을 힌지로 연결시켜 상기 시편의 안착과 제거가 간편하게 이루어짐과 동시에 상기 시편이 안정적으로 안착될 수 있다.

[43] 또한, 상기 시편 고정 기관을 모터와 연결시킴에 있어서, 상기 시편 고정 기관을 회전시키는 모터의 회전축이 상기 두 개의 상기 판에 동시에 결합될 수 있다.

[44] 또한, 상기 안착시키는 단계에서는 상기 시편 고정 기관에서, 상기 힌지와 반대 방향에 힌지의 무게를 상쇄시켜 주는 균형추를 설치할 수 있다.

**발명의 효과**

[45] 본 발명에 따른 미소입자 절대 질량 측정 장치 및 측정 방법은 미소 질량을 가지는 물질의 질량 측정을 피측정물에 접촉시키지 않으면서도 측정이 가능하게 됨으로써, 극히 미세한 수준까지 정제시키는 노력이나 설비가 전혀 필요 없게 되어, 측정 설비 및 측정 자체의 비용과 노력이 비약적으로 절감되고, 고도의 숙련도를 요하지 않아 누구나 측정이 가능하며, 주위 환경의 영향을 받지 않아 환경에 따른 오차가 없어 복수회의 측정이 필요 없고, 피측정물이 다른 부품에 부착된 상태에서도 피측정물의 분리 없이 피측정물의 질량 측정이 가능하며, 또한 피 측정물의 형태가 불균일하여 동일한 피 측정물이더라도 피 측정물의 배치 방향에 따라 영상 판에 맺히는 시편 영상 크기에 차이가 생기는 것을 보정하여 피 측정물의 배치에 상관없이 동일한 질량이 산출되는 효과가 있다.

**도면의 간단한 설명**

[46] 도 1은 종래기술을 나타내는 개념도이다.

- [47] 도 2는 본 발명에 따른 질량 측정 장치의 개념도이다.
- [48] 도 3은 배율에 따른 영상의 정확도를 비교한 사진이다.
- [49] 도 4는 배율에 따른 영상의 크기를 비교한 사진이다.
- [50] 도 5는 피 측정물의 경계값 설정 과정을 나타내는 사진이다.
- [51] 도 6은 은박 시편(A)의 질량과, 디지털 저울로 측정된 시편(A)의 질량을 비교한 그래프이다.
- [52] 도 7은 프린팅 된 Ag 전극 무게를 본 발명에 따라 측정된 결과와, 디지털 저울로 측정된 결과를 비교한 그래프이다.
- [53] 도 8은 박막 전극 질량을 본 발명에 따라 측정된 결과와, 디지털 저울로 측정된 결과를 비교한 그래프이다.
- [54] 도 9는 시편(A)의 배치 방향에 따른 영상 크기 차이(D)를 나타낸 개념도이다.
- [55] 도 10은 도 9를 나타낸 사진이다.
- [56] 도 11은 도 2에서 시편 탑재부(30)의 추가 실시예를 나타낸 사시도이다.
- [57] 도 12는 실제 시편(A)을 판 형태로 변형시킨 가상의 시편(P)으로 변환시키는 개념도이다.
- [58] 도 13a와 도 13b는 판 형태로 변형시킨 가상의 시편(P) 형성에 대한 개념도이다.

#### 발명의 실시를 위한 형태

- [59] 본 발명의 실시예에서 제시되는 특정한 구조 내지 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예를 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있다. 또한 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 아니 되며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경물, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [60] 이하에서는, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 대해 상세히 설명한다. 참고로 이하에서는 질량을 측정하고자 하는 피 측정 입자를 '시편(A)'이라 칭하기로 한다.
- [61] 본 발명에 따른 비접촉식 미소입자 절대 질량 측정 장치는, 도 2에 도시된 바와 같이, 차례로 배치되는 방사선 튜브(10), 렌즈부(20), 시편 탑재부(30), 영상 판(40) 및, 영상 판(40)으로부터 영상 신호를 받을 수 있게 연결되는 질량 연산부(50)로 구성된다.
- [62] 방사선 튜브(10)는 방사선(R)을 생성시켜 시편(A) 방향으로 조사시키는 기구이다. 방사선(R)은 넓은 의미로는 가시광선, 적외선, 자외선 등을 모두 포함하지만, 본 발명에서는 질량의 측정이 방사선(R)의 감쇄량으로 이루어지기 때문에 시편(A)에 입사되는 방사선(R)의 일정량이 사물을 투과할 수 있는 정도의 강도를 가져야 한다. 따라서 본 발명에서의 방사선(R)은 전리 방사선(R) 중에서도 엑스선 또는 감마선으로 한정된다.
- [63] 방사선 튜브(10)에서 방사선(R)이 조사되는 기본적인 원리는 필라멘트와

금속판을 각각 음극과 양극으로 하여 수십 kV의 전압을 인가시킴으로써 발생된다. 방사선 튜브(10) 기술은 종래기술이므로 더 이상의 자세한 설명은 생략하기로 한다.

- [64] 다만, 방사선(R)은 X선일 경우에는 대략 60 내지 100 keV 정도가 사용되는 것이 유효한 질량 측정을 위해 바람직하다.
- [65] 렌즈부(20)는 하나 이상의 다양한 렌즈로 구성될 수 있다. 도 2에서는 하나의 집진렌즈와 하나의 확대 렌즈로 구성되는 것으로 도시되어 있으며, 여기서는 편의상 집진렌즈를 제1전자렌즈(21)라 하고 확대 렌즈는 제2전자렌즈(22)라 칭하기로 한다. 다만, 제1 및 제2전자렌즈(22)를 거친 방사선(R)은 시편(A)을 통과하면서 후술하게 될 영상 판(40)까지 도달될 때 영상 판(40)에 맺히는 시편 영상(A')이 실제 시편(A)에 비해 확대 배율이 최소한 50배가 될 수 있도록 구성될 수 있으면 반드시 도 2에 도시된 제1 및 제2전자렌즈(22)의 구성으로 한정되진 않는다. 특히, 이 경우 중요한 것은 영상 판(40)과 시편(A) 간의 거리 또한 영상 판(40)에 맺히는 시편 영상(A')이 실제 시편(A)에 비해 최소한 50배가 될 수 있는 거리 조건을 충족시키도록 설정된다는 점이다.
- [66] 도 2에 도시된 바와 같이, 최소 50배의 배율로 시편 영상(A')이 형성되어야 하며, 도 2에서는 배율이 시편 직경(a)과 시편 영상 직경(b)의 비교로 표현되어 있다. 이 경우, 면적의 면에서는 시편 영상(A')의 면적이 시편(A)의 정면 면적의 최소 2500배가 된다. 이에 대해서는 자세하게 후술하기로 한다.
- [67] 도 3을 살펴보면, 하나의 기관 위에 수십 개의 사각형 시편(A)이 부착되어 있다. 이때, 도 3 하부의 왼쪽 사진은 낮은 배율로 방사선(R)이 조사된 경우의 시편 영상(A')이고 도 3의 하부의 오른쪽 사진은 높은 배율로 방사선(R)이 조사된 경우의 시편 영상(A') 사진이다.
- [68] 도 3에서 알 수 있듯이, 미소 입자에 방사선(R)을 조사시킬 경우 배율에 따라 심지어 시편 영상(A')의 전체 크기가 달라질 정도로 해상도의 차가 극심함을 알 수 있다.
- [69] 보다 구체적으로 배율에 따른 해상도 차로 인하여 질량 측정의 오차가 어느 정도로 발생하는지가 도 4의 사진을 참고하여 설명될 수 있다.
- [70] 일단 도 4에 대한 설명을 기술하기 전에 먼저 방사선 투과율로 질량 측정이 이루어지는 원리에 대해 설명하기로 한다.
- [71] 시편(A)에 입사되는 방사선(R) 중 시편(A)을 통과하지 못하고 차단되는 방사선(R)의 양은 시편(A)의 원자량 및 시편(A)의 두께에 비례한다. 이때, 영상 판(40)에 맺히는 시편 영상(A')이 배경에 비해 보다 짙은 색을 띠는 이유가 바로 방사선(R)이 시편(A)으로 인하여 차단되기 때문이다. 이때, 시편 영상(A')이 짙은 색을 띠는 정도를 '흑화도'라고 칭하기로 한다. 이를 이용하면 다음의 <식1>로부터 <식2> 및 <식3>을 도출함으로써 시편(A)의 질량이 도출될 수 있다.
- [72]
- [73] <식1>

[74] 
$$I = I_0 \times e^{-\frac{\mu}{\rho}(g^{-1} \cdot cm^2) \times \rho_e(g \cdot cm^{-3}) \times t_e(cm)}$$

[75] 감쇄된 광자수 = 입사한 광자수  $\times e^{-\text{질량감쇄계수}(g^{-1} \cdot cm^2) \times \text{실제밀도}(g \cdot cm^{-3}) \times \text{실제두께}(cm)}$

[76] <식2>

[77] 
$$\ln \frac{\text{감쇄된 광자수}}{\text{입사한 광자수}} \div (-\text{질량감쇄계수}(g^{-1} \cdot cm^2)) = \text{실제면밀도}(g \cdot cm^{-2})$$

[78] <식3>

[79] 
$$\text{실제면밀도}(g \cdot cm^{-2}) \times \text{실제면적}(cm^2) = \text{실제질량}(g)$$

[80] 흑화도의 관측은 기본적으로는 비파괴 조사의 원리와 동일하다. 종래에는 일정한 원자량을 가지는 물질에 방사선(R)을 조사시킬 경우 그 물질로 인해 방사선(R)이 일부 차단되어 감쇄되는 원리를 이용함으로써, 일정한 두께를 가지는 2차원적인 면 구조를 가지는 제품의 일관 생산 공정에서 생산중인 제품을 실시간으로 촬영하면서 상대적인 감쇄도 차이를 체크하여 공정 불량을 판별하기 위한 목적으로 방사선 조사가 이용되었다.

[81] 이에 반해, 방사선(R) 감쇠로 인한 흑화도를 이용하면 물질의 절대 질량을 측정할 수 있다는 점에 착안하였으며, 특히, 흑화도를 이용한 질량 측정은 극히 미세하여 질량 측정이 종래 기술로는 굉장히 까다롭거나 거의 불가능한 물질의 경우에도 중력을 이용하기 위해 물질을 쟁반 등에 접촉시키지 않고도 가능하다. 그러나 극히 미세하여 통상의 저울로 질량 측정이 불가능한 물질에 흑화도를 이용한 질량 측정 기술을 적용시킨 사례는 현재로서는 찾아볼 수 없다.

[82] 한편, 흑화도를 이용하여 질량을 측정하고자 할 경우 두 가지 해결되어야 하는 기술적 난점이 있다. 첫째는, 극히 미세한 물질이므로 통상의 배율로는 의미있는 수준의 정확도까지 질량이 측정되기 힘들다는 점이고, 둘째는, 미세한 물질이라도 두께 방향으로 굴곡이 있거나 모양이 균일하지 않을 수 있으므로 물질의 배치에 따라 흑화도에 따른 환산질량에 차이가 발생된다는 점이다.

[83] 위 두 가지 기술적 난점 중 첫째 문제와 관련해서는 이하에서 설명될 측정 실시예를 통해 해결방안을 제시하기로 한다.

[84] 이제 상기 식1, 식2, 식3을 이용하여 도 4의 사진에 표현된 측정 실시예를 설명한다.

[85] 도 4의 실시예에서는 시편(A)은 10 mg 이하의 미세한 질량을 가지며, 소재가 금이라는 것만 알려지고 밀도나 모양 및 부피에 관한 정보를 전혀 모르는 입자이다. 만일 시편(A)의 부피를 알 수 있고 시편(A)이 공극 없이 균일한 밀도를 가진 금이라면, 금의 밀도 자체는 알려져 있으므로 별도의 측정 없이 바로 질량을 구할 수 있을 것이다.

[86] 도 4에서의 금 시편(A)은 균일한 물질로 이루어진 판에 프린팅 기법으로 부착시킨 것이다. 도 4의 실시예에서 방사선(R)으로는 gamma ray를 선택하였고, gamma ray는 30 keV의 gamma를 방출하는 Nb-93m이고 10<sup>10</sup>Bq를 선택하였다.

(계산상 1Bq당 1 gamma를 방출하는 것으로 가정한다.)

[87] 또한, 국립표준기술연구소(NIST, National Institute of Standards and Technology)에서 30 keV의 감마선을 금에 조사할 때 갖는 질량감쇄계수값 0.3744 cm<sup>2</sup>/g을 찾을 수 있다.

[88] 이때, 아래의 식 4를 참조하면,

[89] <식 4>

[90] 
$$I_0 = \frac{10^{10} \gamma s}{4\pi(1cm)^2} \times \text{금시료의면적}(A)$$

[91] 이므로

[92] I<sub>0</sub>는 초당 7.96 X 10<sup>8</sup> gammas X A 이고 영상 판(40)까지 금 시료 또는 공기 같은 매질이 없을 경우 같은 개수의 gamma가 도달한다. 참고로, 감마선이 지나가는 공간에는 공기는 없는 것으로 계산하였다.

[93] 영상 판(40)에 계측되는 감마선은 감마선을 신호로 변환할 확률을 영상 판(40)의 효율이라고 정의할 때 감마선 영상 판(40)의 효율을 1%로 가정하고 픽셀(41) 당 1 mm X 1 mm 크기를 가정하면 영상 판(40) 픽셀(41) 하나에 계측되는 광자 수는 상기 식 4로부터 다음과 같이 계산된다.

[94] 
$$\frac{10^{10} \gamma s}{4\pi(50cm)^2} \times \text{효율}(0.01) \times 0.01 \left( \frac{1cm^2}{100mm^2} \right) = 31.8 \gamma s$$

[95] 여기서 샘플 영역의 픽셀(41) 개수를 세고, 샘플 영역의 픽셀(41) 개수 X 1 mm<sup>2</sup> / 2500으로 계산하여 샘플 영상의 면적을 계산한다. 그리고, 광자 수가 초당 31.8개 들어올 때 표현되는 영상의 흑화도로 가정하고, 광자 수에 비례하여 0 ~ 255까지 표현된다고 볼 경우 배경 영역의 평균 grey value는 200이며, 샘플 영역의 평균 grey value는 100이다. 이 경우 초당 감쇄되는 양 x는 아래 비례식으로부터 15.9로 계산된다.

[96] 
$$31.8 : x = \frac{200}{255} : \frac{100}{255} \quad x = 15.9$$

[97] 이 결과를 상기 식 2에 대입하여 면밀도를 구하면, 0.2595 값을 구할 수 있다. 구해진 면밀도 값을 식 3에 대입하면 단위 픽셀당 질량은 아래와 같다.

[98] 
$$0.2595 \times A(1 \text{ mm}^2 \times 1000 / \text{배율} = 10 \text{ cm}^2 / \text{배율}(2500)) = 1.038 \times 10^{-4} \text{ g}$$

[99] 여기서, 샘플 시편(A)의 영상에서 측정된 픽셀의 수는 4,994개이며, 이를 상기 단위픽셀당 질량에 곱하면, 샘플 시편(A)의 실제 질량은 51.84 mg이 된다.

[100] 샘플 시편(A)의 실제 질량은 60.6 mg인데 계산으로는 51.84 mg이 된다.

[101] 이와 같이, 샘플 시편(A)의 실제 측정 질량과 흑화도로부터 계산된 질량 간의 차이가 발생하는 이유는 샘플 시편(A)의 형태에 대한 영상 정보의 해상도가 떨어지기 때문이다.

[102] 따라서, 이와 같은 오차를 극소화시키기 위해서는 최소한 50배 이상의 배율로 시편(A) 샘플의 영상을 획득해야 한다. 이와 관련하여 배율이 높아질수록 질량

오차가 얼마나 좁아지는지에 대한 결과가 아래의 표와 도 4의 사진에 나타나 있다.

[103] [표1]

	배율	질량 추정 값
1	50.000	60.602
2	6.900	64.11483058
3	3.700	62.24315643
4	2.530	63.45449395
5	1.923	63.27824239
6	1.550	64.47896087
7	1.300	51.84388244

[104] 도 4의 사진을 참조하면, 가장 하부의 오른쪽 사진이 50배의 배율로 획득한 시편 영상(A')이다. 결론적으로, 상기 표를 볼 때 50배 배율의 영상을 이용한 질량 평가의 경우에는 1.3배 배율의 영상을 이용한 질량 평가와 비교할 때 정확도가 14%의 차이가 남을 알 수 있다.

[105] 고배율 영상을 이용한 질량 추정이 더 정확한 이유는 시편 영상(A')에서 면적 측정의 정확성 및 투과 데이터가 더 많기 때문이다.

[106] 그리고, 도면에 도시되어 있지 않지만, 본 발명에 따른 질량 측정 장치는 내부를 진공으로 유지시킬 경우 보다 많은 광자가 대상 시편(A)에 도달될 수 있으므로 더욱 안정적이고 정확한 데이터를 얻을 수 있다. 따라서, 본 발명에 따른 질량 측정 장치에는 내부를 진공으로 유지시키는 소형 진공 펌프가 설치될 수 있다.

[107] 도 6은 은박 시편(A)의 무게 추정 결과를 보여준다. 은박 시편(A)은 편칭기로 제작하였기 때문에 일정한 패턴 없이 약 2mg의 편차를 가지는 것으로 측정되었고 사각형으로 표시하였다. 방사선(R)을 이용한 무게 평가결과는 원으로 표시하였고 디지털 저울을 이용한 비교 질량 값의 편차를 잘 반영한 것을 볼 수 있다. 최대 상대 오차는 3.82%, 평균 상대 오차는 1.81%로 분석 되었다.

[108] 은박 시편(A) 실험의 특징은 무게를 잴 때 은박 시편(A)이 고정된 기판에서 분리하는 과정이 없어 기판과 시편(A)의 분리과정에서 발생할 수 있는 오차가 없다는 장점이 있으나, 모양이 각기 다른 오차요인이 있다. 모양이 각기 다를 경우 엑스선 투과력에 따라 큰 오차 요인이 될 수 있지만, 본 연구에 사용된 엑스선은 최대 70 keV로 투과력이 충분히 좋다고 판단되어 모양 변수를 고려하지 않았다.

[109] 다만, 모양 변수는 경우에 따라 큰 오차를 불러올 수 있으므로 모양 변수를 극복하고 정확한 질량 추정이 가능한 구성 및 방법에 대해 뒤에서 후술하기로 한다.

- [110] 도 7은 은박 시편(A)과 비슷한 크기로 기판에 프린팅 된 Ag 전극의 무게 평가 결과이다. 은박 시편(A)의 결과와 마찬가지로 각기 다른 Ag 전극 간의 무게 편차가 잘 반영되어있다. 최대 상대 오차는 4.07%, 평균 상대 오차는 1.99%로 분석되었다.
- [111] 프린팅 된 Ag 전극의 무게 편차가 규칙적으로 발생하는 이유는 제트 디스펜서를 이용해 5 X 5 배열로 Ag 전극(P)을 프린팅을 할 때 가해진 압력이 해소 되지 않은 채로 추가적인 압력이 가해지기 때문인 것으로 추측된다. 그에 따라 같은 행의 Ag 전극들은 도포량이 점차 많아졌고 열이 바뀔 때 압력이 해소되어 초기 도포량으로 환원된 것을 볼 수 있다. 참고로, 프린팅에 사용된 장비는 제트 디스펜서(미도시)이다. 제트 디스펜서로 제작되는 피 측정물인 Ag 전극 시편(A)의 두께는 50 내지 250 마이크로미터로서, 1mm<sup>2</sup>의 면적 당 0.01 내지 10 mg 수준이다.
- [112] 도 8은 반도체 소자로서 활용되는 박막 전극 분석 결과이다. 3 mg 수준 전극의 최대 상대 오차는 3.05%, 평균 상대 오차는 1.70%로 분석 되었다. 1 mg 수준 전극의 최대 상대 오차는 6.57%, 평균 상대 오차는 2.51%로 분석 되었다. 수 mg 수준의 질량 검사에서는 유효한 평가가 가능함을 확인하였으나, 1 mg 수준의 작은 무게 검사 시 오차는 유의하게 커지는 것으로 판단 할 수 있었다. 작은 전극의 질량 평가 시 오차 요소로 가장 의심되는 것은 저울로 레퍼런스 무게 켈 때의 인적오류이다. 따라서, 참조 질량인 측정 질량이 정확한 준거점은 될 수 없으며, 질량이 작을수록 오히려 본 발명에 따라 흑화도로 산출된 질량이 정확할 수 있다.
- [113] 참고로, 프린팅 된 Ag 전극(P)은 엑스선 현미경 촬영 후 테프론 기판에서 분리해 디지털 저울(오차 0.005 mg)을 이용해 3번 측정하여 비교 질량 값을 산출 하였고, 감마선을 이용한 질량 평가 값은 비교에 용이하도록 비교 질량 값의 평균값을 기준으로 정규화 하였다.
- [114] 그런데, 최소 50배 이상의 배율로 시편 영상(A')을 획득하더라도, 전술한 바와 같이, 시편(A)의 형상이 전후좌우 및 상하가 대칭되지 않고 제각각이어서 균일하지 않을 경우 시편(A)의 배치 방향에 따라 질량의 편차가 발생할 수 있다. 이러한 질량 편차 발생 원리가 도 9에 개념적으로 도시되어 있으며, 도 9에 도시된 시편(A)의 배치에 따라 도 10의 사진과 같이 시편 영상(A')의 크기 차이가 발생되어 결과적으로 질량 산출 값이 달라진다. 예를 들어, 도 9 및 도 10에 도시된 바와 같이, 반구 형상의 시편(A)에 방사선 튜브(10)로부터 조사된 감마선에 의해 영상 판(40)에 투영된 시편 영상은 조사 방향에 수직한 시편(A)의 최대 단면이 방사선 튜브(10)에 가깝게 배치될수록 크기가 크게 상이 맺힌다.
- [115] 동일한 시편(A)라고 하더라도 투영되는 상의 직경은, 도 10에 도시된 바와 같이,  $b_2$  와  $b_1$ 으로 상이하며, 두 직경의 차이는 2D로 될 수 있다.
- [116] 특히, 시편 영상(A')의 배율이 높을수록 이러한 차이가 커질 수 있다. 이러한 시편 영상(A')에 따른 질량 차이가 해결되려면, 시편(A)의 배치 방향이나 배치

위치를 여러 가지 경우의 수로 결정하더라도 동일한 양의 방사선(R) 차단이 발생되어야 한다. 하지만 미세한 시편(A)을 모양을 다듬어 일정한 두께의 균질한 형상으로 만드는 것 자체가 불가능하다.

- [117] 이러한 문제 해결을 위해 본 발명에서는 시편(A)을 일정한 속도로 회전시킴으로써, 시편(A)의 배치 위치나 배치 방향에 관계없이 특정 시편(A)에 대해서는 동일한 방사선(R) 차단 값을 얻을 수 있는 방법과 그 실행을 위한 구성을 제안하는 바이다.
- [118] 시편(A)을 회전시키기 위해서는 시편(A)이 고속 회전으로 발생하는 원심력으로 인해 위치가 이탈되는 것이 방지되어야 한다. 시편(A)은 앞서 언급된 시편 탑재부(30)에 안착되며, 시편 탑재부(30)에는 시편 고정 기관(31)이 설치되어 시편(A)은 시편 고정 기관(31)에 고정되게 안착된다.
- [119] 본 발명의 일 실시형태에서는, 도 11에 도시된 바와 같이, 시편 고정 기관(31)은 두 개의 판이 면접하여 겹쳐지는 형태로 이루어지고, 시편(A)은 두 개의 판 사이에 삽입되어 고정됨으로써, 상기 두 개의 판이 외력으로 인해 분리되지 않는 한 시편(A)은 안착 위치로부터 이탈되지 않게 된다.
- [120] 다만, 시편(A)의 안착 및 제거 자체는 용이하게 이루어질 수 있어야 하므로 시편 고정 기관(31)을 이루는 상기 두 개의 판은, 도 11에 도시된 바와 같이, 일 측에 힌지(312)로 연결되어 힌지(312)를 중심으로 두 개의 판이 개방 가능하게 구성된다.
- [121] 또한, 두 개의 판의 타측, 즉, 두 개의 판을 사이에 두고 힌지(312)가 설치된 방향의 반대 측에는, 도 11에 도시된 바와 같이, 힌지(312)와 동일한 무게의 균형추(313)가 설치되며, 균형추(313)는 두 개의 부분으로 이루어지고, 두 개의 부분 각각은 상기 두 개의 판에 하나씩 고정 설치된다.
- [122] 힌지(312)가 어느 한 쪽에 설치될 경우 두 개의 판으로 이루어지는 시편 고정 기관(31)은 고속으로 회전되면서 힌지(312) 쪽에 질량이 편중되므로 힌지(312) 쪽에 과도한 원심력이 발생되어 회전의 안정성에 문제가 생기고 장치 자체의 내구성이 문제가 생길 수 있다. 따라서 힌지(312) 무게만큼의 중량을 가지는 균형추(313)가 힌지(312)의 반대 측에 설치됨으로써 시편 고정 기관(31)의 회전이 안정적으로 이루어질 수 있다.
- [123] 특히, 이 경우 시편 고정 기관(31)을 이루는 두 개의 판 모두에, 도 11에 도시된 바와 같이, 반쪽씩 균형추(313)가 형성되면 폭 방향으로도 중량의 중심이 균형을 이루므로 회전이 더욱 안정적일 뿐만 아니라 균형추(313)의 중심 부위에 두 개의 판이 면접되어 닫힌 상태가 유지될 수 있는 잠금 수단이 설치될 수 있다. 도 11에는 잠금 수단으로서 잠금 핀이 형성되어 있으나 잠금 수단은 반드시 도 11의 잠금 핀(314)에 국한되지는 않으며 공지 기술이라면 구체적인 형태에 제한은 없다.
- [124] 이때 참고로 시편 고정 기관(31)을 회전시키는 모터의 회전축 방향은, 도 11에 도시된 바와 같이, 수평방향 축일 수도 있고 또는 도시되진 않았지만 수직 축

방향일 수도 있다. 다만, 힌지(312)와 균형추를 연결시키는 선과 회전축은 서로 직각을 이룬다.

- [125] 회전축은 시편 고정 기관(31)의 폭 방향과 길이 방향의 중심을 회전시켜야 한다. 그런데, 앞서 본 바와 같이 시편 고정 기관(31)은 두 개의 판으로 이루어지므로 두 개의 판 중앙에 회전축이 연결될 수 있는 수단이 설치되기는 힘들다.
- [126] 따라서, 본 발명에서는 회전축의 중심이 두 개의 판을 하나의 덩어리로 볼 때의 무게 중심과 일치되되, 구조상 두 개의 판 각각이 회전축에 연결될 수 있도록 회전축과 두 개의 판을 결합시키는 결합플러그가 회전축에 설치된다. 이때, 시편 고정 기관(31)의 측면 또는 결합플러그 중 어느 하나에는 나머지 하나를 향하여 결합 핀(311)이 돌출되고, 시편 고정 기관(31) 또는 결합플러그 중 나머지 하나에는 결합 핀(311)이 삽입되는 핀 홀(321)이 형성된다.
- [127] 특히, 시편 고정 기관(31)의 측면에 형성되는 결합 핀(311) 또는 핀 홀(321)은 시편 고정 기관(31)을 이루는 두 개의 판 측면에 각각 동일하게 형성되고, 결합플러그에는 시편 고정 기관(31)의 측면에 대응되게 결합되는 핀 홀(321) 또는 결합 핀(311)이 형성된다.
- [128] 여기서, 결합 핀(311)과 핀 홀(321)은, 각각 도11에 도시된 바와 같이, 판 측면의 길이 방향으로 복수개가 일정한 간격으로 형성되면 결합플러그와 시편 고정 기관(31)의 결합이 보다 견고하고 안정적으로 될 수 있다.
- [129] 이와 같이, 시편 고정 기관(31)이 회전될 때, 시편 고정 기관(31)을 이루는 두 개의 판 사이에 안착된 시편(A)도 함께 회전된다. 이 경우, 도 12를 참조하면, 실제 시편(A)은 도 12의 상부 왼쪽에 도시된 (a)와 같이 반원 형태일 수 있다. 반원 형태의 시편(A)이 회전되면 도12의 (b)에 도시된 바와 같이 중심 양 측은 수직면 형태가 되고 상부와 하부는 원형으로 보이는 일종의 착시 현상이 발생된다.
- [130] 이때 도12의 (b)에 도시된 형태가 확대되어 영상 판(40)에 시편 영상(A')이 맺힐 경우 도12의 (b)에 도시된 형태 자체가 점유하는 픽셀(41)의 수를 산출하여 면적을 계산함으로써 시편 영상(A')이 점유하는 면적이 추출될 수 있으나, 시편(A)의 실제 형태는 상당히 다양하고 불규칙적일 수 있으므로 여기서는 일단 설명의 편의를 위해 도12의 (c)에 도시된 바와 같이, 시편(A)의 면적과 동일한 면적을 가지는 직사각형을 가정하기로 한다. 그러면 실제 시편(A)과 동일한 물질이고 질량 또한 동일하지만 형상은 확일적으로 직사각형인 형태인 가상의 시편(P)이 도 12의 (d)와 같이 가정될 수 있다.
- [131] 그런데 시편(A)이 안착된 위치에 따라 흑화도로 산출되는 질량 값이 달라질 수 있는지에 대한 문제가 발생될 수 있다. 즉, 시편(A)이 회전될 때 회전축에서 가까운 위치에 시편(A)이 안착될 경우에는 시편(A)이 회전하는 궤적으로 이루어지는 공간 부피가 작고 회전축에서 먼 위치에 시편(A)이 안착될 경우에는 시편(A)이 회전하는 궤적으로 이루어지는 공간이 크므로 영상 판(40)에 맺히는

시편 영상(A')의 크기가 달라져서 결국 시편(A) 안착 위치에 따라 질량이 다르게 측정될지 모른다는 의문이 발생될 수 있다.

- [132] 예를 들어, 도12의 (a)를 참조할 때, 시편(A)이 회전축에서 보다 가까이 배치되느냐 멀리 배치되느냐에 따라 회전될 때 모습인 도12의 (b)에 도시된 형상이 원형에 가까운 형상이 될 수도 있고 또는 상하로 길쭉한 형상으로 될 수도 있다.
- [133] 하지만 시편(A) 자체가 동일하기 때문에 시편(A)이 회전축과의 거리가 가깝게 또는 멀게 배치되더라도 회전 각속도가 동일하기만 하다면, 시편(A)이 그리는 궤적으로 이루어지는 공간에서 시편(A)이 단위시간당 존재할 확률의 총 합은 동일하다.
- [134] 또한, 그와 별개로 도 13a에 도시된 바와 같이 방사선(R)이 진행되는 방향과 시편(A)의 각도에 따라 영상 판(40)에 맺히는 시편(A) 회전 영상이 부위별로 다르게 나타나 결국 실제로는 균일한 평판 형태의 시편(A)임에도 시편 영상(A')에서는 회전축 중심(O)에 가까울수록 흑화도가 높게 나타나 진하게 표현되어 회전축 중심(O)에 가까운 부위가 두꺼운 것처럼 잘못 표현될 수 있는지에 대한 의문이 제기될 수 있다.
- [135] 예를 들어, 도 13a에서 가상의 시편(P)이 방사선(R)의 진행 방향인 수평 방향에 가깝게 누울수록 방사선(R)이 통과해야 하는 시편(A)의 두께가 두꺼워지고(T2), 가상의 시편(P)이 수직 방향에 가깝게 직립될수록 방사선(R)이 통과해야 하는 시편(A)의 두께(T1)가 감소하여 작아지므로, 결국 회전축에 가까울수록 영상 판(40)에 표현되는 시편 영상(A')에서는 시편(A)의 중심이 진하게 표현되어 시편(A)의 중심부위 질량이 크게 나타날 수 있는지에 대한 의문이 제기될 수 있다.
- [136] 하지만, 도 13b에서 표현된 바와 같이, 방사선(R) 방향과 동일한 시선 방향인 가상의 시편(P) 정면에서 관찰할 때, 관찰 방향에서는 d1, d2, d3, d4가 동일한 크기로 보이지만, 실제 시편(A)이 회전되는 각도는 d1에서 d4로 갈수록 증가하므로, 시편(A)이 일정한 각속도로 회전되는 상황에서는 d1을 통과하는 시간보다는 d4를 통과하는 시간이 훨씬 커서 결과적으로는 관찰되는 시편 영상(A')은 균일하게 표현된다.
- [137] 따라서, 시편(A)의 형상이 불균일하더라도 시편(A)을 회전시켜 줌으로써 시편(A)의 배치 위치나 방향에 무관하게 동일한 시편(A) 질량 값의 산출이 가능하다.
- [138] 또한, 상술한 바와 같이, 시편(A)을 회전시켜 시편(A) 질량 값을 산출하는 방법에 대해 설명하였지만, 시편 탑재부(30)의 회전 중심과 시편의 도심(圖心)은 일치시키기 어려운 경우, 시편을 180도 만큼만 회전시켜 질량 값을 산출할 수도 있다.
- [139] 한편, 본 발명에 따른 미소입자 절대 질량 측정방법은 앞서 설명된 내용에 모두 포함되므로 중복 기재를 피하기 위해 더 이상의 설명은 생략하기로 한다.

- [140] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 미소입자 절대 질량 측정 장치 및 측정 방법에 의하면 미소 질량을 가지는 물질의 질량 측정이 피측정물에 접촉시키지 않으면서도 가능하게 된다.
- [141] 이러한, 비접촉 질량 추정 기술은, 예를 들어, 인쇄 회로 기판에 마련된 금속 회로(배선) 등의 균일성을 평가할 수 있다.
- [142] 종래에는 인쇄 회로 기판 상에 복수 개의 라인을 구비하는 금속 회로의 라인 폭 및 라인 간격, 및 배선의 형상에 기초하여 전체 인쇄 품질만을 평가하기 때문에, 간헐적인 질량 이상 및 질량 편향을 정량화하는 것은 어렵다. 그러나, 본 발명의 질량 평가 방법을 사용하는 경우, 인쇄 균일성을 정량화할 수 있다.
- [143] 이러한 미소입자 절대 질량 측정 장치 및 측정 방법은 형상 검사 방법만으로는 관찰할 수 없는 금속 회로 내부의 공극, 불순물 및 금속 회로의 재료 전위 등의 결함을 평가할 수도 있다.
- [144] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 미소입자 절대 질량 측정 장치 및 측정 방법은 정량 측정이 극히 중요한 알약의 질량을 측정하는데 사용될 수 있다. 예를 들어, 알약 내에 형성될 수 있는 공극에 의한 함량미달 또는 깨짐 등의 현상으로 인한 알약의 질량 변화를 본 실시예에 의한 측정 장치로 신속하게 측정할 수 있다. 이 경우, 측정 장소의 기압, 온도, 바람 등의 영향을 받지 않고 질량을 측정할 수 있고, 신속한 질량 측정이 가능하기 때문에 알약의 생산 공정에서 알약의 불량률 매우 효과적으로 판단할 수 있다.
- [145] 이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능함은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이다.

## 청구범위

- [청구항 1] 방사선을 내부에서 생성시켜 외부로 조사하는 방사선 튜브와;  
 상기 방사선 튜브에서 조사되는 방사선을 굴절하여 상을 축소 또는 확대시키는 렌즈부와;  
 상기 렌즈부로부터 조사된 방사선이 입사되는 시편이 탑재되는 판 형태의 시편 고정 기관을 포함하는 시편 탑재부와;  
 시편 탑재부를 통과한 방사선이 맺히는 영상 판; 및,  
 상기 영상 판에 맺힌 영상으로부터 시편 영상과 배경 영상을 분리 추출하고, 배경 영상과 시편 영상의 비교를 통해 시편으로 인하여 발생하는 흑화 정도를 밀도 정보로 환산한 다음 시편의 질량 정보를 연산해 내는 질량 연산부를 포함하고,  
 상기 시편 고정 기관은 전 면적과 두께에 걸쳐 균일한 물질로 이루어지고,  
 상기 시편 탑재부에는 시편 고정 기관을 방사선의 조사 방향과 수직을 이루는 선을 회전축으로 하여 회전시키는 모터가 설치됨으로써, 시편 고정 기관에 시편이 탑재되는 방향이나 위치가 변동되더라도 동일 시편에 대해 질량 연산부에서 동일한 질량 정보가 산출되는 미소입자 절대 질량 측정 장치.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,  
 상기 영상 판에 맺히는 시편 영상은 시편의 실물 크기보다 큰 확대 영상으로서, 상기 시편 탑재부와 영상 판 간의 최소 거리는 확대 영상이 시편 영상을 확대 시키는 확대 배율이 50배가 되는 지점인 것을 특징으로 하는 미소입자 절대 질량 측정 장치.
- [청구항 3] 제2항에 있어서,  
 상기 영상 판은 동일한 면적을 가지는 복수개의 픽셀로 분할되며,  
 상기 질량 연산부는 영상 판에 맺힌 시편 영상에 포함되는 픽셀 수를 산출함으로써, 시편 영상의 면적을 산출하는 것을 특징으로 하는 미소입자 절대 질량 측정 장치.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,  
 상기 질량 연산부는 상기 방사선 튜브로부터 조사되어 상기 시편으로 입사되는 광자수와, 상기 시편으로 입사되는 광자수와 상기 시편을 통과하는 광자수와 차이인 감쇄된 광자수 값을 취득한 후, 하기 식  

$$\ln \frac{\text{감쇄된 광자수}}{\text{입사한 광자수}} \div (-\text{질량감쇄계수}(g^{-1} \cdot cm^2)) = \text{실제면밀도}(g \cdot cm^{-2})$$
 및,  

$$\text{실제면밀도}(g \cdot cm^{-2}) \times \text{실제면적}(cm^2) = \text{실제질량}(g)$$
 으로부터, 상기 시편의 실제질량 값을 얻는 것을 특징으로 하는 미소입자 절대 질량 측정 장치.

- [청구항 5] 제1항에 있어서,  
상기 시편 고정 기관은 두 개의 판이 면접하여 겹쳐지면서 이루어지고,  
상기 시편은 2 개의 상기 판 사이에 삽입되어 고정되는 것을 특징으로 하는 미소입자 절대 질량 측정 장치.
- [청구항 6] 제5항에 있어서,  
2 개의 상기 판은 일 측에 힌지로 연결되어 힌지를 중심으로 두 개의 상기 판이 회전되어 두 개의 상기 판 사이가 개방 가능한 것을 특징으로 하는 미소입자 절대 질량 측정 장치.
- [청구항 7] 제6항에 있어서,  
두 개의 상기 판에는 타측에 상기 힌지와 동일한 무개의 균형추가 설치되며, 상기 균형추는 2 개의 부분으로 이루어지고, 2 개의 부분 각각은 2 개의 상기 판에 하나씩 고정 설치되는 것을 특징으로 하는 미소입자 절대 질량 측정 장치.
- [청구항 8] 제7항에 있어서,  
상기 균형추에는 두 개의 상기 판이 접촉 상태로 고정되도록 잠금 핀이 설치되는 것을 특징으로 하는 미소입자 절대 질량 측정 장치.
- [청구항 9] 제7항에 있어서,  
상기 힌지와 상기 균형추가 나란하게 배치되는 방향은 상기 모터가 상기 시편 고정 기관을 회전시키기 위해 설치되는 상기 회전축의 길이 방향과 직각을 이루는 것을 특징으로 하는 미소입자 절대 질량 측정 장치.
- [청구항 10] 제9항에 있어서,  
상기 회전축은 상기 시편 고정 기관을 이루는 두 개의 상기 판에 동시에 탈착 가능하게 결합됨으로써, 상기 시편 고정 기관이 회전되면서 편심 되는 현상이 방지되는 것을 특징으로 하는 미소입자 절대 질량 측정 장치.
- [청구항 11] 제10항에 있어서,  
상기 회전축과 상기 시편 고정 기관 사이에는 상기 회전축을 상기 시편 고정 기관에 연결시키는 결합플러그가 설치되고,  
상기 시편 고정 기관의 측면 또는 상기 결합플러그 중 어느 하나에는 나머지 하나를 향하여 결합 핀이 돌출되고, 상기 시편 고정 기관 또는 상기 결합플러그 중 나머지 하나에는 상기 결합 핀이 삽입되는 핀 홀이 형성되며,  
상기 시편 고정 기관의 측면에 형성되는 상기 결합 핀 또는 상기 핀 홀은 2 개의 상기 판의 측면에 각각 동일하게 형성되고, 상기 결합플러그에는 상기 시편 고정 기관의 측면에 대응되게 결합되는 상기 핀 홀 또는 상기 결합 핀이 형성되는 것을 특징으로 하는 미소입자 절대 질량 측정 장치.
- [청구항 12] 방사선 튜브와 전자 렌즈 및 상기 방사선 튜브로부터 조사되는 방사선이 상을 맺을 수 있는 영상 판을 준비하고, 질량을 측정하고자 하는 피 측정물인 시편을 균일한 물질로 이루어지는 시편 탑재부의 시편 고정

기판에 안착시키는 단계와;  
 상기 방사선 튜브로부터 방사선을 조사하여 상기 영상 판에 시편 영상을  
 맺히게 하는 단계; 및,  
 상기 영상 판에 맺힌 상기 시편 영상으로부터 시편 부분과 배경 부분을  
 분리 추출하고, 상기 배경 부분과 상기 시편 부분의 비교를 통해 상기  
 시편으로 인하여 상기 방사선이 차단되면서 발생하는 흑화 정도를 밀도  
 정보로 환산한 다음 상기 시편의 질량 정보를 연산하는 단계를 포함하고,  
 상기 시편 영상의 크기는 상기 시편 보다 적어도 50배 이상 크기로  
 형성되도록 상기 전자 렌즈의 배율 및 상기 시편과 상기 영상 판 간의  
 거리를 조정하고,  
 상기 상을 맺히게 하는 단계에서는 방사선을 조사할 때 상기 시편 고정  
 기판을 회전시킴으로써, 상기 시편이 상기 시편 고정 기판에 탑재되는  
 방향에 관계없이 동일한 질량 정보를 얻을 수 있는 미소입자 절대 질량  
 측정 방법.

[청구항 13]

제12항에 있어서,  
 상기 안착시키는 단계에서는 상기 영상 판과 상기 시편 탑재부의 최소  
 거리를 확대 배율이 50배가 되는 지점이 되게 배치하는 것을 특징으로  
 하는 미소입자 절대 질량 측정 방법.

[청구항 14]

제13항에 있어서,  
 상기 영상 판은 동일한 면적을 가지는 복수개의 픽셀로 분할하며, 질량  
 연산부는 상기 영상 판에 맺힌 상기 시편 영상에 포함되는 픽셀 수를  
 산출함으로써, 상기 시편 영상의 면적을 산출하는 것을 특징으로 하는  
 미소입자 절대 질량 측정 방법.

[청구항 15]

제14항에 있어서,  
 상기 시편의 질량 정보를 연산하는 단계는 X선 튜브로부터 조사되어  
 상기 시편으로 입사되는 광자수와, 상기 시편으로 입사되는 광자수와  
 상기 시편을 통과하는 광자수와와의 차이인 감쇄된 광자수 값을 취득한 후,  

$$\ln \frac{\text{감쇄된 광자수}}{\text{입사한 광자수}} \div (-\text{질량감쇄계수}(g^{-1} \cdot cm^2)) = \text{실제면밀도}(g \cdot cm^{-2})$$
  
 및,

$$\text{실제면밀도}(g \cdot cm^{-2}) \times \text{실제면적}(cm^2) = \text{실제질량}(g)$$

으로부터 상기 시편의 실제질량 값을 얻는 것을 특징으로 하는 미소입자  
 절대 질량 측정 방법.

[청구항 16]

제12항에 있어서,  
 상기 시편 고정 기판을 두 개의 판이 겹쳐진 형태가 되게 제작하되, 두  
 개의 상기 판을 힌지로 연결시켜 상기 시편의 안착과 제거가 간편하게  
 이루어짐과 동시에 상기 시편이 안정적으로 안착되는 것을 특징으로

하는 미소입자 절대 질량 측정 방법.

[청구항 17]

제16항에 있어서,

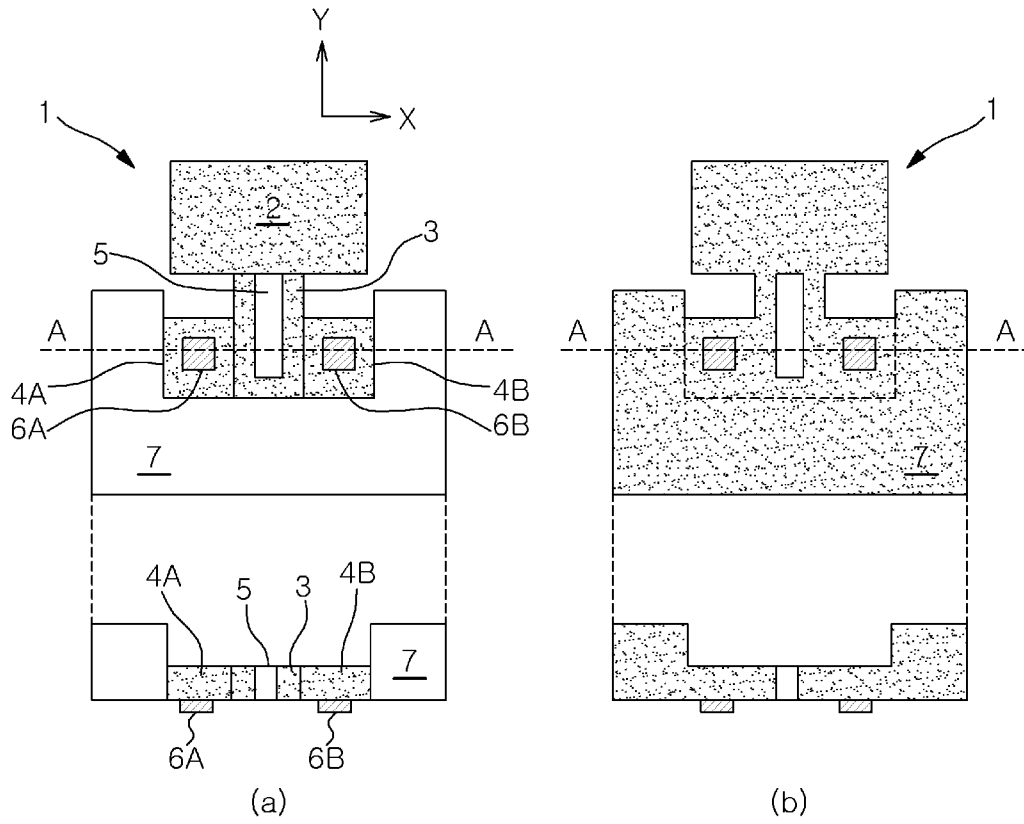
상기 시편 고정 기판을 모터와 연결시킴에 있어서, 상기 시편 고정 기판을 회전시키는 모터의 회전축이 상기 두 개의 상기 판에 동시에 결합되는 것을 특징으로 하는 미소입자 절대 질량 측정 방법.

[청구항 18]

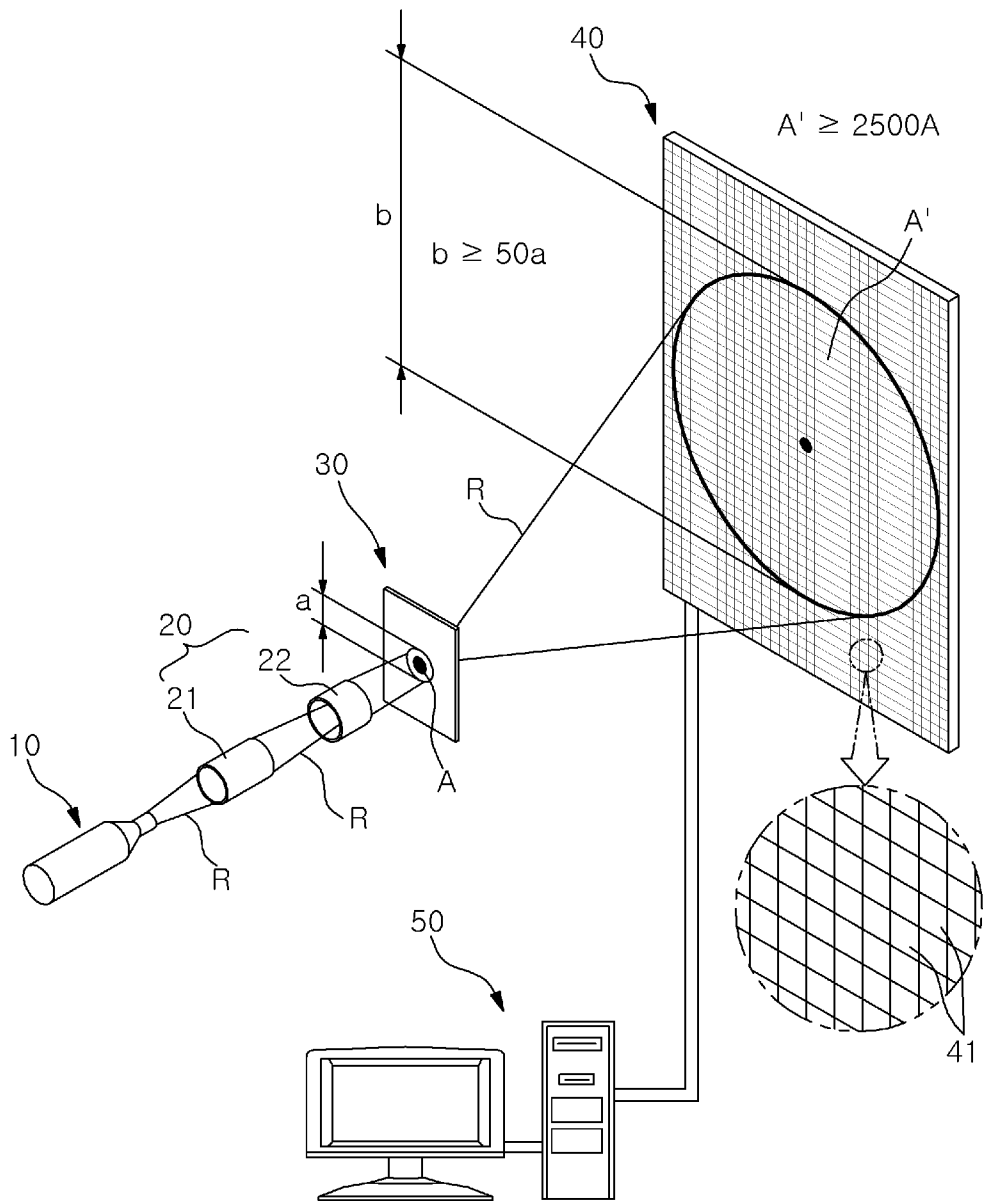
제16항에 있어서,

상기 안착시키는 단계에서는 상기 시편 고정 기판에서, 상기 힌지와 반대 방향에 힌지의 무게를 상쇄시켜 주는 균형추를 설치하는 것을 특징으로 하는 미소입자 절대 질량 측정 방법.

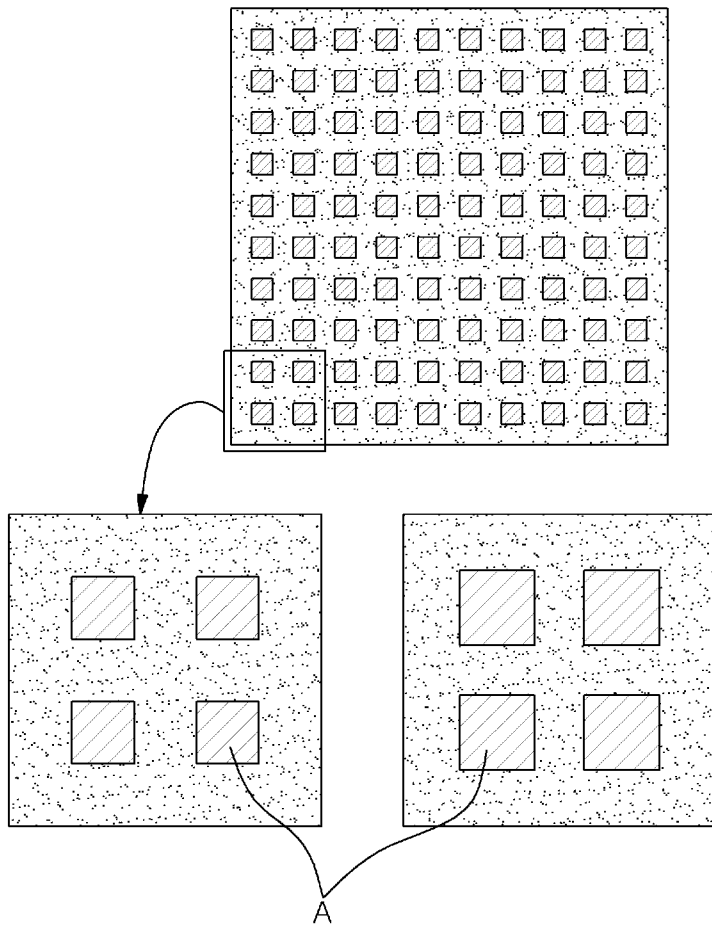
[도 1]



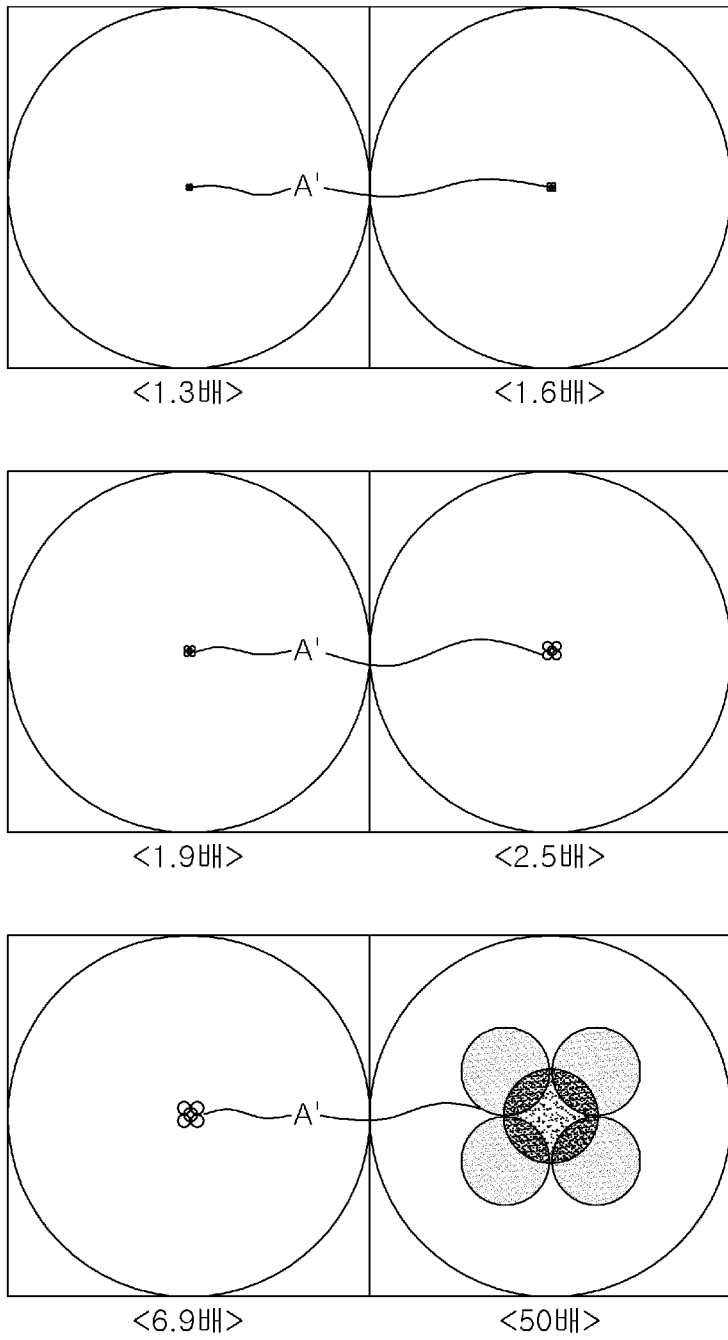
[도2]



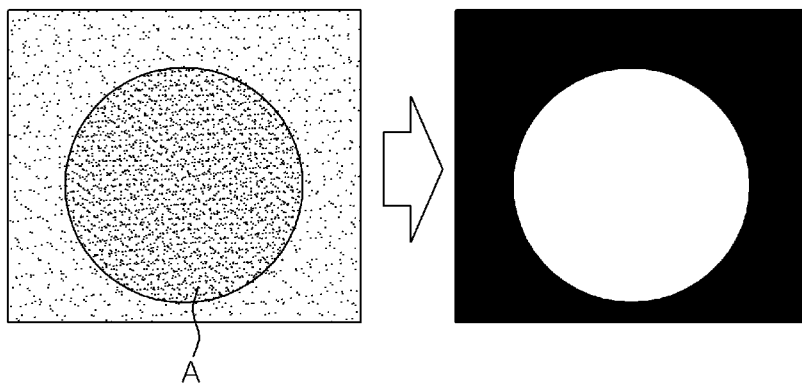
[도3]



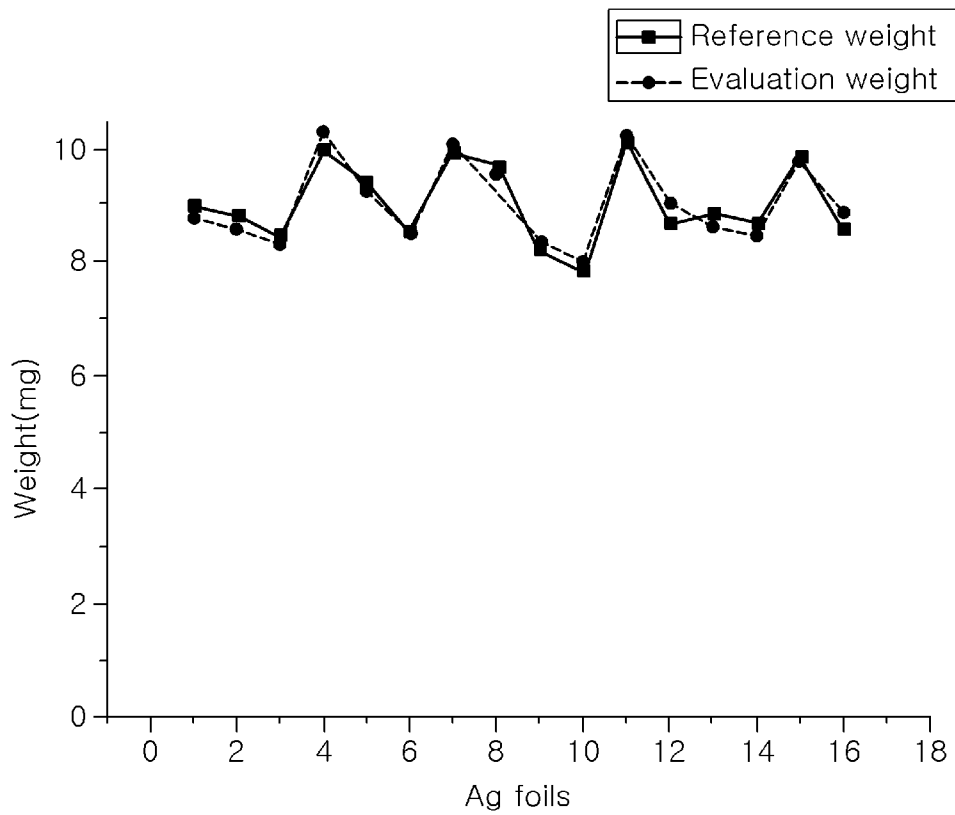
[도4]



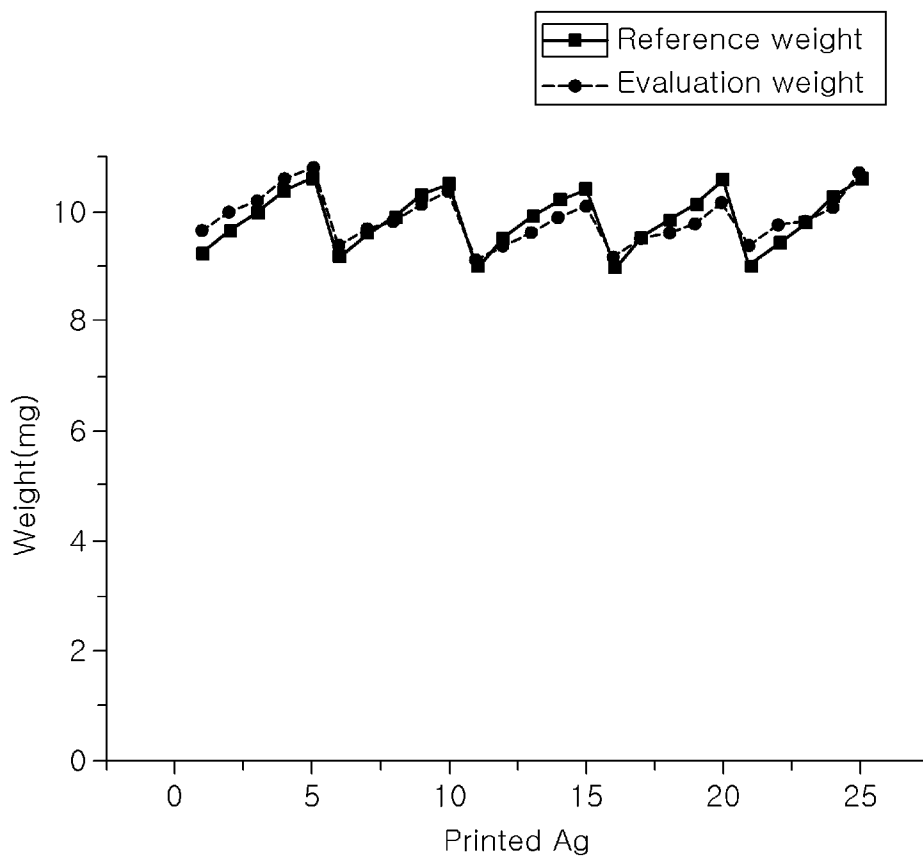
[도5]



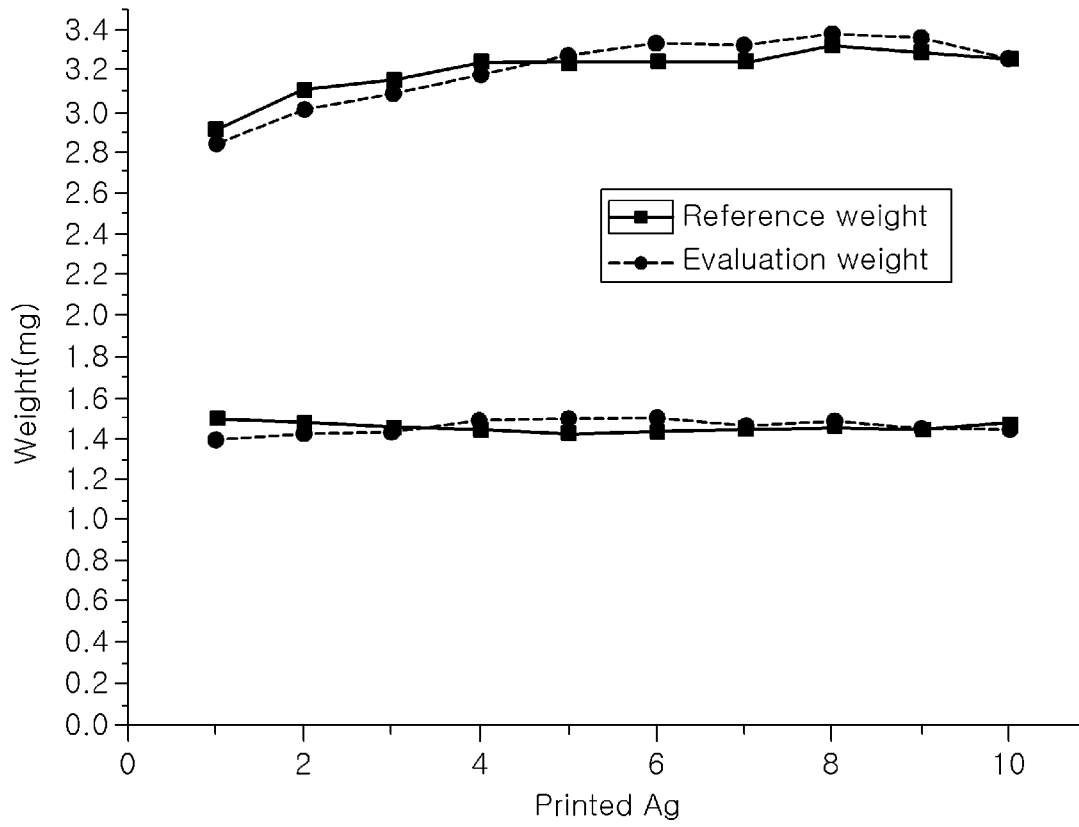
[도6]



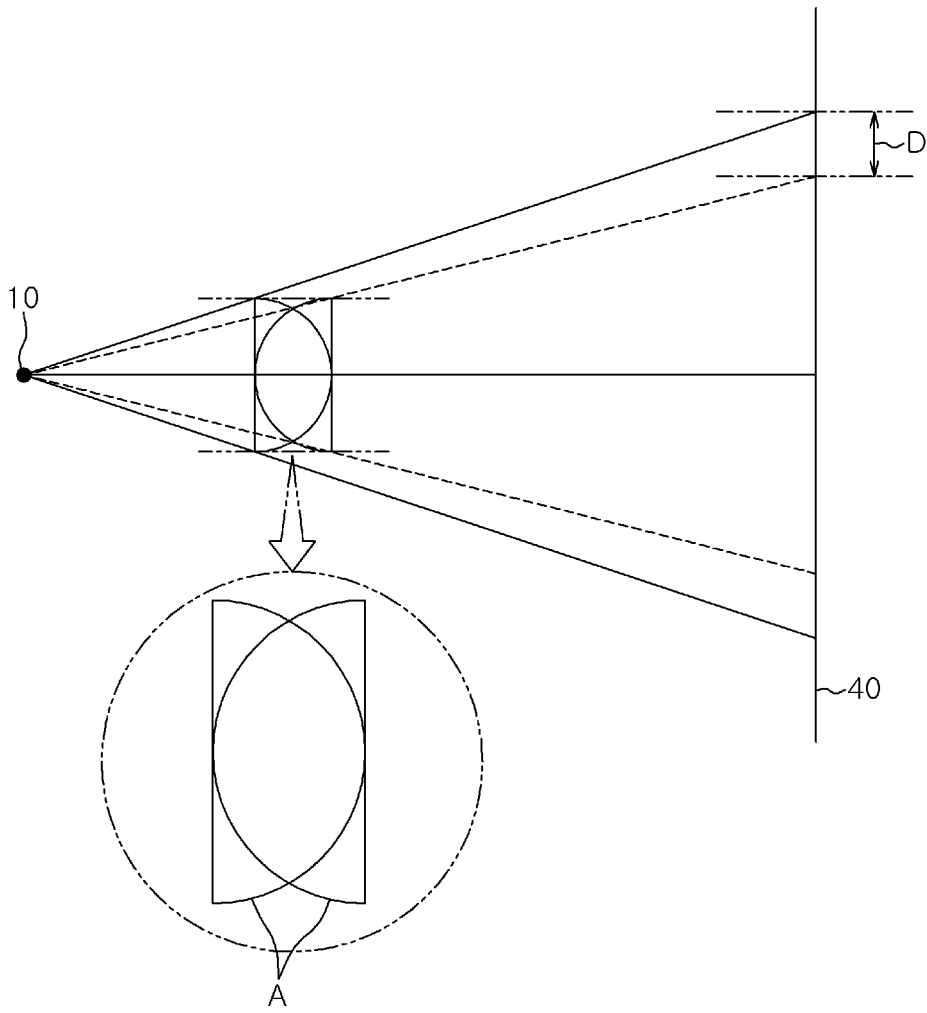
[도7]



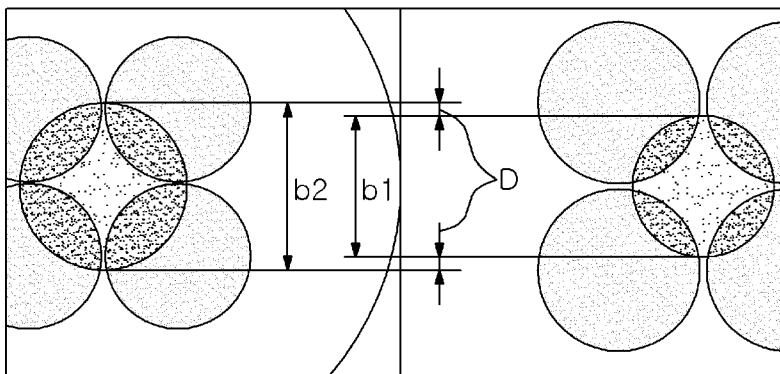
[도8]



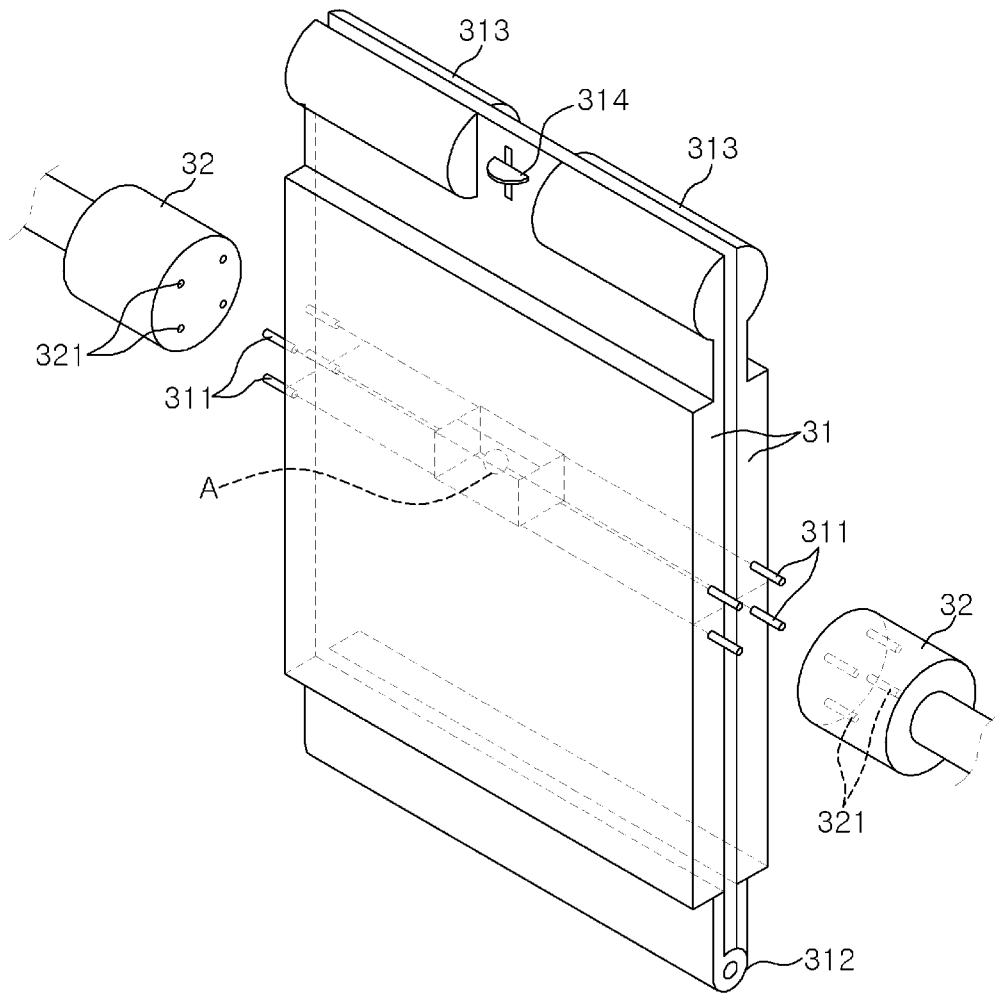
[도9]



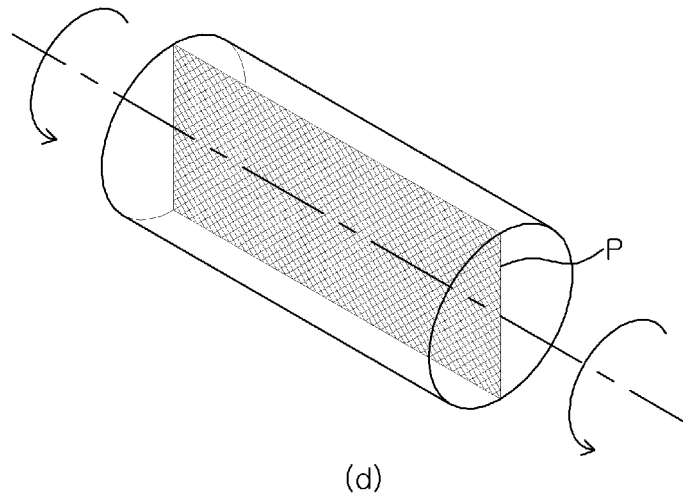
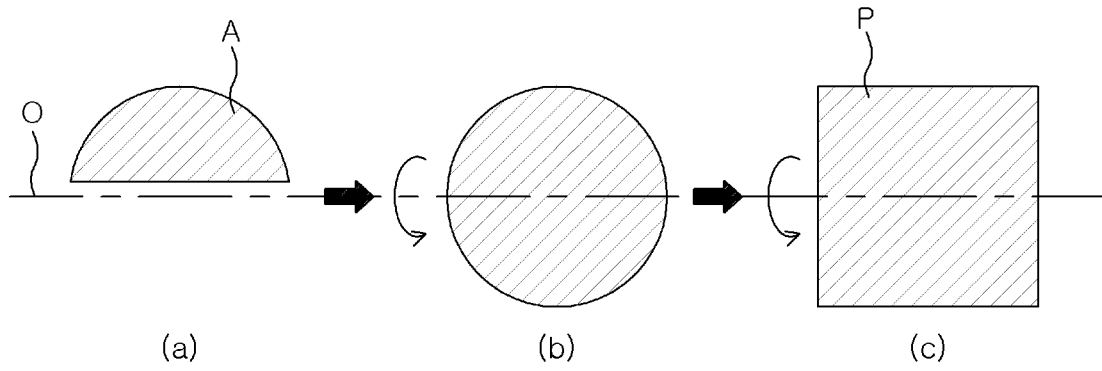
[도10]



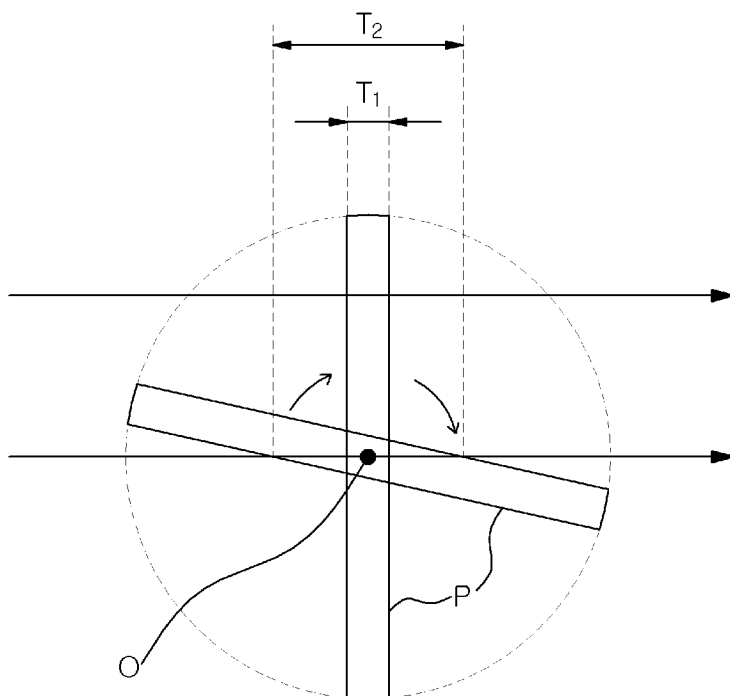
[도11]



[도12]



[도13a]



[도 13b]

