(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년09월06일
(11) 등록번호 10-2440860
(24) 등록일자 2022년09월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 9/00 (2006.01) *G03F 7/00* (2006.01)
G06T 7/30 (2017.01) *G06T 7/60* (2017.01)
(52) CPC특허분류
G03F 9/7042 (2013.01)
G03F 7/0002 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0055240
(22) 출원일자 2021년04월28일
심사청구일자 2021년04월28일
(56) 선행기술조사문헌
KR102082476 B1*
Zachariah Hennighausen et al., "Evidence of a purely electronic two-dimensional lattice at the interface of TMD/Bi2Se3 heterostructures", Nanoscale, 2019, 11, 15929-15938 (2019.08.01.);*
JP2002541598 A
JP2004192633 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20(퇴촌동)
(72) 발명자
조영태
경상남도 창원시 성산구 원이대로 449, 104동 1003호(반림동, 노블파크아파트)
김석
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20, 생활관 7동 429호(퇴촌동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김연권

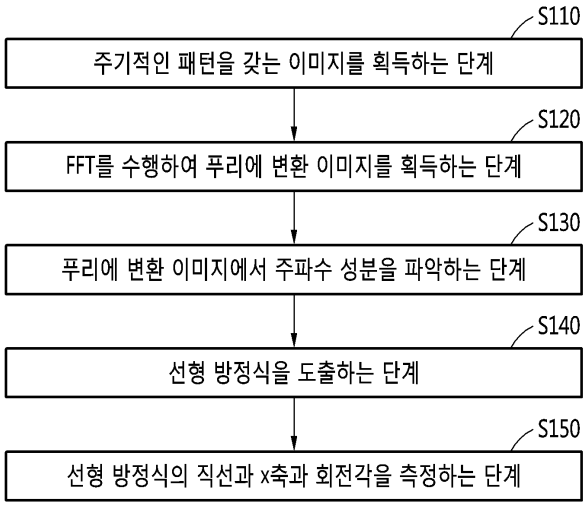
전체 청구항 수 : 총 20 항 심사관 : 민경구

(54) 발명의 명칭 **패턴 정렬 시 오차 측정 방법**

(57) 요 약

본 발명은 패턴 정렬 시 오차 측정 방법에 관한 것으로서, 주기적인 패턴을 갖는 이미지를 획득하는 단계; 상기 이미지의 고속 푸리에 변환을 수행하여 푸리에 변환 이미지를 획득하는 단계; 상기 푸리에 변환 이미지의 중심점을 기준으로 선형을 이루는 푸리에 변환 스펙트럼의 주파수 성분을 파악하는 단계; 상기 주파수 성분과 중심점을 이용하여 선형 방정식을 도출하는 단계; 및 상기 푸리에 변환 이미지의 x축과 상기 선형 방정식의 직선이 이루는 회전각(Θ)을 측정하는 단계;를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G06T 7/30 (2017.01)
G06T 7/60 (2013.01)

(72) 발명자
김우영
경상남도 창원시 의창구 평산로171번길 6-6, 참좋은빌 401호(서상동)

서보욱
경상남도 창원시 마산회원구 합성북16길 197, 104동 1601호(합성동, 롯데캐슬더퍼스트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415167214
과제번호 20000665
부처명 산업통상자원부
과제관리(전문)기관명 한국산업기술평가관리원
연구사업명 산업소재핵심기술개발-첨단뿌리기술개발사업
연구과제명 4 m2 이상의 대면적에 고내구성을 가지며 친환경적인 초발수 표면처리 핵심기술 개발
기 여 율 1/3
과제수행기관명 창원대학교 산학협력단
연구기간 2018.07.01 ~ 2021.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415169250
과제번호 20007064
부처명 산업통상자원부
과제관리(전문)기관명 한국산업기술평가관리원
연구사업명 자동차산업핵심기술개발사업(그린카)
연구과제명 공기 청정 모빌리티의 구현 HAMA (superHydrophobic Additive Manufactured Air cleaner) 프로젝트
기 여 율 1/3
과제수행기관명 창원대학교 산학협력단
연구기간 2020.06.01 ~ 2021.05.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415170842
과제번호 N0002310
부처명 산업통상자원부
과제관리(전문)기관명 한국산업기술진흥원
연구사업명 나노금형기반맞춤형융합제품상용화지원센터구축사업
연구과제명 나노금형기반 맞춤형 융합제품 상용화지원센터 구축
기 여 율 1/3
과제수행기관명 (재)경남테크노파크
연구기간 2016.12.01 ~ 2021.11.30
공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

임프린트 방식으로 대면적의 패턴을 제작하는데 있어 패턴 정렬 시 오차를 측정하는 방법으로서,

각각 주기적인 패턴을 갖는 두 개 이상의 패턴이 겹쳐진 이미지를 획득하는 단계;

상기 이미지의 푸리에 변환을 수행하여 푸리에 변환 이미지를 획득하는 단계;

상기 푸리에 변환 이미지의 중심점을 기준으로 선형을 이루는 푸리에 스펙트럼의 주파수 성분을 파악하는 단계;

상기 중심점과 상기 푸리에 스펙트럼의 좌표점을 이용하여 선형 방정식을 도출하는 단계; 및

상기 푸리에 변환 이미지의 x축과 상기 선형 방정식의 직선이 이루는 회전각(Θ)을 측정하는 단계;를 포함하고,

상기 푸리에 스펙트럼의 좌표점(ω1, ω2)은 아래 수학식 1에 의해 계산되고,

상기 좌표점(ω1, ω2) 간 관계는 아래 수학식 2에 의해 계산되며,

상기 좌표점(ω1, ω2)은 상기 이미지의 가로 및 세로의 크기에 영향받는 것을 특징으로 하는,

패턴 정렬 시 오차 측정 방법.

< 수학식 1 >

$$\omega_1 = \frac{W}{T(x)}, \quad \omega_2 = \frac{H}{T(y)}$$

< 수학식 2 >

$$\tan\theta = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\frac{W}{T(x)}}{\frac{H}{T(y)}}$$

상기 수학식 1 및 수학식 2에서, ω1는 주파수 영역의 좌표로서 이미지의 가로 방향의 좌표 변수이고, ω2는 세로 방향으로의 좌표 변수이며, W는 이미지의 가로 크기이고, H는 이미지의 세로 크기이며, T(x)는 이미지 패턴의 x 방향으로의 주기이며, T(y)는 이미지 패턴의 y 방향으로의 주기임.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 두 개 이상의 패턴은 다각형의 격벽 구조가 배열된 패턴인 것을 특징으로 하는 패턴 정렬 시 오차 측정 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 푸리에 변환 이미지 중 푸리에 스펙트럼을 분석하기 위한 영역의 가로 및 세로의 크기 비율은 1:1 인 것을 특징으로 하는 패턴 정렬 시 오차 측정 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 좌표점은 적어도 3개 이상인 것을 특징으로 하는 패턴 정렬 시 오차 측정 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 좌표점은 상기 푸리에 변환 이미지의 각 픽셀의 그레이 밸류(Gray value) 또는 RGB 값인 고유값의 크기에 따라 결정되는 것을 특징으로 하는 패턴 정렬 시 오차 측정 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 고유값은 미리 설정된 임계값 보다 큰 값으로 결정되는 것을 특징으로 하는 패턴 정렬 시 오차 측정 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 선형 방정식은 최소 제곱법에 의해 도출되는 것을 특징으로 하는 패턴 정렬 시 오차 측정 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 회전각(Θ)은 상기 선형 방정식의 기울기를 통해 계산되는 것을 특징으로 하는 패턴 정렬 시 오차 측정 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 회전각(Θ)은 상기 선형 방정식의 기울기를 아래의 수학식 3에 대입하여 계산되는 것을 특징으로 하는 패턴 정렬 시 오차 측정 방법.

< 수학식 3 >

$$회전각(\theta) = \arctan(a) \times \frac{180}{\pi}$$

여기서, a는 선형 방정식의 기울기임.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 두 개 이상의 패턴을 미리 목표로 하는 각도로 회전시켜 겹치도록 설정된 목표각과 상기 회전각을 비교하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 패턴 정렬 시 오차 측정 방법.

청구항 12

임프린트 방식으로 대면적의 패턴을 제작하는데 있어 패턴 정렬 시 오차를 측정하는 방법으로서,

주기적인 패턴을 갖는 이미지를 획득하는 단계;

상기 이미지의 고속 푸리에 변환을 수행하여 푸리에 변환 이미지를 획득하는 단계;

상기 푸리에 변환 이미지의 중심점을 기준으로 선형을 이루는 푸리에 스펙트럼의 주파수 성분을 파악하는 단계;

상기 중심점과 상기 푸리에 스펙트럼의 좌표점을 이용하여 선형 방정식을 도출하는 단계; 및

상기 푸리에 변환 이미지의 x축과 상기 선형 방정식의 직선이 이루는 회전각(Θ)을 측정하는 단계;를 포함하고,

상기 푸리에 스펙트럼의 좌표점(ω1, ω2)은 아래 수학식 4에 의해 계산되고,

상기 좌표점(ω1, ω2) 간 관계는 아래 수학식 5에 의해 계산되며,

상기 좌표점(ω1, ω2)은 상기 이미지의 가로 및 세로의 크기에 영향받는 것을 특징으로 하는,

패턴 정렬 시 오차 측정 방법.

< 수학식 4 >

$$\omega_1 = \frac{W}{T(x)}, \quad \omega_2 = \frac{H}{T(y)}$$

< 수학식 5 >

$$\tan\theta = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{\frac{W}{T(x)}}{\frac{H}{T(y)}}$$

상기 수학식 4 및 수학식 5에서, ω1는 주파수 영역의 좌표로서 이미지의 가로 방향의 좌표 변수이고, ω2는 세로 방향으로의 좌표 변수이며, W는 이미지의 가로 크기이고, H는 이미지의 세로 크기이며, T(x)는 이미지 패턴의 x 방향으로의 주기이며, T(y)는 이미지 패턴의 y 방향으로의 주기임.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 패턴은 다각형의 격벽 구조가 배열된 패턴인 것을 특징으로 하는 패턴 정렬 시 오차 측정 방법.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 푸리에 변환 이미지 중 푸리에 스펙트럼을 분석하기 위한 영역의 가로 및 세로의 크기 비율은 1:1 인 것을 특징으로 하는 패턴 정렬 시 오차 측정 방법.

청구항 15

삭제

청구항 16

제 12 항에 있어서,

상기 좌표점은 적어도 3개 이상인 것을 특징으로 하는 패턴 정렬 시 오차 측정 방법.

청구항 17

제 12 항에 있어서,

상기 좌표점은 상기 푸리에 변환 이미지의 각 픽셀의 그레이 밸류(Gray value) 또는 RGB 값인 고유값의 크기에 따라 결정되는 것을 특징으로 하는 패턴 정렬 시 오차 측정 방법.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 고유값은 미리 설정된 임계값 보다 큰 값으로 결정되는 것을 특징으로 하는 패턴 정렬 시 오차 측

정 방법.

청구항 19

제 12 항에 있어서,

상기 선형 방정식은 최소 제곱법에 의해 도출되는 것을 특징으로 하는 패턴 정렬 시 오차 측정 방법.

청구항 20

제 12 항에 있어서,

상기 회전각(Θ)은 상기 선형 방정식의 기울기를 통해 계산되는 것을 특징으로 하는 패턴 정렬 시 오차 측정 방법.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 회전각(Θ)은 상기 선형 방정식의 기울기를 아래의 수학식 6에 대입하여 계산되는 것을 특징으로 하는 패턴 정렬 시 오차 측정 방법.

< 수학식 6 >

$$회전각(\theta) = \arctan(a) \times \frac{180}{\pi}$$

여기서, a는 선형 방정식의 기울기임.

청구항 22

제 12 항에 있어서,

상기 패턴을 미리 목표로 하는 각도로 회전시킨 목표각과 상기 회전각을 비교하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 패턴 정렬 시 오차 측정 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 패턴 정렬 시 오차 측정 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 주기적인 패턴을 갖는 이미지를 주파수 영역에서 분석하여 패턴의 회전각을 산출함으로써 회전각 방향으로의 패턴 정렬 오차를 측정하는 패턴 정렬 시 오차 측정 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 나노 임프린트 리소그래피는 패턴 몰드와 기판을 직접 접촉시킨 상태에서 열이나 UV 등을 가하여 몰드의 형성을 기판 쪽으로 찍어내는 공정으로, 기존의 리소그래피 방법들의 문제점으로 지적된 높은 공정 단가, 광원 회절에 의한 분해능의 한계, 긴 공정시간 등을 보완한 방법이다. 나노 임프린트 리소그래피는 열 경화식, UV 경화식으로 크게 두 가지 방식으로 구분될 수 있다. 공정에 사용되는 액상의 고분자는 단위체(Monomer)와 소중합체(Oligomer)로 이루어져 있으며 중합반응(Polymerization)을 위해 첨가되는 개시제(Initiator)가 열에 반응하는지, UV 광에 반응하는지에 따라 나뉘게 된다.

[0003] 한편, 대면적의 패턴을 제작하는 대표적인 기술로 스텝 앤 리핏 UV 나노 임프린트 리소그래피가 공개되어 있다. 이는 패턴 몰드 상에 식각되어 있는 정렬 마크를 일치시켜 패턴을 정밀 정렬하고, 쉐도우 마스크를 활용하여 경화하고자 하는 영역만 연속적으로 패턴을 형성하는 기술이다. 여기서, 기판을 이송시키기 위한 롤투롤(Roll to Roll) 시스템과 패턴 정렬 영상을 촬영하기 위한 비전 정렬 시스템이 도입될 수 있다.

[0004] 근래에는 상술한 정렬 마크 없이 대면적 패턴을 제작하는 연구가 이루어지고 있지만, 패턴을 정밀 정렬하지 않기 때문에 패턴이 이어지는 부분에는 수십 ㎛ 크기의 심(seam) 라인이 형성되어 깔끔하지 못하다. 따라서, 마이크로/나노 패턴의 대면적화에 있어서 정밀한 정렬 공정이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 과제는 상술한 종래 기술이 가진 문제를 해결하기 위해 고안된 것으로, 주기적인 패턴을 갖는 단일 패턴 또는 두개의 패턴이 겹쳐진 패턴의 정렬 오차를 정밀하게 측정할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기의 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 패턴 정렬 시 오차 측정 방법은, 각각 주기적인 패턴을 갖는 두 개 이상의 패턴이 겹쳐진 이미지를 획득하는 단계; 상기 이미지의 푸리에 변환을 수행하여 푸리에 변환 이미지를 획득하는 단계; 상기 푸리에 변환 이미지의 중심점을 기준으로 선형을 이루는 푸리에 스펙트럼의 주파수 성분을 파악하는 단계; 상기 중심점과 상기 푸리에 스펙트럼의 좌표점을 이용하여 선형 방정식을 도출하는 단계; 및 상기 푸리에 변환 이미지의 x축과 상기 선형 방정식의 직선이 이루는 회전각(Θ)을 측정하는 단계;를 포함한다.

[0007] 일 실시예에 따르면, 상기 두 개 이상의 패턴은 다각형의 격벽 구조가 배열된 패턴인 것을 특징으로 한다.

[0008] 또한, 일 실시예에 따르면, 상기 푸리에 변환 이미지 중 푸리에 스펙트럼을 분석하기 위한 영역의 가로 및 세로의 크기 비율은 1:1 인 것을 특징으로 한다.

[0009] 또한, 일 실시예에 따르면, 상기 푸리에 스펙트럼의 좌표점(ω_1, ω_2)은 아래 수학식 1에 의해 계산되는 것을 특징으로 한다.

[0011] < 수학식 1 >

[0012] $$\omega_1 = \frac{W}{T(x)}, \quad \omega_2 = \frac{H}{T(y)}$$

[0013] 여기서, ω_1는 주파수 영역의 좌표로서 이미지의 가로 방향의 좌표 변수이고, ω_2는 이미지의 세로 방향으로의 좌표 변수이며, W는 이미지의 가로 크기이며, H는 이미지의 세로 크기임.

[0014] 또한, 일 실시예에 따르면, 상기 좌표점은 적어도 3개 이상인 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 일 실시예에 따르면, 상기 좌표점은 상기 푸리에 변환 이미지의 각 픽셀의 고유값의 크기에 따라 결정되는 것을 특징으로 한다.

[0016] 여기서, 상기 고유값은 미리 설정된 임계값 보다 큰 값으로 결정되는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 일 실시예에 따르면, 상기 선형 방정식은 최소 제곱법에 의해 도출되는 것을 특징으로 한다.

[0018] 또한, 일 실시예에 따르면, 상기 회전각(Θ)은 상기 선형 방정식의 기울기를 통해 계산되는 것을 특징으로 한다.

[0019] 여기서, 상기 회전각(Θ)은 상기 선형 방정식의 기울기를 아래의 수학식 2에 대입하여 계산되는 것을 특징으로 한다.

[0021] < 수학식 2 >

[0022] $$\text{회전각}(\theta) = \arctan(a) \times \frac{180}{\pi}$$

[0023] 여기서, a는 선형 방정식의 기울기임.

[0024] 또한, 일 실시예에 따르면, 상기 두 개 이상의 패턴을 미리 목표로 하는 각도로 회전시켜 겹치도록 설정된 목표각과 상기 회전각을 비교하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0025] 상기의 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 패턴 정렬 시 오차 측정 방법은, 주기적인 패턴을 갖는 이미지를 획득하는 단계; 상기 이미지의 고속 푸리에 변환을 수행하여 푸리에 변환 이미지를 획득하는 단계; 상기 푸리에 변환 이미지의 중심점을 기준으로 선형을 이루는 푸리에 스펙트럼의 주파수 성분을 파악하는 단계;

상기 중심점과 상기 푸리에 스펙트럼의 좌표점을 이용하여 선형 방정식을 도출하는 단계; 및 상기 푸리에 변환 이미지의 x축과 상기 선형 방정식의 직선이 이루는 회전각(Θ)을 측정하는 단계;를 포함한다.

[0026] 일 실시예에 따르면, 상기 패턴은 다각형의 격벽 구조가 배열된 패턴인 것을 특징으로 한다.

[0027] 또한, 일 실시예에 따르면, 상기 푸리에 변환 이미지 중 푸리에 스펙트럼을 분석하기 위한 영역의 가로 및 세로의 크기 비율은 1:1 인 것을 특징으로 한다.

[0028] 또한, 일 실시예에 따르면, 상기 푸리에 스펙트럼의 좌표점(ω_1, ω_2)은 아래 수학식 3에 의해 계산되는 것을 특징으로 한다.

[0030] < 수학식 3 >

[0031] $$\omega_1 = \frac{W}{T(x)}, \quad \omega_2 = \frac{H}{T(y)}$$

[0032] 여기서, ω_1는 주파수 영역의 좌표로서 이미지의 가로 방향의 좌표 변수이고, ω_2는 이미지의 세로 방향으로의 좌표 변수이며, W는 이미지의 가로 크기이며, H는 이미지의 세로 크기임.

[0033] 또한, 일 실시예에 따르면, 상기 좌표점은 적어도 3개 이상인 것을 특징으로 한다.

[0034] 또한, 일 실시예에 따르면, 상기 좌표점은 상기 푸리에 변환 이미지의 각 픽셀의 고유값의 크기에 따라 결정되는 것을 특징으로 한다.

[0035] 여기서, 상기 고유값은 미리 설정된 임계값 보다 큰 값으로 결정되는 것을 특징으로 한다.

[0036] 또한, 일 실시예에 따르면, 상기 선형 방정식은 최소 제곱법에 의해 도출되는 것을 특징으로 한다.

[0037] 또한, 일 실시예에 따르면, 상기 회전각(Θ)은 상기 선형 방정식의 기울기를 통해 계산되는 것을 특징으로 한다.

[0038] 여기서, 상기 회전각(Θ)은 상기 선형 방정식의 기울기를 아래의 수학식 4에 대입하여 계산되는 것을 특징으로 한다.

[0040] < 수학식 4 >

[0041] $$\text{회전각}(\theta) = \arctan(a) \times \frac{180}{\pi}$$

[0042] 여기서, a는 선형 방정식의 기울기임.

[0043] 또한, 일 실시예에 따르면, 상기 두 개 이상의 패턴을 미리 목표로 하는 각도로 회전시켜 겹치도록 설정된 목표각과 상기 회전각을 비교하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0044] 본 발명에 따르면, 단일 패턴 또는 두 개의 패턴이 겹쳐진 경우 주파수 영역에서 패턴이 회전된 정도를 정밀하게 측정될 수 있으므로 정밀 정렬 공정이 필요한 산업 분야에 다양하게 활용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0045] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 단일 패턴 이미지의 회전각 방향의 정렬 오차를 측정하는 방법을 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 육각 배열 패턴을 갖는 이미지를 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 육각 배열 패턴을 갖는 이미지의 푸리에 변환 전후 상태를 나타낸 것으로, 도 3a는 패턴이 회전되지 않은 상태를 나타낸 도면이고, 도 3b는 패턴이 회전된 상태를 나타낸 도면이다.

도 4는 도 3b의 회전된 육각 배열 패턴 이미지를 푸리에 변환하여 주파수 성분을 분석한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 육각 배열 배턴 이미지를 미리 목표로 하는 각도로 회전시킨 목표각과 푸리

에 스펙트럼에서 측정된 회전각 간의 관계를 나타낸 그래프이다.

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 두 개의 패턴이 겹쳐진 이미지의 회전각 방향의 정렬 오차를 측정하는 방법을 나타낸 도면이다.

도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 두 개의 육각 배열 패턴이 겹쳐진 이미지의 푸리에 변환 전후의 상태를 나타낸 것으로, 도 7a는 패턴이 회전되지 않은 상태이고, 도 7b는 패턴이 3° 회전된 상태를 나타낸 도면이고, 도 7c는 패턴이 5° 회전된 상태를 나타낸 도면이며, 도 7d는 패턴이 10° 회전된 상태를 나타낸 도면이다.

도 8은 도 7c에 도시된 예에서 패턴이 5° 회전된 상태의 푸리에 변환 이미지의 중심점과 좌표점을 나타낸 도면이다.

도 9는 도 8에서 중심점과 3개의 좌표점을 결정한 도면이다.

도 10은 두 개의 육각 배열 패턴이 겹쳐진 이미지에서 분석하고자 하는 캡쳐 영역이 나타낸 도면이다.

도 11은 본 발명의 다른 실시예에 따른 두 개의 겹쳐진 육각 배열 패턴 이미지를 미리 목표로 하는 각도로 회전시켜 겹치도록 설정된 목표각과 푸리에 스펙트럼에서 측정된 회전각 간의 관계를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0046] 이하 첨부된 도면을 참조하여, 바람직한 실시예에 따른 패턴 정렬 시 오차 측정 방법에 대해 상세히 설명하면 다음과 같다. 여기서, 동일한 구성에 대해서는 동일부호를 사용하며, 반복되는 설명, 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다. 발명의 실시형태는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 따라서, 도면에서의 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있다.

[0047] 본 발명은 패턴 정렬 시 오차 측정 방법에 관한 것으로, 나노 임프린트 공정에 따라 패턴 제작용 몰드를 이용하여 마스터 기판에 패턴을 형성할 때 패턴을 정밀하게 정렬하기 위한 발명이다 이때, 본 발명의 일 실시예에 따른 패턴 제작용 몰드에는 마스터 기판에 패턴을 복제할 수 있는 제1 영역과, 마스터 기판에 이미 형성된 이전 패턴 영역과 겹쳐 마스터 기판의 다음 패턴 영역에 상기 제1 영역을 위치시키는 제2 영역을 포함한다. 여기서, 제2 영역과 이전 패턴 영역이 서로 겹칠 때 회전된 상태로 겹쳐짐으로써 정렬 오차(겹쳐진 두 패턴의 정렬 오차)가 발생될 수 있다. 또한, 이전 패턴 영역에 형성된 패턴 자체가 회전된 상태로 형성될 수 있어 다음 패턴과의 정렬 오차(단일 패턴의 정렬 오차)가 발생될 수도 있다. 본 발명은 이러한 정렬 오차를 측정하기 위한 방법을 제시한다.

[0048] 다만, 본 발명은 상술한 실시예에 한정되지 않고, 주기적인 패턴을 갖는 이미지의 정렬 오차를 측정할 수 있는 다양한 실시예에 적용될 수 있다.

[0049] 한편, 마스터 기판에 임프린트된 패턴(이전 패턴 영역에 형성된 패턴)과 패턴 제작용 몰드(제2 영역에 형성된 몰드) 상의 패턴 형상은 주기성을 가지는 패턴으로, 본 발명의 일 실시예에서는 이러한 패턴을 푸리에 변환을 통해 주파수 영역에서 정렬 오차를 분석하는 방법을 제시한다.

[0050] 우선, 본 발명의 일 실시예에 따른 단일 패턴의 정렬 오차를 측정하는 방법을 살펴본다.

[0051] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 단일 패턴 이미지의 회전각 방향의 정렬 오차를 측정하는 방법을 나타낸 도면이다.

[0052] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 패턴 정렬 시 오차 측정 방법은, 주기적인 패턴을 갖는 이미지를 획득하는 단계(S110), 푸리에 변환을 수행하여 푸리에 변환 이미지를 획득하는 단계(S120), 푸리에 변환 이미지에서 주파수 성분을 파악하는 단계(S130), 선형 방정식을 도출하는 단계(S140) 및 선형 방정식의 직선과 x축의 회전각을 측정하는 단계(S150)를 포함한다.

[0053] 먼저, 주기적인 패턴을 갖는 이미지를 획득하는 단계(S110)를 살펴본다.

[0054] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 육각 배열 패턴을 갖는 이미지를 나타낸 도면이다.

[0055] 주기적인 패턴은 삼각 배열, 사각 배열, 육각 배열, 팔각 배열 등 다각형의 격벽 구조가 일정하게 배열된 형상의 패턴일 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서는 도 2에 도시된 바와 같이 육각 배열 패턴을 갖는 이미지가 사용된다. 여기서 육각 형의 피치는 40㎛ 이다. 육각 배열 패턴은 Cassie-baxter의 접촉각 이론에 따라 상기 다각형

배열 패턴 중 발수 성능이 가장 우수한 것으로 알려져 있다. 다만, 이는 본 명세서에서 발명의 설명을 위해 육각 배열 패턴이 선택된 것일 뿐, 다양한 형상의 배열 패턴이 사용될 수 있다.

[0056] 다음으로, 푸리에 변환을 수행하여 푸리에 변환 이미지를 획득하는 단계(S120)를 살펴본다.

[0057] 일반적으로, 영상 처리에 있어서 푸리에 변환(Fourier Transform)은 이미지를 아래 수학식 1과 같이 다양한 크기, 주파수, 위상을 가지는 복소수 지수의 합으로 표현할 수 있다.

[0059] < 수학식 1 >

[0060]
$$F(\omega 1,\omega 2)=\sum_{x=-\infty}^{\infty}\sum_{y=-\infty}^{\infty}f(x,y)e^{-j\omega 1x}\cdot e^{-j\omega 2y}$$

[0061] 여기서, 변수 x와 y는 공간 영역에서의 좌표 변수이고, ω_1, ω_2는 주파수 영역에서의 좌표 변수이다. ω_1는 x 방향(원 이미지의 가로 방향)으로의 좌표 변수이고, ω_2는 y 방향(원 이미지의 세로 방향)으로의 좌표 변수이다.

[0062] 이때, $F(\omega_1, \omega_2)$의 크기인 $|F(\omega_1, \omega_2)|$는 푸리에 변환을 통해 얻은 주파수 성분의 강도로 푸리에 스펙트럼(Fourier spectrum)이라 한다. 푸리에 스펙트럼을 로그 스케일로 표현하면 해당 주파수 성분이 원 이미지에 얼마나 강하게 포함되어 있는지 이미지로 나타낼 수 있다. 예를 들어, 도 3a 및 3b에는 원 이미지를 푸리에 변환한 이미지(푸리에 변환 이미지)가 도시되어 있다. 이때, 원 이미지 전체를 푸리에 변환하거나, 원 이미지 중 특정 영역만 푸리에 변환할 수 있다. 즉 푸리에 스펙트럼을 분석하기 위한 영역은 원 이미지 중에서 자유롭게 선택될 수 있다.

[0063] 영상 처리에서의 주파수는 이미지를 이루고 있는 픽셀들이 가지는 고유값, 즉 Gray value 또는 RGB 값이 얼마나 자주 바뀌는지를 의미한다. 또한, 상기 수학식 1은 아래 수학식 2와 같이 오일러 공식을 통해 수학식 1의 복소수 지수함수를 삼각함수로 변환할 수 있어 푸리에 변환은 임의의 입력 신호를 다양한 주파수를 가지는 주기함수(사인 또는 코사인 함수)들의 합으로 나타낼 수 있다.

[0065] < 수학식 2 >

[0066]
$$e^{j\theta}=cos\theta+\sin\theta$$

[0067] 푸리에 변환된 데이터를 상기 수학식 2에 대입하여 역 변환하면 원 이미지가 다시 생성된다. 한편, 푸리에 스펙트럼의 좌표점(ω_1, ω_2)은 아래 수학식 3에 의해 계산될 수 있다.

[0069] < 수학식 3 >

[0070]
$$\omega_1=\frac{W}{T(x)},\quad \omega_2=\frac{H}{T(y)}$$

[0071] 여기서, ω_1는 주파수 영역의 좌표로서 이미지의 가로 방향의 좌표 변수이고, ω_2는 이미지의 세로 방향으로의 좌표 변수이고, W는 이미지의 가로 크기이며, H는 이미지의 세로 크기이다.

[0072] 즉, 원 이미지는 일정한 주기를 가진 패턴 이미지로서, 원 이미지의 x 방향으로는 T(x)의 주기를 가지며, y 방향으로는 T(y)의 주기를 가진다. 이러한 관계를 이용하여 상기 수학식 3에 따라 푸리에 스펙트럼의 좌표점이 계산될 수 있다. 한편, 푸리에 좌표 성분 ω_1와 ω_2의 관계는 아래 수학식 4와 같다.

[0074] < 수학식 4 >

[0075]
$$\tan\theta=\frac{\omega_1}{\omega_2}=\frac{\frac{W}{T(x)}}{\frac{H}{T(y)}}$$

[0076] 상기 수학식 4에 따르면, 원 이미지의 패턴이 회전되면 주파수 스펙트럼에 영향을 주는 것으로 볼 수 있는데, 이는 패턴의 주기도 같이 회전되기 때문에 주파수 성분도 같이 회전되는 것이다. 이때, 주파수 성분인 ω_1과 ω

$_2$는 원 이미지의 가로(W) 및 세로(H) 크기에 영향을 받는 것을 볼 수 있다. 따라서, 이러한 영향을 무시하기 위해서는 원 이미지 중 푸리에 스펙트럼을 분석하고자 하는 영역의 가로 및 세로의 크기 비율을 1:1로 해야 한다.

[0077] 한편, 본 발명의 일 실시예에서는 푸리에 변환 중 고속 푸리에 변환(Fast Fourier transform: FFT)가 수행된다.

[0078] 다음으로, 푸리에 변환 이미지에서 주파수 성분을 파악하는 단계(S130)를 살펴본다.

[0079] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 육각 배열 패턴을 갖는 이미지의 푸리에 변환 전후 상태를 나타낸 것으로, 도 3a는 패턴이 회전되지 않은 상태를 나타낸 도면이고, 도 3b는 패턴이 회전된 상태를 나타낸 도면이고, 도 4는 도 3b의 회전된 육각 배열 패턴 이미지를 푸리에 변환하여 주파수 성분을 분석한 도면이다.

[0080] 도 3a 및 도 3b에 도시된 바와 같이, 반복되는 패턴이 Θ 방향(회전각 방향)으로 회전하여 정렬 오차가 발생하면 푸리에 변환된 이미지 상의 푸리에 스펙트럼도 패턴이 회전된 각도만큼 회전하게 된다. 도 3b에는 원 이미지의 패턴이 5° 회전된 상태에서 푸리에 변환된 이미지가 도시되어 있다.

[0081] 도 4를 참조하면, 푸리에 스펙트럼 영역에서 주파수 성분인 중심점과 좌표점을 결정한다. 이때, 좌표점은 푸리에 변환 이미지의 각 픽셀의 고유값의 크기에 따라 결정될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서 주파수 성분으로 결정된 좌표점은 미리 설정된 임계값 보다 큰 고유값을 갖는 좌표점이다. 도 4에는 좌표점 중 Gray value가 높은 좌표점 하나가 확대되어 도시되었다.

[0082] 한편, 본 발명의 일 실시예에서 좌표점은 3개가 사용되었으나, 좌표점은 3개 보다 적거나 그보다 많게 결정될 수 있다.

[0083] 다음으로, 상기 주파수 성분을 이용하여 선형 방정식을 도출하는 단계(S140)를 살펴본다.

[0084] 도 3b를 참조하면, 푸리에 스펙트럼이 회전된 상태에서 선형 라인(L)이 형성되는데, 주파수 성분 중 중심점 및 3개의 좌표점을 이용하여 상기 선형 라인(L)의 방정식이 도출될 수 있다. 이러한 선형 방정식은 아래 수학식 5와 같이 표현될 수 있다.

[0086] < 수학식 5 >

[0087] $$f(x) = ax + b$$

[0088] 여기서, a는 기울기이고, b는 y절편이다.

[0089] 또한, 상기 수학식 5의 각 변수를 결정하기 위해 최소 제곱법이 사용될 수 있다. 최소 제곱법은 잔차 제곱 값의 합이 최소화되도록 파라미터를 결정하는 방법이다. 최소 제곱법은 데이터들 사이에서 패턴을 도출해내는데 사용하는 공지된 방법이므로 본 명세서에 자세한 내용은 생략한다.

[0090] 다음으로, 선형 방정식의 직선과 x축 간 각도인 회전각을 측정하는 단계(S150)를 살펴본다.

[0091] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 육각 배열 패턴 이미지를 미리 목표로 하는 각도로 회전시킨 목표각과 푸리에 스펙트럼에서 측정된 회전각 간의 관계를 나타낸 그래프이다.

[0092] 상술한 방법으로 중심점과 좌표점들을 이용하여 선형 방정식이 계산되면 선형 방정식의 기울기를 이용하여 푸리에 스펙트럼이 회전한 각도가 측정될 수 있다. 이때, 푸리에 스펙트럼의 회전한 각도는 아래 수학식 6에 의해 도출될 수 있다.

[0094] < 수학식 6 >

[0095] $$\text{회전각}(\theta) = \arctan(a) \times \frac{180}{\pi}$$

[0096] 한편, 원 이미지에서 패턴이 회전한 각도와 푸리에 스펙트럼이 회전한 각도가 비교될 수 있다. 본 명세서에서는 원 이미지에서 패턴을 미리 목표로 하는 각도로 회전시킨 각도를 목표각이라 하고, 푸리에 스펙트럼에서 측정된 각도를 회전각이라 한다. 본 발명의 일 실시예에서는 목표각을 0.5° 부터 5° 까지 0.5° 간격으로 원 이미지의 패턴을 회전하였고, 각 경우에 푸리에 스펙트럼이 이루는 각도를 측정하여 회전각을 도출하였다. 이러한 목표각과 회전각의 데이터의 관계는 아래 표 1과 같다.

[0097]

[0098] 표 1

목표각	0.5°	1.0°	1.5°	2.0°	2.5°
회전각	0.52018°	0.98504°	1.51676°	1.99738°	2.50254°
목표각	3.0°	3.5°	4.0°	4.5°	5.0°
회전각	3.03248°	3.4735°	3.98978°	4.48858°	5.03218°

[0099] 도 6에는 상기 표 1에 따른 목표각과 회전각 간의 관계가 그래프로 도시되었다. 여기서, x축은 목표각이고, y축은 회전각이다. 상기 그래프 관계식은 y = 0.0995x - 0.0053이다. 이는 이상적인 관계인 y = x 관계와 근사하다. 즉, 원 이미지에서 패턴이 회전된 각도와 푸리에 스펙트럼에서 측정된 회전각이 근사함을 알 수 있다.

[0100]

[0101] 다음으로, 본 발명의 다른 실시예에 따라 두 개의 패턴이 겹쳐진 경우 패턴의 정렬 오차를 측정하는 방법을 살펴본다.

[0102] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 두 개의 패턴이 겹쳐진 이미지의 회전각 방향의 정렬 오차를 측정하는 방법을 나타낸 도면이다.

[0103] 도 6에 도시된 바와 같이, 본 발명의 다른 실시예에 따른 패턴 정렬 시 오차 측정 방법은, 주기적인 패턴 두 개가 겹쳐진 이미지를 획득하는 단계(S210), 푸리에 변환을 수행하여 푸리에 변환 이미지를 획득하는 단계(S220), 푸리에 변환 이미지에서 주파수 성분을 파악하는 단계(S230), 선형 방정식을 도출하는 단계(S240) 및 선형 방정식의 직선과 x축의 회전각을 측정하는 단계(S250)를 포함한다.

[0104] 한편, 본 발명의 다른 실시예에 따른 두 개의 패턴이 겹쳐진 이미지의 회전각 방향의 정렬 오차를 측정하는 방법과 상술한 단일 패턴의 정렬 오차를 측정하는 방법은 정렬 오차를 측정하는 원리가 동일하다.

[0105] 먼저, 주기적인 패턴 두 개가 겹쳐진 이미지를 획득하는 단계(S210)를 살펴본다.

[0106] 본 발명의 다른 실시예에서 두 개의 패턴 형상 각각은 상술한 도 2에 도시된 패턴 형상과 동일하다. 따라서, 각 패턴 형상은 동일한 피치를 가진다.

[0107] 다음으로, 푸리에 변환을 수행하여 푸리에 변환 이미지를 획득하는 단계(S220)를 살펴본다.

[0108] 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 두 개의 육각 배열 패턴이 겹쳐진 이미지의 푸리에 변환 전후의 상태를 나타낸 것으로, 도 7a는 패턴이 회전되지 않은 상태이고, 도 7b는 패턴이 3° 회전된 상태를 나타낸 도면이고, 도 7c는 패턴이 5° 회전된 상태를 나타낸 도면이며, 도 7d는 패턴이 10° 회전된 상태를 나타낸 도면이다.

[0109] 도 7a 내지 도 7d에는 두 개의 패턴이 겹쳐진 원 이미지와 푸리에 변환된 이미지가 도시되어 있다. 여기서, 두 개의 패턴이 겹쳐진 경우, 겹쳐진 패턴 중 하나가 회전되어도 주기성을 가지는 패턴이 회전되는 것이므로 푸리에 변환 이미지 상의 푸리에 스펙트럼도 한 패턴이 회전한 각도만큼 회전한다.

[0110] 다음으로, 푸리에 변환 이미지에서 주파수 성분을 파악하는 단계(S230)를 살펴본다.

[0111] 도 7a 내지 도 7d에 도시된 바와 같이, 두 개의 패턴이 겹쳐진 원 이미지의 푸리에 스펙트럼에서 주파수 성분인 중심점과 좌표점을 결정한다. 이때, 중심점과 좌표점을 결정하는 방법 및 좌표점의 수는 상술한 내용과 같다.

[0112] 도 8은 도 7c에 도시된 예에서 패턴이 5° 회전된 상태의 푸리에 변환 이미지의 중심점과 좌표점을 나타낸 도면이고, 도 9는 도 8에서 중심점과 3개의 좌표점을 결정한 도면이다.

[0113] 도 8에는 푸리에 변환된 이미지에서 푸리에 스펙트럼을 분석하고자 하는 중심점과 좌표점(a 내지 e)이 도시되어 있다. 여기서, 도 9에 도시된 바와 같이 마스크 프로그램을 통해 이미지 전처리가 수행될 수 있다. 이는 푸리에 스펙트럼을 이루는 픽셀들 중 Gray value가 가장 높은 픽셀을 파악하기 위해 임계값 보다 낮은 픽셀은 0, 즉 검정색으로 변환하여 나타낸 것이다.

[0114] 도 10은 두 개의 육각 배열 패턴이 겹쳐진 이미지에서 분석하고자 하는 캡쳐 영역이 나타낸 도면이다.

[0115] 한편, 겹쳐진 패턴을 푸리에 변환할 때 캡쳐 영역(분석하고자 하는 주파수 스펙트럼 영역)에 따라 나타

나는 형상은 다르다. 도 10에는 원 이미지에 두 개의 캡쳐 영역(Point 1, Point 2)이 도시되어 있다. 여기서, 두 개의 캡쳐 영역에서의 겹쳐진 패턴의 형상은 다르다. 그러나, 각 캡쳐 영역을 푸리에 변환하여 주파수 영역에서 분석하면 푸리에 스펙트럼이 나타나는 위치는 같다. 즉, 반복되는 패턴을 겹쳤을 때 임의의 부분을 추출하더라도 Θ 방향으로의 정렬 오차 측정이 가능하다.

[0116] 다음으로, 상기 주파수 성분을 이용하여 선형 방정식을 도출하는 단계(S240)를 살펴본다.

[0117] 도 7a 내지 도 7d를 참조하면, 푸리에 스펙트럼이 회전된 상태에서 선형 라인(L)이 형성되는데, 주파수 성분 중 상술한 중심점 및 3개의 좌표점을 이용하여 도 7a 내지 도 7d에 도시된 각 선형 라인(L)의 방정식이 도출될 수 있다. 이러한 선형 방정식은 상기 수학식 5와 같이 표현될 수 있고, 선형 방정식의 각 변수 결정은 최소 제곱법이 사용됨은 상술한 내용과 동일하다.

[0118] 다음으로, 선형 방정식의 직선과 x축 간 각도인 회전각을 측정하는 단계(S250)를 살펴본다.

[0119] 도 11은 본 발명의 다른 실시예에 따른 두 개의 겹쳐진 육각 배열 패턴 이미지를 미리 목표로 하는 각도로 회전시켜 겹치도록 설정된 목표각과 푸리에 스펙트럼에서 측정된 회전각 간의 관계를 나타낸 그래프이다.

[0120] 상술한 방법으로 중심점과 좌표점들을 이용하여 선형 방정식이 계산되면 선형 방정식의 기울기를 이용하여 푸리에 스펙트럼이 회전한 각도가 측정될 수 있다. 이때, 푸리에 스펙트럼의 회전한 각도는 상기 수학식 6에 의해 도출될 수 있다.

[0121] 한편, 본 발명의 다른 실시예에서는 목표각을 0.5° 부터 5° 까지 0.5° 간격으로 원 이미지의 패턴을 회전하였고, 각 경우에 푸리에 스펙트럼이 이루는 각도를 측정하여 회전각을 도출하였다. 이러한 목표각과 회전각의 데이터의 관계는 아래 표 2와 같다.

[0122]

[0123] *표 2*

목표각	0.5°	1.0°	1.5°	2.0°	2.5°
회전각	0.4913°	0.9281°	1.5060°	1.9476°	2.4407°
목표각	3.0°	3.5°	4.0°	4.5°	5.0°
회전각	2.9672°	3.4321°	3.9925°	4.4691°	4.9950°

[0124] 도 11에는 상기 표 2에 따른 목표각과 회전각 간의 관계가 그래프로 도시되었다. 여기서, x축은 목표각이고, y축은 회전각이다. 상기 그래프 관계식은 y = 1.0028x -0.0408 이다. 이는 이상적인 관계인 y = x와 근사하다. 즉, 두 개 패턴이 겹쳐진 이미지에서 패턴이 회전된 각도와 푸리에 스펙트럼에서 측정된 회전각이 근사함을 알 수 있다.

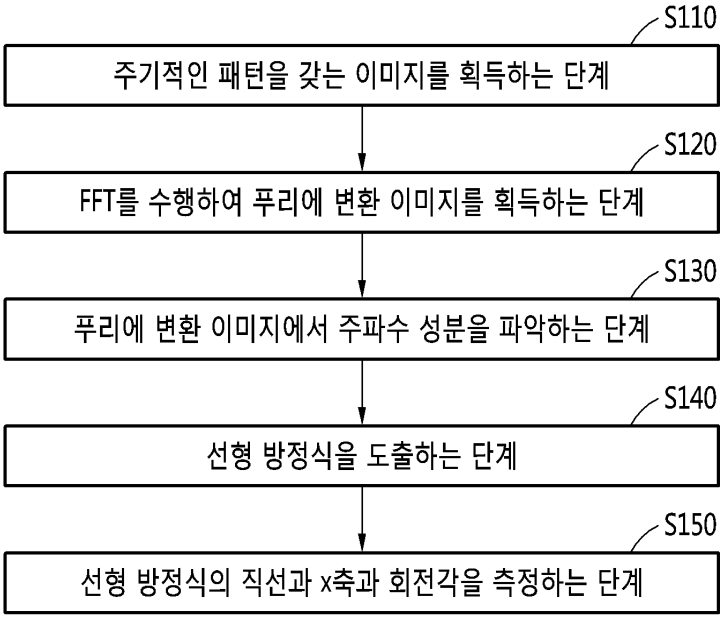
[0125] 한편, 본 발명의 다른 실시예에서는 두 개의 패턴이 겹쳐진 경우를 예를 들어 설명하였으나, 세 개 이상의 패턴이 겹쳐진 경우에도 상술한 방법으로 정렬 오차가 측정될 수 있음은 물론이다.

[0126] 상술한 바와 같이, 본 발명은 단일 패턴 또는 겹쳐진 두 개의 패턴이 Θ 방향으로 정렬 오차가 발생한 경우 주파수 영역에서 정렬 오차를 정밀하게 측정할 수 있다.

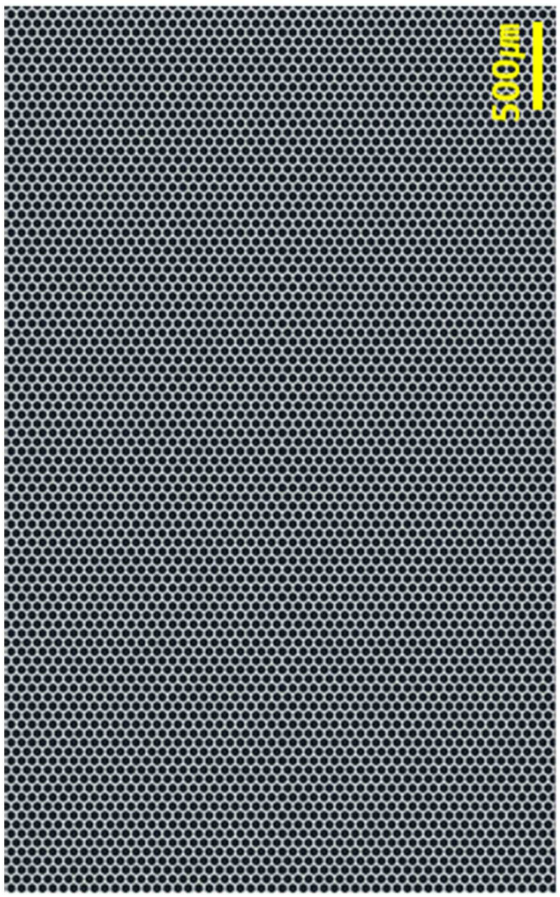
[0127] 본 발명은 첨부된 도면에 도시된 일 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 보호 범위는 첨부된 청구 범위에 의해서만 정해져야 할 것이다.

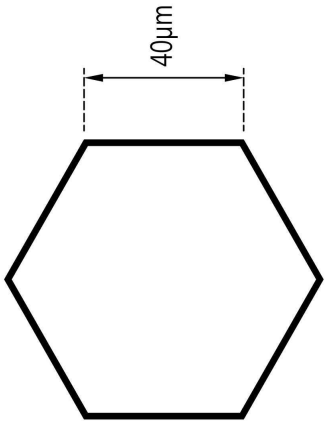
도면

도면1

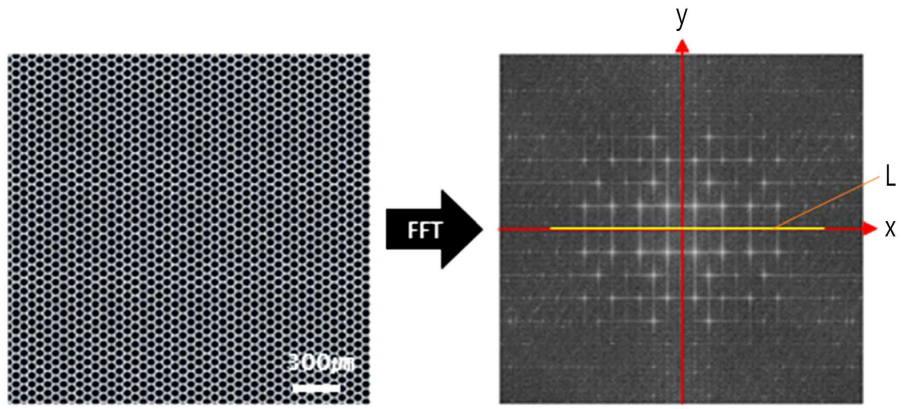

S110
주기적인 패턴을 갖는 이미지를 획득하는 단계
S120
FFT를 수행하여 푸리에 변환 이미지를 획득하는 단계
S130
푸리에 변환 이미지에서 주파수 성분을 파악하는 단계
S140
선형 방정식을 도출하는 단계
S150
선형 방정식의 직선과 x축과 회전각을 측정하는 단계

도면2

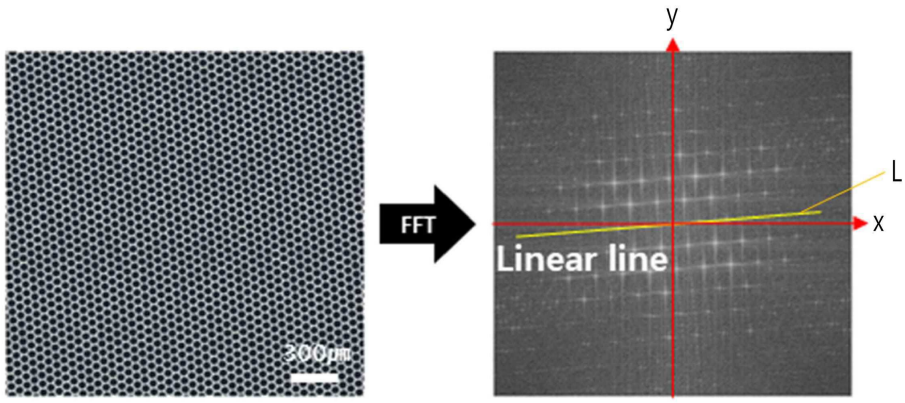




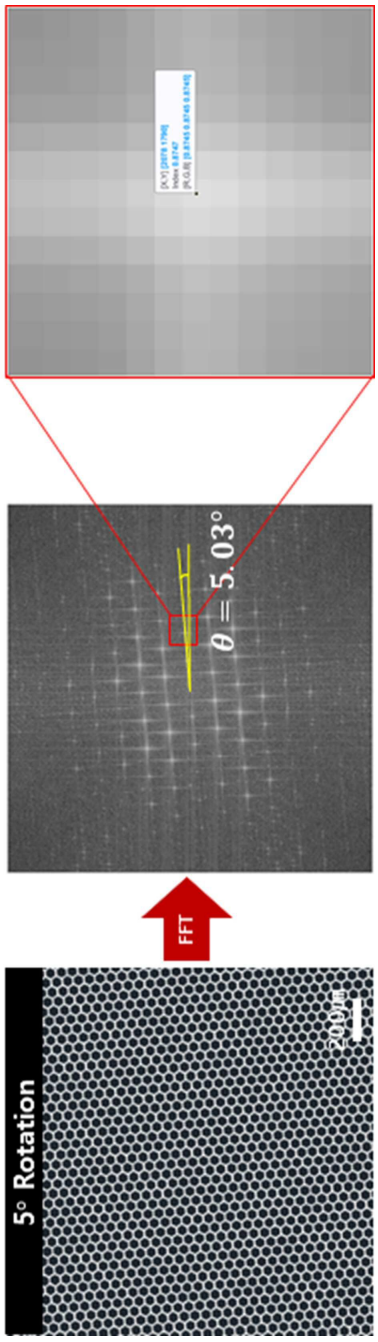
도면3a



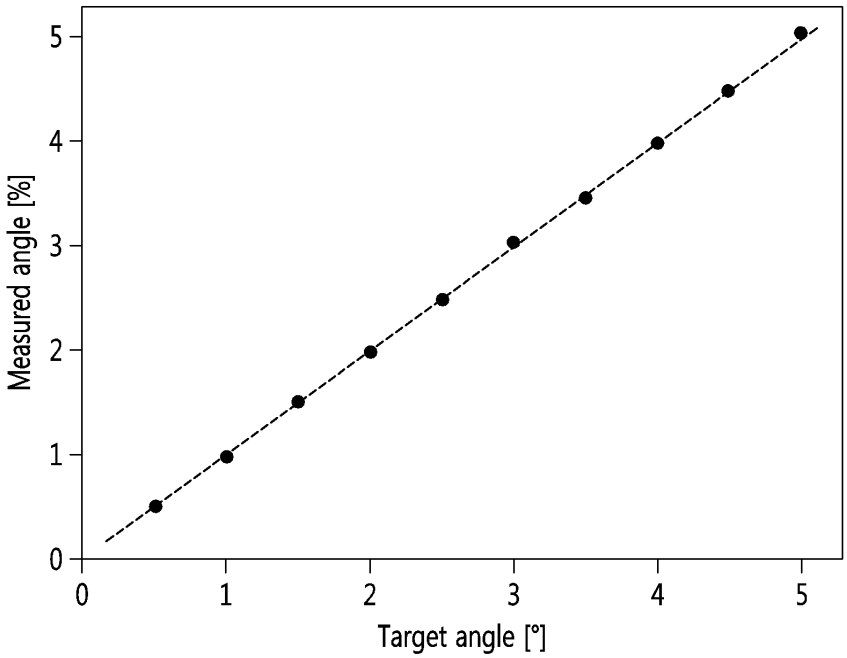
도면3b



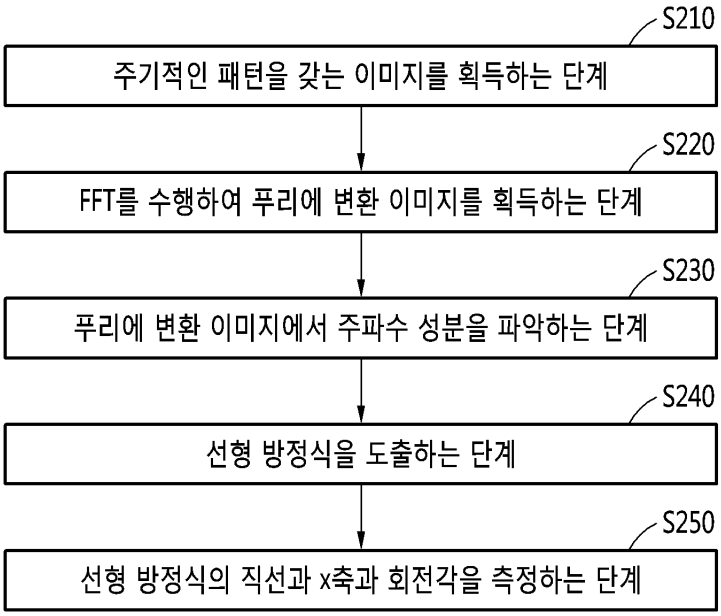
도면4



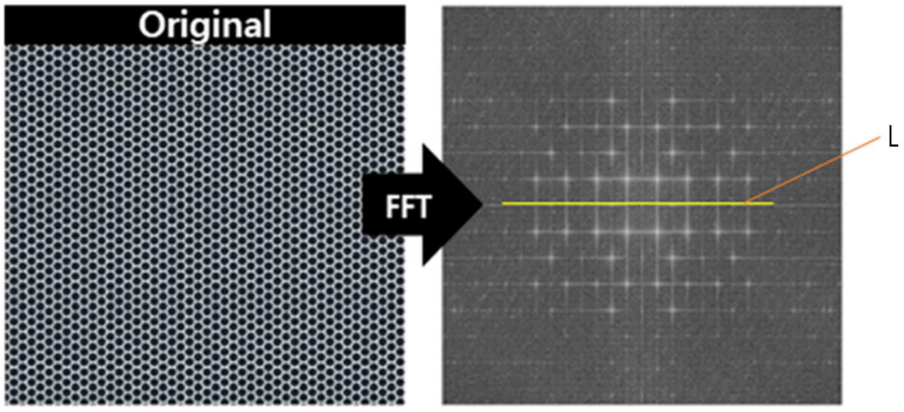
도면5


Measured angle [%]
Target angle [°]
0
1
2
3
4
5

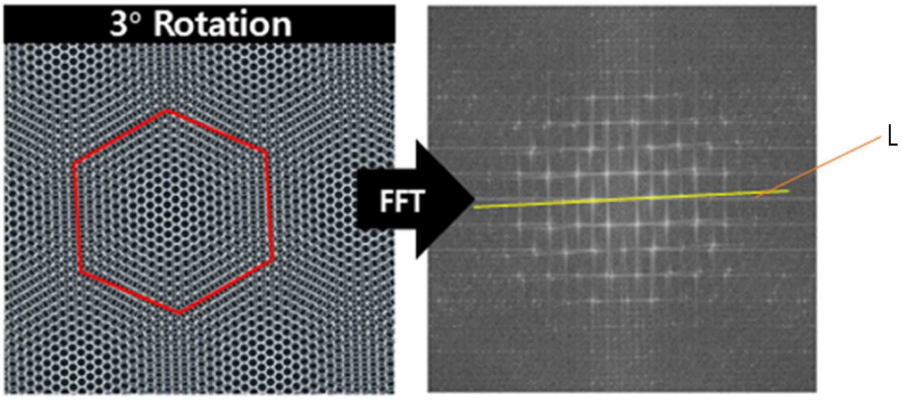
도면6


S210
주기적인 패턴을 갖는 이미지를 획득하는 단계
S220
FFT를 수행하여 푸리에 변환 이미지를 획득하는 단계
S230
푸리에 변환 이미지에서 주파수 성분을 파악하는 단계
S240
선형 방정식을 도출하는 단계
S250
선형 방정식의 직선과 x축과 회전각을 측정하는 단계

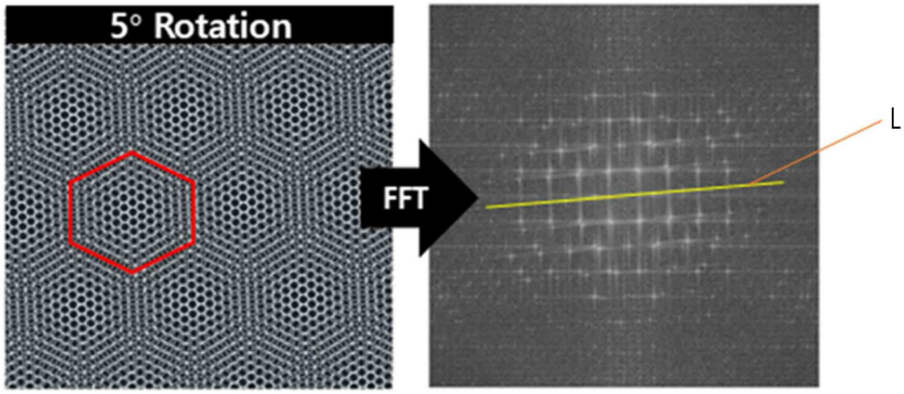
도면7a



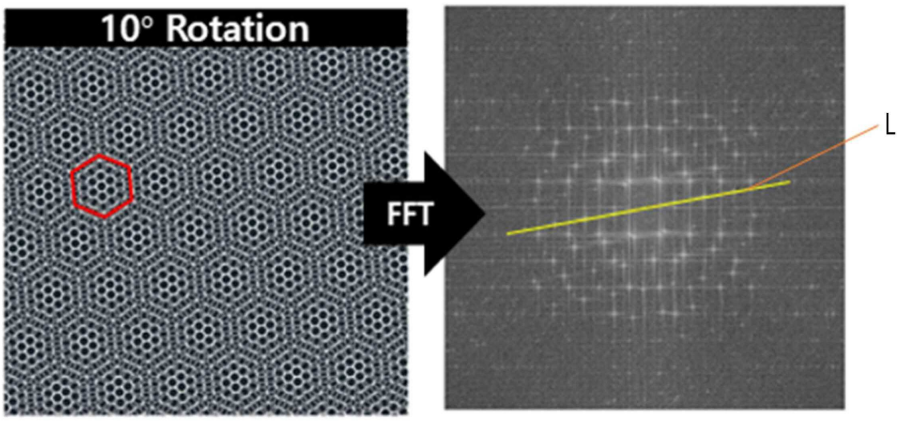
도면7b



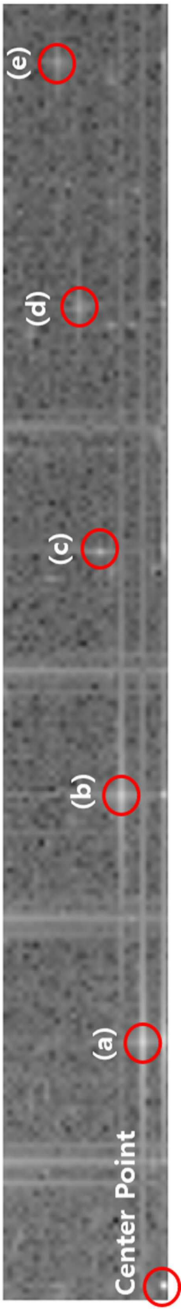
도면7c



도면7d



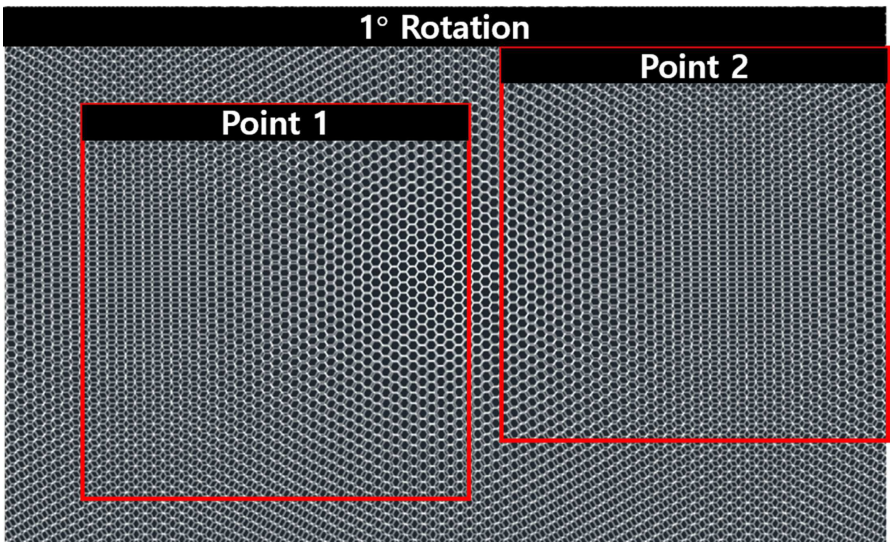
도면8



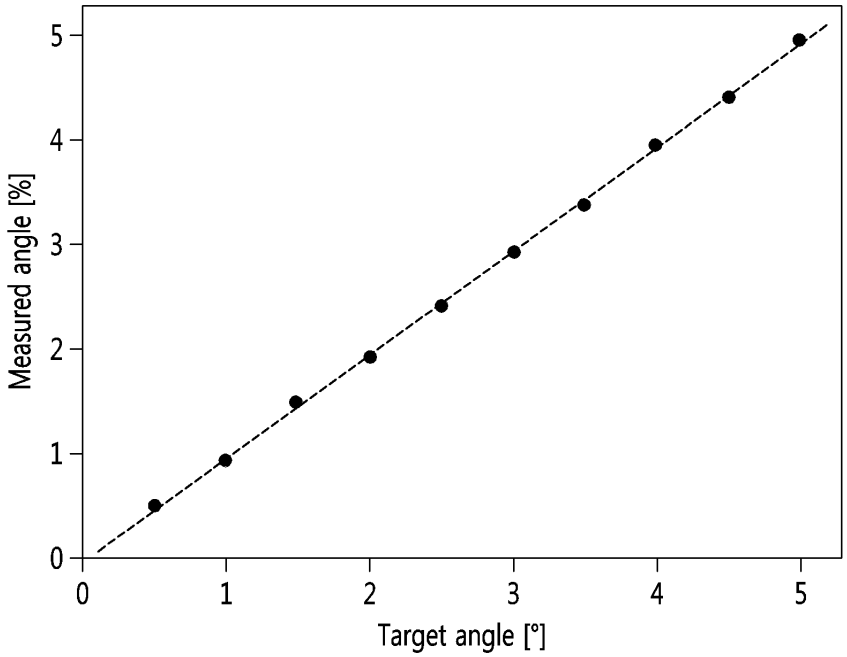
도면9



도면10


1° Rotation
Point 2
Point 1

도면11


Measured angle [%]
Target angle [°]
0
1
2
3
4
5