



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0147960
(43) 공개일자 2022년11월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 9/00 (2006.01) G03F 7/00 (2006.01)
G06N 3/08 (2006.01) G06T 7/37 (2017.01)
(52) CPC특허분류
G03F 9/7042 (2013.01)
G03F 7/0002 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0055132
(22) 출원일자 2021년04월28일
심사청구일자 2021년04월28일

(71) 출원인
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

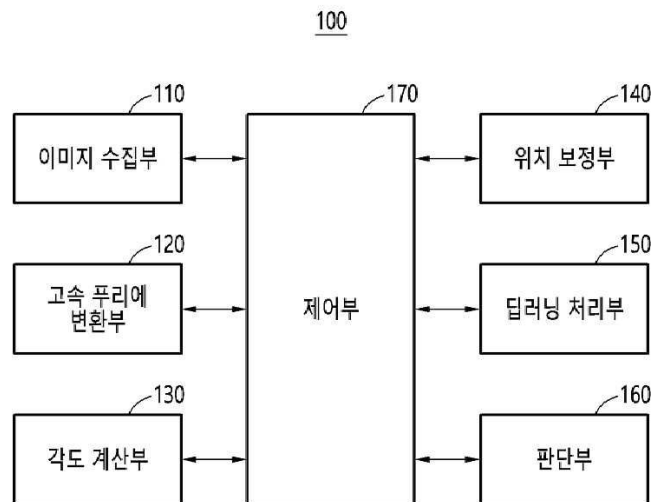
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 딥러닝 모델을 이용하여 주기적인 패턴을 정렬하는 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 주기적인 패턴의 위치를 보정하여 정렬하는 장치 및 방법에 관한 것으로서, 일 실시예에 따른 주기적인 패턴의 정렬 방법은 주기적인 패턴을 갖는 적어도 둘 이상의 패턴이 겹쳐진 이미지를 획득하는 단계, 상기 획득된 이미지의 고속 푸리에 변환을 수행하는 단계, 상기 획득된 이미지 또는 상기 고속 푸리에 변환된 결과를 기 학습된 딥러닝 모델에 적용하여 각도를 계산하는 단계, 및 상기 계산된 각도에 기초하여 상기 적어도 둘 이상의 패턴에 대한 위치를 보정하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G06N 3/08 (2013.01)

G06T 7/37 (2017.01)

(72) 발명자

김우영

경상남도 창원시 의창구 평산로171번길 6-6, 참종
은빌 401호(서상동)

서보육

경상남도 창원시 마산회원구 합성북16길 197, 104
동 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 개

발

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 1415172767

과제번호 20004280

부처명 산업통상자원부

과제관리(전문)기관명 한국산업기술평가관리원

연구사업명 산업소재핵심기술개발-첨단뿌리기술기술개발사업

연구과제명 스마트 품질 예측기반 알루미늄 차체용접용 1200kgf급 다단가압 용접 건과 2400A급

고전류 용접 시스템 및 공정기술 개발

기 여 율 1/3

과제수행기관명 조웰(주)

연구기간 2021.01.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

주기적인 패턴을 갖는 적어도 둘 이상의 패턴이 겹쳐진 이미지를 획득하는 단계;

상기 획득된 이미지의 고속 푸리에 변환을 수행하는 단계;

상기 획득된 이미지 또는 상기 고속 푸리에 변환된 결과를 기학습된 딥러닝 모델에 적용하여 각도를 계산하는 단계; 및

상기 계산된 각도에 기초하여 상기 적어도 둘 이상의 패턴에 대한 위치를 보정하는 단계; 를 포함하는

주기적인 패턴의 정렬 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 딥러닝 모델을 학습하는 단계

를 더 포함하고,

상기 딥러닝 모델을 학습하는 단계는, 카메라로 패턴 1개의 이미지를 확보하는 단계;

상기 확보된 이미지를 이용하여 임의의 x , y 축 방향으로 움직이거나, 또는 각도를 회전시켜 이미지를 생성하는 단계;

상기 생성된 이미지와 상기 확보한 패턴 1개의 이미지를 겹치는 단계;

고속 푸리에 변환된 이미지와 고속 푸리에 변환 전 이미지를 학습하는 단계; 및

상기 임의로 입력한 x , y 축 방향의 이동 값과, 회전시킨 각도를 출력변수, 이미지를 입력변수로 하여 상기 딥러닝 모델을 학습하는 단계; 를 포함하는

주기적인 패턴의 정렬 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 위치 보정의 결과, 선정된 오차범위 이내인지 여부를 판단하는 단계; 및

상기 판단 결과, 상기 선정된 오차범위 이내인 경우 위치 보정을 종료하고, 상기 선정된 오차범위 이상인 경우 위치 보정된 적어도 둘 이상의 패턴에 대한 위치 보정과정을 재수행하는 단계; 를 더 포함하는

주기적인 패턴의 정렬 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 적어도 둘 이상의 패턴은 다각형의 격벽 구조가 배열된 패턴인 것을 특징으로 하는 주기적인 패턴의 정렬 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 획득된 이미지의 고속 푸리에 변환을 수행하는 단계는,

상기 이미지에 대한 푸리에 변환 이미지를 획득하는 단계;

상기 푸리에 변환 이미지의 중심점을 기준으로 선형을 이루는 푸리에 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 포함하는,
 주기적인 패턴의 정렬 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 푸리에 변환 이미지 중 푸리에 스펙트럼을 분석하기 위한 영역의 가로 및 세로의 크기 비율은 1:1 인 것을
 특징으로 하는 주기적인 패턴의 정렬 방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 선형 방정식은 상기 중심점과, 상기 주파수 성분 중 푸리에 스펙트럼에 나타난 좌표점을 이용하여 계산되
 는 것을 특징으로 하는 주기적인 패턴의 정렬 방법.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 좌표점은 적어도 3개 이상인 것을 특징으로 하는 주기적인 패턴의 정렬 방법.

청구항 9

제5항에 있어서,

상기 좌표점은 상기 푸리에 변환 이미지의 각 픽셀의 고유값의 크기에 따라 결정되는 것을 특징으로 하는 주기
 적인 패턴의 정렬 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 고유값은 미리 설정된 임계값 보다 큰 값으로 결정되는 것을 특징으로 하는 주기적인 패턴의 정렬 방법.

청구항 11

제5항에 있어서,

상기 좌표점은 상기 중심점으로부터 미리 설정된 일정 거리 떨어져 있는 좌표점인 것을 특징으로 하는 주기적인
 패턴의 정렬 방법.

청구항 12

제5항에 있어서,

상기 선형 방정식은 최소제곱법에 의해 도출되는 것을 특징으로 하는 주기적인 패턴의 정렬 방법.

청구항 13

제5항에 있어서,

상기 회전각(θ)은 상기 선형 방정식의 기울기를 통해 계산되는 것을 특징으로 하는 주기적인 패턴의 정렬
 방법.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 회전각(θ)은 상기 선형 방정식의 기울기(a)를 아래의 수학식에 대입하여 계산되는 것을 특징으로 하는 주기적인 패턴의 정렬 방법.

< 수학식 >

$$\text{회전각}(\theta) = \text{actan}(\alpha) * \frac{180}{\pi}$$

청구항 15

제5항에 있어서,

상기 적어도 둘 이상의 패턴을 미리 목표로 하는 각도로 회전시켜 겹치도록 설정된 목표각과 상기 회전각을 비교하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 주기적인 패턴의 정렬 방법.

청구항 16

주기적인 패턴을 갖는 적어도 둘 이상의 패턴이 겹쳐진 이미지를 획득하는 이미지 수집부;

상기 획득된 이미지의 고속 푸리에 변환을 수행하는 고속 푸리에 변환부;

상기 획득된 이미지 또는 상기 고속 푸리에 변환된 결과를 기학습된 딥러닝 모델에 적용하여 각도를 계산하는 각도 계산부; 및

상기 계산된 각도에 기초하여 상기 적어도 둘 이상의 패턴에 대한 위치를 보정하는 위치 보정부;를 포함하는 주기적인 패턴의 정렬 장치.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 딥러닝 모델을 학습하는 딥러닝 처리부

를 더 포함하고,

상기 딥러닝 처리부는, 카메라로 패턴 1개의 이미지를 확보하고,

상기 확보된 이미지를 이용하여 임의의 x, y축 방향으로 움직이거나, 또는 각도를 회전시켜 이미지를 생성하며,

상기 생성된 이미지와 상기 확보한 패턴 1개의 이미지를 겹치고,

고속 푸리에 변환된 이미지와 고속 푸리에 변환 전 이미지를 학습하며,

상기 임의로 입력한 x, y 축 방향의 이동 값과, 회전시킨 각도를 출력변수, 이미지를 입력변수로 하여 상기 딥러닝 모델을 학습하는 것을 특징으로 하는

주기적인 패턴의 정렬 장치.

청구항 18

제16항에 있어서,

상기 위치 보정의 결과, 선정된 오차범위 이내인지 여부를 판단하는 판단부

를 더 포함하고,

상기 위치 보정부는,

상기 판단 결과, 상기 선정된 오차범위 이내인 경우 위치 보정을 종료하고, 상기 선정된 오차범위 이상인 경우 위치 보정된 적어도 둘 이상의 패턴에 대한 위치 보정과정을 재수행하는 것을 특징으로 하는

주기적인 패턴의 정렬 장치.

청구항 19

제16항에 있어서,
 상기 고속 푸리에 변환부는,
 상기 이미지에 대한 푸리에 변환 이미지를 획득하고,
 상기 푸리에 변환 이미지의 중심점을 기준으로 선형을 이루는 푸리에 스펙트럼의 주파수 성분을 파악하며,
 상기 주파수 성분과 중심점을 이용하여 선형 방정식을 도출하고,
 상기 푸리에 변환 이미지의 x축과 상기 선형 방정식의 직선이 이루는 회전각(θ)을 측정하는 것을 특징으로 하는
 주기적인 패턴의 정렬 장치.

청구항 20

제16항에 있어서,
 상기 푸리에 변환 이미지 중 푸리에 스펙트럼을 분석하기 위한 영역의 가로 및 세로의 크기 비율은 1:1 이고,
 상기 선형 방정식은 상기 중심점과, 상기 주파수 성분 중 푸리에 스펙트럼에 나타난 좌표점을 이용하여 계산되거나, 또는 최소제곱법에 의해 도출되고,
 상기 좌표점은 적어도 3개 이상이고, 상기 푸리에 변환 이미지의 각 픽셀의 고유값의 크기에 따라 결정되며,
 상기 고유값은 미리 설정된 임계값 보다 큰 값으로 결정되고,
 상기 좌표점은 상기 중심점으로부터 미리 설정된 일정 거리 떨어져 있는 좌표점이며,
 상기 회전각(θ)은 상기 선형 방정식의 기울기를 통해 계산되는 것을 특징으로 하는 주기적인 패턴의 정렬 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 주기적인 패턴의 위치를 보정하여 정렬하는 장치 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 주기적인 패턴을 갖는 이미지를 고속 푸리에 변환하고, 고속 푸리에 변환된 결과를 기학습된 딥러닝 모델에 적용하여 적어도 둘 이상의 패턴에 대한 위치를 적어도 4회 이상 반복하여 보정함으로써 주기적인 패턴을 오차범위 이내로 정렬하는 기술적 사상에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 Roll to roll (R2R) 공정을 통해 나노, 마이크로 패턴을 연속적으로 제작하여 기능성 필름의 대량생산이 가능해졌다. R2R 공정에는 나노, 마이크로 패턴이 식각되어 있는 패턴 롤이 필수적인데, 이는 유연 기판상에 연속적인 UV nano imprint lithography를 통해 대면적의 패턴을 제작한 후 롤에 감아 사용하게 된다. 대면적 패턴은 몰드 상에 식각된 정렬 마크를 활용하여 패턴을 정밀 정렬한 후 웨도우마스크를 이용하여 UV 광을 선택적으로 조사하는 과정을 연속적으로 수행하여 제작된다. 패턴을 정밀 정렬하는데 사용되는 정렬 마크는 대면적 몰드에 연속적으로 주기적이게 남으며 이로 인해 패턴의 표면 특성이 저하된다. 따라서 정렬마크를 사용하지 않으며 연속적으로 주기적인 패턴만으로 정렬하는 방법이 필요하다.

[0003] 한편, 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.

[0004] 한편, 대면적의 패턴을 제작하는 대표적인 기술로 스텝 앤 리פט UV 나노 임프린트 리소그래피가 공개되어 있다. 이는 패턴 몰드 상에 식각되어 있는 정렬 마크를 일치시켜 패턴을 정밀 정렬하고, 웨도우 마스크를 활용하여 경

화하고자 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.

- [0005] 근래에는 상술한 정렬 마크 없이 대면적 패턴을 제작하는 연구가 이루어지고 있지만, 패턴을 정밀 정렬하지 않기 때문에 패턴이 이어지는 부분에는 수십 μm 크기의 심(seam) 라인이 형성되어 깔끔하지 못하다. 따라서, 마이크로/나노 패턴의 대면적화에 있어서 정밀한 정렬 공정이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 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 측정하고, 딥러닝 모델을 학습하여 정렬 오차를 보정하는 기술을 제시하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0007] 상기의 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 주기적인 패턴의 정렬 방법은 주기적인 패턴을 갖는 적어도 둘 이상의 패턴이 겹쳐진 이미지를 획득하는 단계, 상기 획득된 이미지의 고속 푸리에 변환을 수행하는 단계, 상기 획득된 이미지 또는 상기 고속 푸리에 변환된 결과를 기학습된 딥러닝 모델에 적용하여 각도를 계산하는 단계, 및 상기 계산된 각도에 기초하여 상기 적어도 둘 이상의 패턴에 대한 위치를 보정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0008] 본 발명의 일 실시예에 따른 주기적인 패턴의 정렬 방법은 상기 딥러닝 모델을 학습하는 단계를 더 포함하고, 상기 딥러닝 모델을 학습하는 단계는, 카메라로 패턴 1개의 이미지를 확보하는 단계, 상기 확보된 이미지를 이용하여 임의의 x , y 축 방향으로 움직이거나, 또는 각도를 회전시켜 이미지를 생성하는 단계, 상기 생성된 이미지와 상기 확보한 패턴 1개의 이미지를 겹치는 단계, 고속 푸리에 변환된 이미지와 고속 푸리에 변환 전 이미지를 학습하는 단계, 및 상기 임의로 입력한 x , y 축 방향의 이동 값과, 회전시킨 각도를 출력변수, 이미지를 입력변수로 하여 상기 딥러닝 모델을 학습하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0009] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 위치 보정의 결과, 선정된 오차범위 이내인지 여부를 판단하는 단계, 및 상기 판단 결과, 상기 선정된 오차범위 이내인 경우 위치 보정을 종료하고, 상기 선정된 오차범위 이상인 경우 위치 보정된 적어도 둘 이상의 패턴에 대한 위치 보정과정을 재수행하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 적어도 둘 이상의 패턴은 다각형의 격벽 구조가 배열된 패턴을 포함한다.
- [0011] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 획득된 이미지의 고속 푸리에 변환을 수행하는 단계는, 상기 이미지에 대한 푸리에 변환 이미지를 획득하는 단계, 상기 푸리에 변환 이미지의 중심점을 기준으로 선형을 이루는 푸리에 스펙트럼의 주파수 성분을 파악하는 단계, 상기 주파수 성분과 중심점을 이용하여 선형 방정식을 도출하는 단계, 및 상기 푸리에 변환 이미지의 x 축과 상기 선형 방정식의 직선이 이루는 회전각(θ)을 측정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 푸리에 변환 이미지 중 푸리에 스펙트럼을 분석하기 위한 영역의 가로 및 세로의 크기 비율은 1:1 인 것을 특징으로 한다.
- [0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 선형 방정식은 상기 중심점과, 상기 주파수 성분 중 푸리에 스펙트럼에 나타난 좌표점을 이용하여 계산될 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 좌표점은 적어도 3개 이상인 것을 특징으로 한다.
- [0015] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 좌표점은 상기 푸리에 변환 이미지의 각 픽셀의 고유값의 크기에 따라 결정될 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 고유값은 미리 설정된 임계값 보다 큰 값으로 결정될 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 좌표점은 상기 중심점으로부터 미리 설정된 일정 거리 떨어져 있는 좌표점인 것을 특징으로 한다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 선형 방정식은 최소제곱법에 의해 도출될 수 있다.

- [0019] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 회전각($\hat{\epsilon}$)은 상기 선형 방정식의 기울기를 통해 계산될 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 회전각($\hat{\epsilon}$)은 상기 선형 방정식의 기울기(a)를 아래의 수학식에 대입하여 계산될 수 있다.
- [0022] < 수학식 >
- [0023] 회전각($\hat{\epsilon}$) =
$$\arctan(\alpha) * \frac{180}{\pi}$$
- [0025] 본 발명의 일 실시예에 따른 주기적인 패턴의 정렬 방법은 상기 적어도 둘 이상의 패턴을 미리 목표로 하는 각도로 회전시켜 겹치도록 설정된 목표각과 상기 회전각을 비교하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0026] 본 발명의 일 실시예에 따른 주기적인 패턴의 정렬 장치는 주기적인 패턴을 갖는 적어도 둘 이상의 패턴이 겹쳐진 이미지를 획득하는 이미지 수집부, 상기 획득된 이미지의 고속 푸리에 변환을 수행하는 고속 푸리에 변환부, 상기 획득된 이미지 또는 상기 고속 푸리에 변환된 결과를 기학습된 딥러닝 모델에 적용하여 각도를 계산하는 각도 계산부, 및 상기 계산된 각도에 기초하여 상기 적어도 둘 이상의 패턴에 대한 위치를 보정하는 위치 보정부를 포함할 수 있다.
- [0027] 본 발명의 일 실시예에 따른 주기적인 패턴의 정렬 장치는 상기 딥러닝 모델을 학습하는 딥러닝 처리부를 더 포함하고, 상기 딥러닝 처리부는, 카메라로 패턴 1개의 이미지를 확보할 수 있다.
- [0028] 본 발명의 일 실시예에 따른 주기적인 패턴의 정렬 장치는 상기 확보된 이미지를 이용하여 임의의 x, y축 방향으로 움직이거나, 또는 각도를 회전시켜 이미지를 생성하며, 상기 생성된 이미지와 상기 확보한 패턴 1개의 이미지를 겹치고, 고속 푸리에 변환된 이미지와 고속 푸리에 변환 전 이미지를 학습하며, 상기 임의로 입력한 x, y 축 방향의 이동 값과, 회전시킨 각도를 출력변수, 이미지를 입력변수로 하여 상기 딥러닝 모델을 학습할 수 있다.
- [0029] 본 발명의 일 실시예에 따른 주기적인 패턴의 정렬 장치는 상기 위치 보정의 결과, 선정된 오차범위 이내인지 여부를 판단하는 판단부를 더 포함하고, 상기 위치 보정부는, 상기 판단 결과, 상기 선정된 오차범위 이내인 경우 위치 보정을 종료하고, 상기 선정된 오차범위 이상인 경우 위치 보정된 적어도 둘 이상의 패턴에 대한 위치 보정과정을 재수행할 수 있다.
- [0030] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 고속 푸리에 변환부는, 상기 이미지에 대한 푸리에 변환 이미지를 획득하고, 상기 푸리에 변환 이미지의 중심점을 기준으로 선형을 이루는 푸리에 스펙트럼의 주파수 성분을 파악하며, 상기 주파수 성분과 중심점을 이용하여 선형 방정식을 도출하고, 상기 푸리에 변환 이미지의 x축과 상기 선형 방정식의 직선이 이루는 회전각($\hat{\epsilon}$)을 측정할 수 있다.
- [0031] 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 푸리에 변환 이미지 중 푸리에 스펙트럼을 분석하기 위한 영역의 가로 및 세로의 크기 비율은 1:1 이고, 상기 선형 방정식은 상기 중심점과, 상기 주파수 성분 중 푸리에 스펙트럼에 나타난 좌표점을 이용하여 계산되거나, 또는 최소제곱법에 의해 도출되고, 상기 좌표점은 적어도 3개 이상이고, 상기 푸리에 변환 이미지의 각 픽셀의 고유값의 크기에 따라 결정되며, 상기 고유값은 미리 설정된 임계값보다 큰 값으로 결정되고, 상기 좌표점은 상기 중심점으로부터 미리 설정된 일정 거리 떨어져 있는 좌표점이며, 상기 회전각($\hat{\epsilon}$)은 상기 선형 방정식의 기울기를 통해 계산될 수 있다.

발명의 효과

- [0032] 본 발명에 따르면, 상술한 종래 기술이 가진 문제를 해결하기 위해 고안된 것으로, 주기적인 패턴을 갖는 단일 패턴 또는 두개의 패턴이 겹쳐진 패턴의 정렬 오차를 정밀하게 측정하고, 딥러닝 모델을 학습하여 정렬 오차를 보정할 수 있으므로 정밀 정렬 공정이 필요한 산업 분야에 다양하게 활용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0033] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 주기적인 패턴의 정렬 장치를 설명하는 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 주기적인 패턴의 정렬 방법을 설명하는 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 주기적인 패턴의 정렬 방법 중에서 딥러닝 모델을 학습하는 방법을 설명하는 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 단일 패턴 이미지의 회전각 방향의 정렬 오차를 측정하는 방법을 나타낸 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 육각 배열 패턴을 갖는 이미지를 나타낸 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 육각 배열 패턴을 갖는 이미지의 푸리에 변환 전후 상태를 나타낸 것으로, 도 6a는 패턴이 회전되지 않은 상태를 나타낸 도면이고, 도 6b는 패턴이 회전된 상태를 나타낸 도면이다.
- 도 7은 도 6b의 회전된 육각 배열 패턴 이미지를 푸리에 변환하여 주파수 성분을 분석한 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 육각 배열 패턴 이미지를 미리 목표로 하는 각도로 회전시킨 목표각과 푸리에 스펙트럼에서 측정된 회전각 간의 관계를 나타낸 그래프이다.
- 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 두 개의 패턴이 겹쳐진 이미지의 회전각 방향의 정렬 오차를 측정하는 방법을 나타낸 도면이다.
- 도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 두 개의 육각 배열 패턴이 겹쳐진 이미지의 푸리에 변환 전후의 상태를 나타낸 것으로, 도 10a는 패턴이 회전되지 않은 상태이고, 도 10b는 패턴이 3° 회전된 상태를 나타낸 도면이고, 도 10c는 패턴이 5° 회전된 상태를 나타낸 도면이며, 도 10d는 패턴이 10° 회전된 상태를 나타낸 도면이다.
- 도 11은 도 10c에 도시된 예에서 패턴이 5° 회전된 상태의 푸리에 변환 이미지의 중심점과 좌표점을 나타낸 도면이다.
- 도 12는 도 12에서 중심점과 3개의 좌표점을 결정한 도면이다.
- 도 13은 두 개의 육각 배열 패턴이 겹쳐진 이미지에서 분석하고자 하는 캡처 영역이 나타낸 도면이다.
- 도 14는 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

- [0034] 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.
- [0035] 본 발명은 패턴 정렬 시 오차 측정 방법에 관한 것으로, 나노 임프린트 공정에 따라 패턴 제작용 몰드를 이용하여 마스터 기관에 패턴을 형성할 때 패턴을 정밀하게 정렬하기 위한 발명이다. 이때, 본 발명의 일 실시예에 따른 패턴 제작용 몰드에는 마스터 기관에 패턴을 복제할 수 있는 제1 영역과, 마스터 기관에 이미 형성된 이전 패턴 영역과 겹쳐 마스터 기관의 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 발생할 수 있다. 또한, 이전 패턴 영역에 형성된 패턴 자체가 회전된 상태로 형성될 수 있어 다음 패턴과의 정렬 오차(단일 패턴의 정렬 오차)가 발생할 수도 있다. 본 발명은 이러한 정렬 오차를 측정하기 위한 방법을 제시한다.
- [0036] 다만, 본 발명은 상술한 실시예에 한정되지 않고, 주기적인 패턴을 갖는 이미지의 정렬 오차를 측정할 수 있는 다양한 실시예에 적용될 수 있다.
- [0037] 한편, 마스터 기관에 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.

- [0038] 우선, 본 발명의 일 실시예에 따른 단일 패턴의 정렬 오차를 측정하는 방법을 살펴본다.
- [0040] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 주기적인 패턴의 정렬 장치(100)를 설명하는 도면이다.
- [0041] 본 발명은 주기적인 패턴을 갖는 단일 패턴 또는 두개의 패턴이 겹쳐진 패턴의 정렬 오차를 정밀하게 측정하고, 딥러닝 모델을 학습하여 정렬 오차를 보정하는 기술을 제공할 수 있다.
- [0042] 이를 위해, 본 발명의 일 실시예에 따른 주기적인 패턴의 정렬 장치(100)는 이미지 수집부(110), 고속 푸리에 변환부(120), 각도 계산부(130), 및 위치 보정부(140)를 포함할 수 있다.
- [0043] 일 실시예에 따른 이미지 수집부(110)는 주기적인 패턴을 갖는 적어도 둘 이상의 패턴이 겹쳐진 이미지를 획득할 수 있다.
- [0044] 일 실시예에 따른 고속 푸리에 변환부(120)는 획득된 이미지의 고속 푸리에 변환을 수행할 수 있다.
- [0045] 고속 푸리에 변환부(120)는 이미지에 대한 푸리에 변환 이미지를 획득할 수 있다. 또한, 푸리에 변환 이미지의 중심점을 기준으로 선형을 이루는 푸리에 스펙트럼의 주파수 성분을 파악하며, 주파수 성분과 중심점을 이용하여 선형 방정식을 도출하고, 푸리에 변환 이미지의 x축과 상기 선형 방정식의 직선이 이루는 회전각(θ)을 측정할 수 있다.
- [0046] 이 경우, 푸리에 변환 이미지 중 푸리에 스펙트럼을 분석하기 위한 영역의 가로 및 세로의 크기 비율은 1:1 이고, 선형 방정식은 상기 중심점과, 상기 주파수 성분 중 푸리에 스펙트럼에 나타난 좌표점을 이용하여 계산되거나, 또는 최소제곱법에 의해 도출될 수 있다.
- [0047] 또한, 푸리에 변환 이미지를 획득하는데 필요한 좌표점은 적어도 3개 이상이고, 푸리에 변환 이미지의 각 픽셀의 고유값의 크기에 따라 결정될 수 있다.
- [0048] 또한, 고유값은 미리 설정된 임계값 보다 큰 값으로 결정되고, 좌표점은 중심점으로부터 미리 설정된 일정 거리 떨어져 있는 좌표점이며, 회전각(θ)은 선형 방정식의 기울기를 통해 계산될 수 있다.
- [0049] 일 실시예에 따른 각도 계산부(130)는 획득된 이미지 또는 상기 고속 푸리에 변환된 결과를 기학습된 딥러닝 모델에 적용하여 각도를 계산할 수 있다.
- [0050] 일 실시예에 따른 위치 보정부(140)는 계산된 각도에 기초하여 상기 적어도 둘 이상의 패턴에 대한 위치를 보정할 수 있다.
- [0051] 제어부(170)는 도면부호 110 내지 160로 식별되는 구성요소들로부터의 제어신호를 수신하여 실질적인 처리를 수행하는 프로세서이거나, 각 구성요소들 간에 데이터 신호를 전달하는 등의 기능을 수행할 수 있다.
- [0052] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 주기적인 패턴의 정렬 장치(100)는 딥러닝 모델에 대한 학습을 위해, 딥러닝 처리부(150)를 더 포함할 수 있다.
- [0053] 일 실시예에 따른 딥러닝 처리부(150)는, 카메라로 패턴 1개의 이미지를 확보하고, 확보된 이미지를 이용하여 임의의 x, y축 방향으로 움직이거나, 또는 각도를 회전시켜 이미지를 생성할 수 있다.
- [0054] 또한, 딥러닝 처리부(150)는 생성된 이미지와 상기 확보한 패턴 1개의 이미지를 겹치고, 고속 푸리에 변환된 이미지와 고속 푸리에 변환 전 이미지를 학습하며, 임의로 입력한 x, y 축 방향의 이동 값과, 회전시킨 각도를 출력변수, 이미지를 입력변수로 하여 딥러닝 모델을 학습할 수 있다.
- [0055] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 주기적인 패턴의 정렬 장치(100)는 판단부(160)를 더 포함할 수 있다.
- [0056] 일 실시예에 따른 판단부(160)는 위치 보정의 결과, 선정된 오차범위 이내인지 여부를 판단할 수 있다.
- [0057] 일 실시예에 따른 위치 보정부(140)는 판단부(160)의 판단 결과, 선정된 오차범위 이내인 경우 위치 보정을 종료하고, 선정된 오차범위 이상인 경우에만 위치 보정된 적어도 둘 이상의 패턴에 대한 위치 보정과정을 재수행할 수 있다.
- [0058] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 주기적인 패턴의 정렬 방법을 설명하는 도면이다.

- [0059] 도 2에서 보는 바와 같이, 우선적으로, 패턴 획득을 위한 카메라를 준비할 수 있다(S101).
- [0060] 다음으로, 주기적인 패턴의 정렬 방법은 주기적인 패턴을 갖는 적어도 둘 이상의 패턴이 겹쳐진 이미지를 획득할 수 있다(S102).
- [0061] 또한, 주기적인 패턴의 정렬 방법은 획득된 이미지의 고속 푸리에 변환을 수행하여 고속 푸리에 변환 분석을 수행할 수 있다(S103).
- [0062] 다음으로, 주기적인 패턴의 정렬 방법은 획득된 이미지 또는 고속 푸리에 변환된 결과를 기학습된 딥러닝 모델에 적용하여 분석하고(S104), 기학습된 딥러닝 모델에 적용한 결과에 기초하여 x , y 방향 오차와 함께 각도를 계산할 수 있다(S105).
- [0063] 주기적인 패턴의 정렬 방법은 계산된 각도에 기초하여 적어도 둘 이상의 패턴에 대한 위치를 보정할 수 있다(S106).
- [0064] 주기적인 패턴의 정렬 방법은 위치 보정 결과, 선정된 오차범위 이내인지 여부를 판단할 수 있다(S107).
- [0065] 주기적인 패턴의 정렬 방법은 S107의 판단 결과에 따라, 선정된 오차범위 이내인 경우 위치 보정을 종료하고, 선정된 오차범위 이상인 경우 위치 보정된 S102로 분기하여 S102로부터 시작되는 적어도 둘 이상의 패턴에 대한 위치 보정과정을 재수행할 수 있다.
- [0066] 구체적인 예로, 계산된 각도를 바탕으로 위치를 보정하여 각도가 0.05° 보다 작고, x , y 방향으로의 오차가 $1\mu\text{m}$ 미만이 될 때 위치보정이 완료된다. 각도가 0.05° 이상이거나 x , y 방향의 위치 오차가 $1\mu\text{m}$ 이상일 경우 보정된 겹쳐진 패턴의 이미지를 확보하여 다시 정렬을 반복할 수 있다.
- [0067] 일 실시예에 따른 주기적인 패턴의 정렬 방법은 딥러닝 모델을 학습하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0068] 이는 이하 도 3에서 보다 구체적으로 설명한다.
- [0069] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 주기적인 패턴의 정렬 방법 중에서 딥러닝 모델을 학습하는 방법을 설명하는 도면이다.
- [0070] 일 실시예에 따른 주기적인 패턴의 정렬 방법은 딥러닝 모델을 학습하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0071] 먼저, 딥러닝 모델을 학습하기 위해, 패턴 1개의 이미지를 확보할 수 있다.
- [0072] 또한, 확보된 이미지를 이용하여 임의로 x , y 축 방향으로 움직이고 각도를 회전시킨 이미지를 생성할 수 있다. 또한, 생성된 이미지와 기존의 패턴 1 개의 이미지를 겹친 후 데이터의 확장을 이용해 데이터의 수를 늘린다. 그 후 FFT분석 된 이미지와 기존의 이미지를 학습시키고, 임의로 입력한 x , y 축 방향의 이동 값과 회전시킨 각도를 출력변수, 이미지를 입력변수로 하여 딥러닝 알고리즘을 학습시킬 수 있다.
- [0073] 구체적으로, 주기적인 패턴의 정렬 방법은 카메라로 패턴 1개의 이미지(S201)를 확보하고, 확보된 이미지를 이용하여 임의의 x , y 축 방향으로 움직이거나, 또는 각도를 회전시켜 이미지를 생성할 수 있다(S202).
- [0074] 또한, 생성된 이미지와 확보한 패턴 1개의 이미지를 겹치면서(S204), 데이터를 확대해 나갈 수 있다(S205).
- [0075] 다음으로, 딥러닝 모델을 학습하기 위해, 고속 푸리에 변환 분석을 수행하되(S206), 이 과정에서 고속 푸리에 변환된 이미지와 고속 푸리에 변환 전 이미지를 학습할 수 있다.
- [0076] 또한, 주기적인 패턴의 정렬 방법은 임의로 입력한 x , y 축 방향의 이동 값과, 회전시킨 각도를 출력변수, 이미지를 입력변수로 하여 딥러닝 모델을 학습하고(S207), 결과적으로 최종 학습 모델을 생성할 수 있다(S208).
- [0077] 또한 단계 S202의 x , y 방향으로의 이동과 딥러닝 모델에 대한 학습을 위해, 단계 S203을 통해 각도 입력과, x , y 오차를 입력 받을 수 있다.
- [0078] 이렇게 학습된 딥러닝 모델은 주기적인 패턴의 정렬 방법 또는 장치에 다시 적용될 수 있다.
- [0079] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 단일 패턴 이미지의 회전각 방향의 정렬 오차를 측정하는 방법을 나타낸 도면이다.
- [0080] 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 패턴 정렬 시 오차 측정 방법은, 주기적인 패턴을 갖는 이미지를 획득하는 단계(S310), 푸리에 변환을 수행하여 푸리에 변환 이미지를 획득하는 단계(S320), 푸리에 변환 이미지에서 주파수 성분을 파악하는 단계(S330), 선형 방정식을 도출하는 단계(S340) 및 선형 방정식의 직선

과 x축의 회전각을 측정하는 단계(S350)를 포함한다.

[0081] 먼저, 주기적인 패턴을 갖는 이미지를 획득하는 단계(S310)를 살펴본다.

[0082] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 육각 배열 패턴을 갖는 이미지를 나타낸 도면이다.

[0083] 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 5에 도시된 바와 같이 육각 배열 패턴을 갖는 이미지가 사용된다. 여기서 육각 형의 피치는 $40\mu\text{m}$ 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.

[0084] 다음으로, 푸리에 변환을 수행하여 푸리에 변환 이미지를 획득하는 단계(S320)를 살펴본다.

[0085] 일반적으로, 영상 처리에 있어서 푸리에 변환(Fourier Transform)은 이미지를 아래 수학적 식 1과 같이 다양한 크기, 주파수, 위상을 가지는 복소수 지수의 합으로 표현할 수 있다.

[0087] < 수학적 식 1 >

$$F(\omega_1, \omega_2) = \sum_{x=-\infty}^{\infty} \sum_{y=-\infty}^{\infty} f(x, y) e^{-j\omega_1 x} \cdot e^{-j\omega_2 y} \quad (1)$$

[0088]

[0090] 여기서, 변수 x와 y는 공간 영역에서의 좌표 변수이고, ω_1 , ω_2 는 주파수 영역에서의 좌표 변수이다. ω_1 는 x 방향(원 이미지의 가로 방향)으로의 좌표 변수이고, ω_2 는 y 방향(원 이미지의 세로 방향)으로의 좌표 변수이다.

[0091] 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 6a 및 6b에는 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.

[0092] 영상 처리에서의 주파수는 이미지를 이루고 있는 픽셀들이 가지는 고유값, 즉 Gray value 또는 RGB 값이 얼마나 자주 바뀌는지를 의미한다. 또한, 상기 수학적 식 1은 아래 수학적 식 2와 같이 오일러 공식을 통해 수학적 식 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.

[0094] < 수학적 식 2 >

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

[0095]

[0096] 푸리에 변환된 데이터를 상기 수학적 식 2에 대입하여 역 변환하면 원 이미지가 다시 생성된다. 한편, 푸리에 스펙트럼의 좌표점(ω_1 , ω_2)은 아래 수학적 식 4에 의해 계산될 수 있다.

[0097]

[0098] < 수학적 식 4 >

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

[0099]

[0100] 여기서, ω_1 는 주파수 영역의 좌표로서 이미지의 가로 방향의 좌표 변수이고, ω_2 는 이미지의 세로 방향으로의 좌표 변수이며, W는 이미지의 가로 크기이며, H는 이미지의 세로 크기이다.

[0101] 즉, 원 이미지는 일정한 주기를 가진 패턴 이미지로서, 원 이미지의 가로 및 x 방향으로 T(x)의 주기를 가지며, y 방향으로 T(y)의 주기를 가지며, 이러한 관계를 이용하여 상기 수학식 4에 따라 푸리에 스펙트럼의 좌표점이 계산될 수 있다. 한편, 푸리에 좌표점 간 관계는 아래 수학식 5와 같다.

[0103] < 수학식 5 >

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

[0104]

[0105] 상기 수학식 5에 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 $\hat{u}_1$ 과 $\hat{u}_2$ 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.

[0106] 한편, 본 발명의 일 실시예에서는 푸리에 변환 중 고속 푸리에 변환(Fast Fourier transform: FFT)가 수행된다.

[0107] 다음으로, 푸리에 변환 이미지에서 주파수 성분을 파악하는 단계(S330)를 살펴본다.

[0108] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 육각 배열 패턴을 갖는 이미지의 푸리에 변환 전후 상태를 나타낸 것으로, 도 6a는 패턴이 회전되지 않은 상태를 나타낸 도면이고, 도 6b는 패턴이 회전된 상태를 나타낸 도면이고, 도 7는 도 6b의 회전된 육각 배열 패턴 이미지를 푸리에 변환하여 주파수 성분을 분석한 도면이다.

[0109] 도 6a 및 도 6b에 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 6b에는 원 이미지의 패턴이 5° 회전된 상태에서 푸리에 변환된 이미지가 도시되어 있다.

[0110] 도 7을 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 7에는 좌표점 중 Gray value가 높은 좌표점 하나가 확대되어 도시되었다.

[0111] 한편, 본 발명의 일 실시예에서 좌표점은 3개가 사용되었으나, 좌표점은 3개 보다 적거나 그보다 많게 결정될 수 있다.

[0112] 다음으로, 상기 주파수 성분을 이용하여 선형 방정식을 도출하는 단계(S340)를 살펴본다.

[0113] 도 6b를 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 6과 같이 표현될 수 있다.

[0115] < 수학식 6 >

$$f(x) = ax + b$$

[0116]

[0117] 여기서, a는 기울기이고, b는 y절편이다.

[0118] 또한, 상기 수학식의 각 변수를 결정하기 위해 아래 수학식 7 및 8과 같은 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.

[0119] 다음으로, 선형 방정식의 직선과 x축 간 각도인 회전각을 측정하는 단계(S350)를 살펴본다.

[0120] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 육각 배열 패턴 이미지를 미리 목표로 하는 각도로 회전시킨 목표각과 푸리에 스펙트럼에서 측정된 회전각 간의 관계를 나타낸 그래프이다.

[0121] 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 수학적 7에 의해 도출될 수 있다.

[0122] < 수학적 7 >

[0123]
$$\text{회전각}(\theta) = \arctan(a) \times \frac{180}{\pi}$$

[0125] 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.

[0127] < 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°

[0128]

[0130] 도 9에는 상기 표 1에 따른 목표각과 회전각 간의 관계가 그래프로 도시되었다. 여기서, x축은 목표각이고, y축은 회전각이다. 상기 그래프 관계식은 $y = 0.0995x - 0.0053$ 이다. 이는 이상적인 관계인 $y = x$ 관계와 근사한 값이다. 즉, 원 이미지에서 패턴이 회전된 각도와 푸리에 스펙트럼에서 측정된 회전각이 근사함을 알 수 있다.

[0132] 다음으로, 본 발명의 다른 실시예에 따라 두 개의 패턴이 겹쳐진 경우 패턴의 정렬 오차를 측정하는 방법을 살펴본다.

[0133] 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 두 개의 패턴이 겹쳐진 이미지의 회전각 방향의 정렬 오차를 측정하는 방법을 나타낸 도면이다.

[0134] 도 9에 도시된 바와 같이, 본 발명의 다른 실시예에 따른 패턴 정렬 시 오차 측정 방법은, 주기적인 패턴 두 개가 겹쳐진 이미지를 획득하는 단계(S410), 푸리에 변환을 수행하여 푸리에 변환 이미지를 획득하는 단계(S420), 푸리에 변환 이미지에서 주파수 성분을 파악하는 단계(S430), 선형 방정식을 도출하는 단계(S440) 및 선형 방정식의 직선과 x축의 회전각을 측정하는 단계(S450)를 포함한다.

[0135] 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.

[0136] 먼저, 주기적인 패턴 두 개가 겹쳐진 이미지를 획득하는 단계(S410)를 살펴본다.

[0137] 본 발명의 다른 실시예에서 두 개의 패턴 형상 각각은 상술한 도 5에 도시된 패턴 형상과 동일하다. 따라서, 각 패턴 형상은 동일한 피치를 가진다.

[0138] 다음으로, 푸리에 변환을 수행하여 푸리에 변환 이미지를 획득하는 단계(S420)를 살펴본다.

[0139] 도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 두 개의 육각 배열 패턴이 겹쳐진 이미지의 푸리에 변환 전후의 상태를 나타낸 것으로, 도 10a는 패턴이 회전되지 않은 상태이고, 도 10b는 패턴이 3° 회전된 상태를 나타낸 도면이고, 도 10c는 패턴이 5° 회전된 상태를 나타낸 도면이며, 도 10d는 패턴이 10° 회전된 상태를 나타낸

도면이다.

[0140] 도 10a 내지 도 10d에는 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.

[0141] 다음으로, 푸리에 변환 이미지에서 주파수 성분을 파악하는 단계(S430)를 살펴본다.

[0142] 도 10a 내지 도 10d에 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.

[0143] 도 11은 도 10c에 도시된 예에서 패턴이 5° 회전된 상태의 푸리에 변환 이미지의 중심점과 좌표점을 나타낸 도면이고, 도 12는 도 12에서 중심점과 3개의 좌표점을 결정한 도면이다.

[0144] 도 11은 푸리에 변환된 이미지에서 푸리에 스펙트럼을 분석하고자 하는 중심점과 좌표점(a 내지 e)이 도시되어 있다. 여기서, 도 12에 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.

[0145] 도 13은 두 개의 육각 배열 패턴이 겹쳐진 이미지에서 분석하고자 하는 캡처 영역이 나타낸 도면이다.

[0146] 한편, 겹쳐진 패턴을 푸리에 변환할 때 캡처 영역(분석하고자 하는 주파수 스펙트럼 영역)에 따라 나타나는 형상은 다르다. 도 13에는 원 이미지에 두 개의 캡처 영역(Point 1, Point 2)이 도시되어 있다. 여기서, 두 개의 캡처 영역에서의 겹쳐진 패턴의 형상은 다르다. 그러나, 각 캡처 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.

[0147] 다음으로, 상기 주파수 성분을 이용하여 선형 방정식을 도출하는 단계(S440)를 살펴본다.

[0148] 도 10a 내지 도 10d를 참조하면, 푸리에 스펙트럼이 회전된 상태에서 선형 라인(L)이 형성되는데, 주파수 성분 중 상술한 중심점 및 3개의 좌표점을 이용하여 도 10a 내지 도 10d에 도시된 각 선형 라인(L)의 방정식이 도출될 수 있다. 이러한 선형 방정식은 상기 수학식 6과 같이 표현될 수 있고, 선형 방정식의 각 변수 결정은 최소 결정법이 사용됨은 상술한 내용과 동일하다.

[0149] 다음으로, 선형 방정식의 직선과 x축 간 각도인 회전각을 측정하는 단계(S450)를 살펴본다.

[0150] 도 14은 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.

[0151] 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 7에 의해 도출될 수 있다.

[0152] 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.

[0153]

[0154] < 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°

[0155]

[0157] 도 14에는 상기 표 2에 따른 목표각과 회전각 간의 관계가 그래프로 도시되었다. 여기서, x축은 목표각이고, y

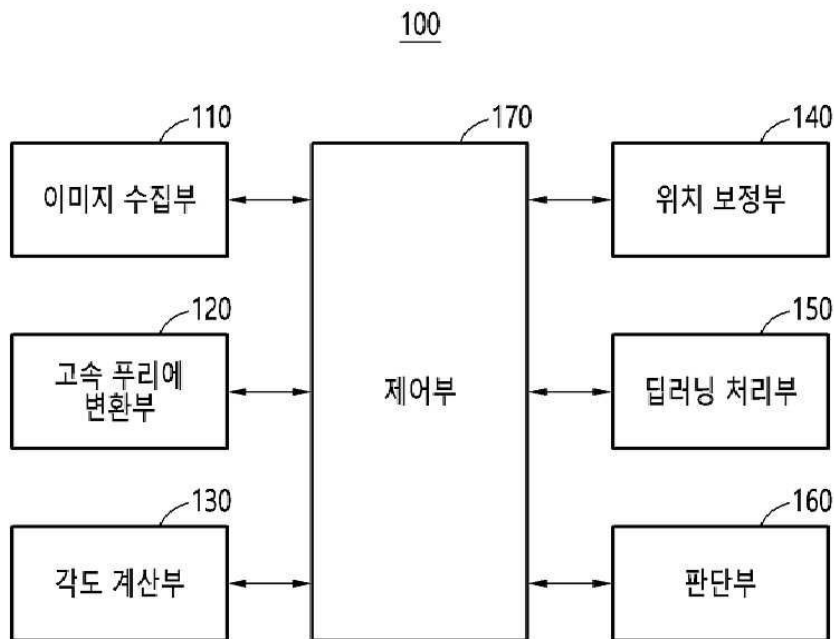
측은 회전각이다. 상기 그래프 관계식은 $y = 1.0028x - 0.0408$ 이다. 이는 이상적인 관계인 $y = x$ 와 근사하다. 즉, 두 개 패턴이 겹쳐진 이미지에서 패턴이 회전된 각도와 푸리에 스펙트럼에서 측정된 회전각이 근사함을 알 수 있다.

[0158] 상술한 바와 같이, 본 발명은 단일 패턴 또는 겹쳐진 두 개의 패턴이 θ 방향으로 정렬 오차가 발생한 경우 주 파수 영역에서 정렬 오차를 정밀하게 측정할 수 있다.

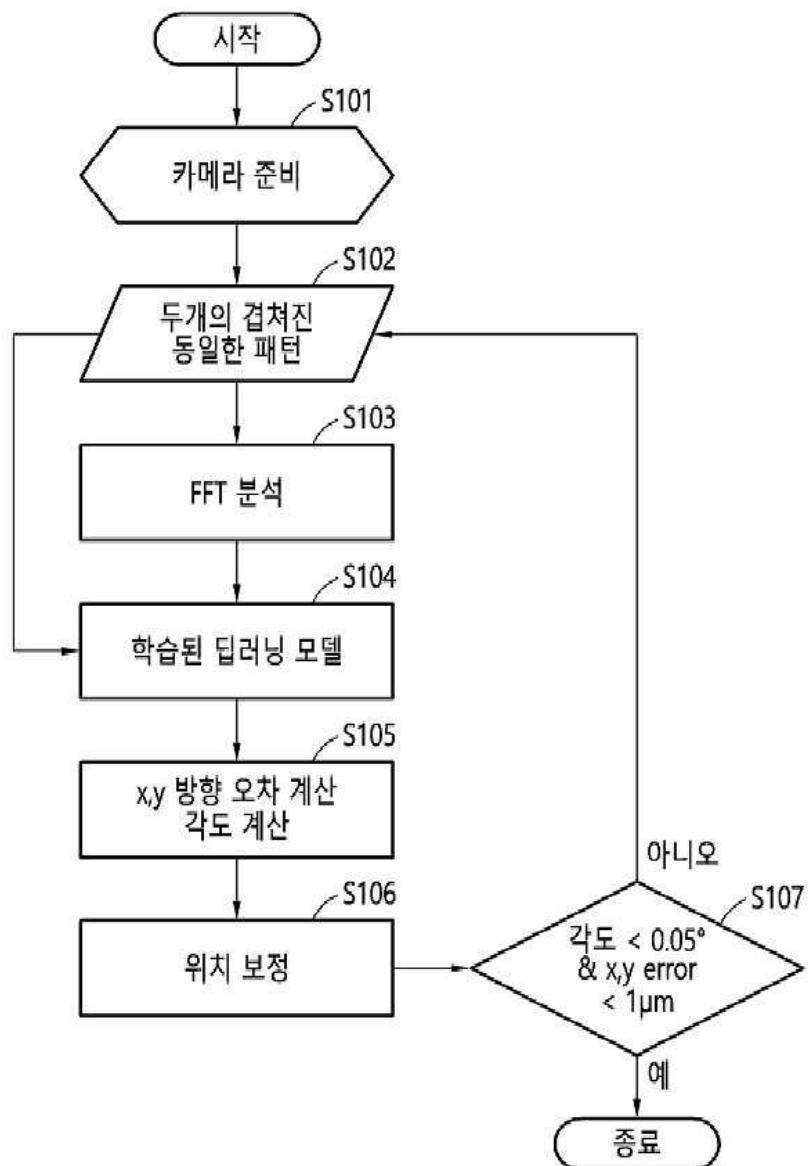
[0159] 본 발명은 첨부된 도면에 도시된 일 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 보호 범위는 첨부된 청구 범위에 의해서만 정해져야 할 것이다.

도면

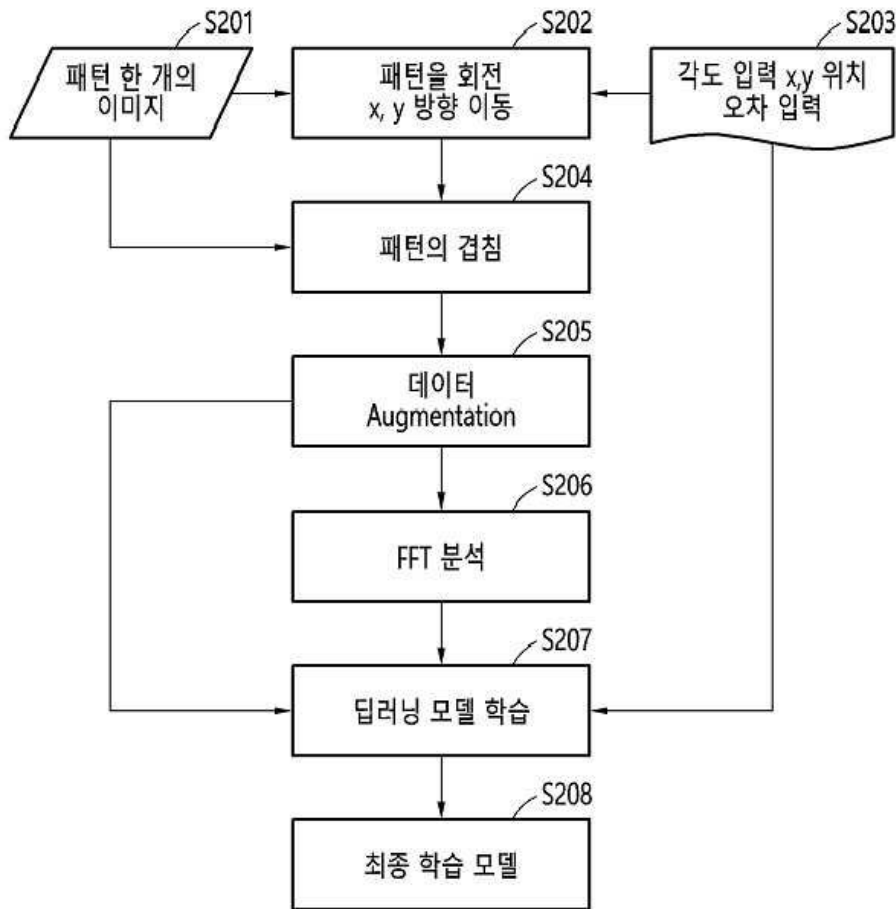
도면1



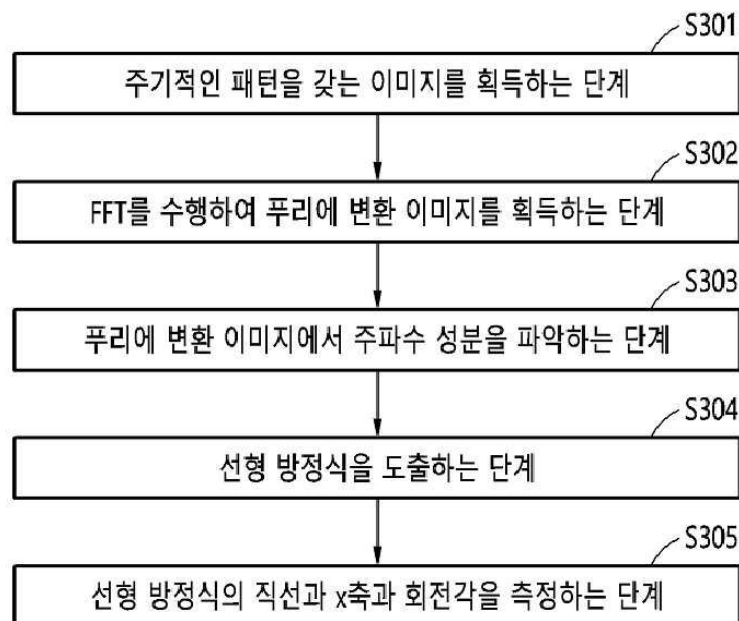
도면2



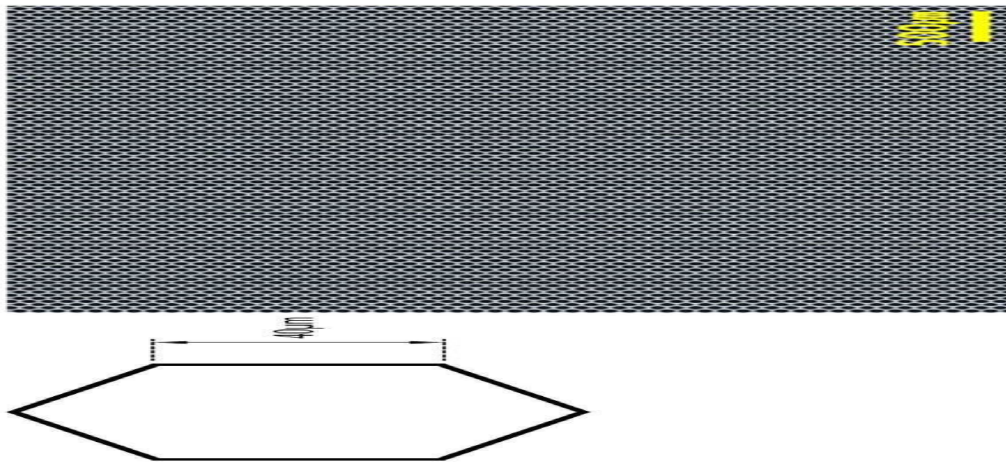
도면3



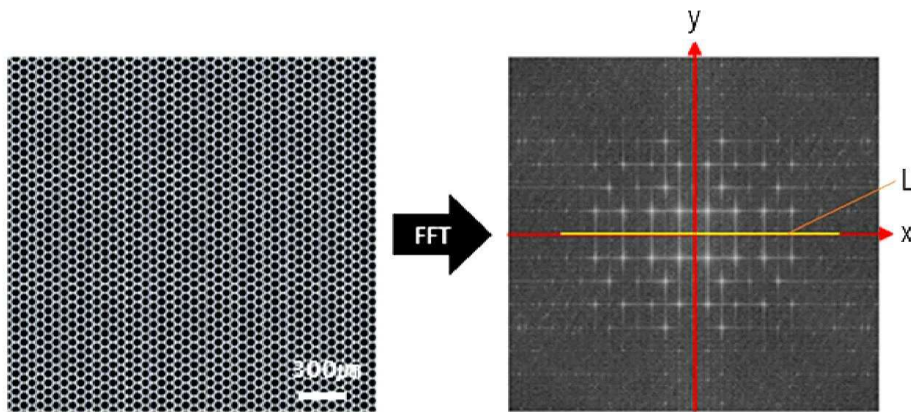
도면4



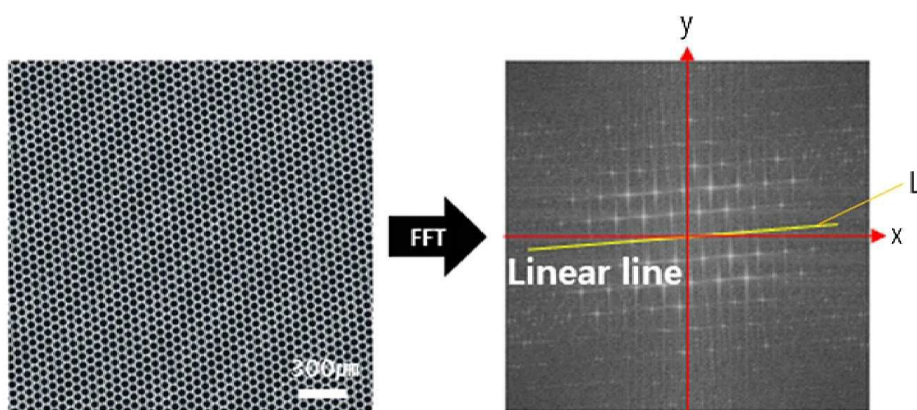
도면5



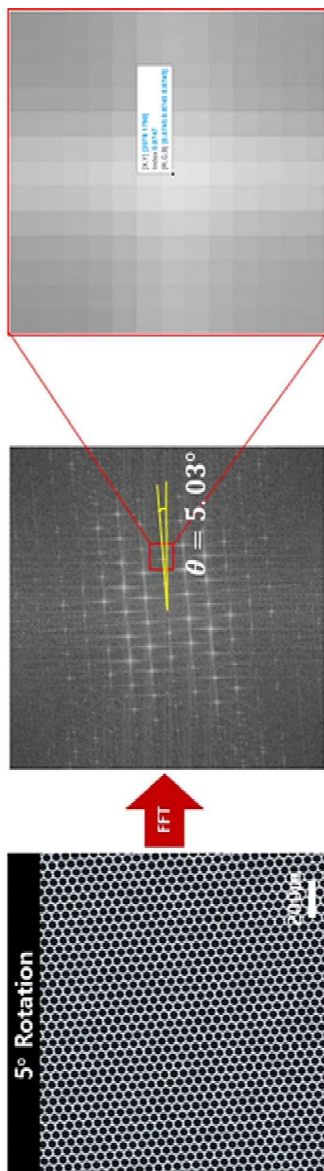
도면6a



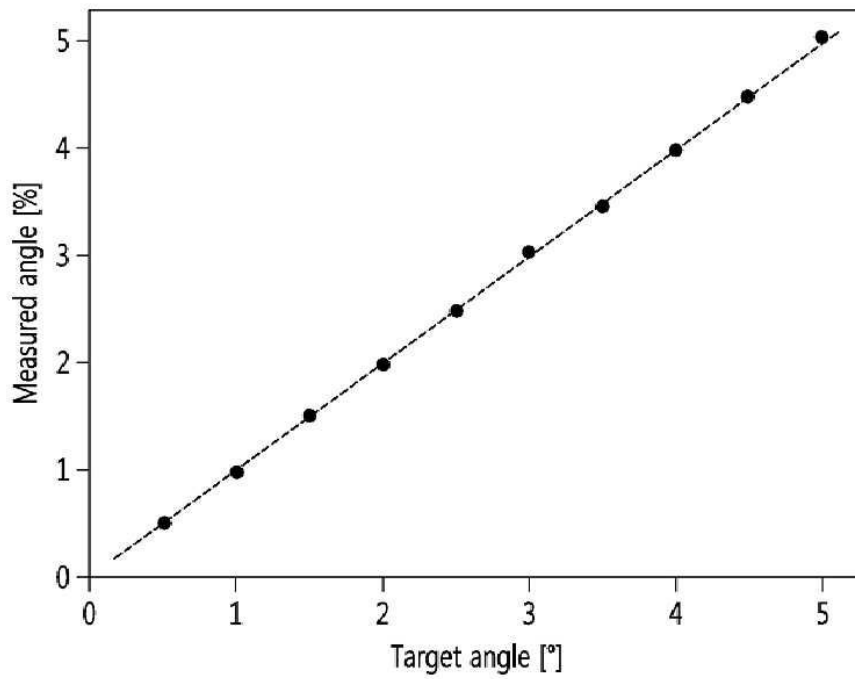
도면6b



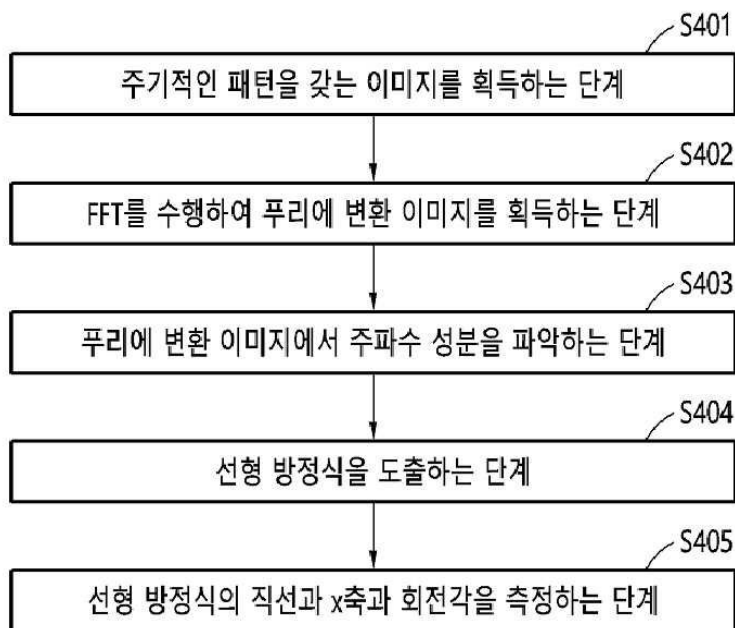
도면7



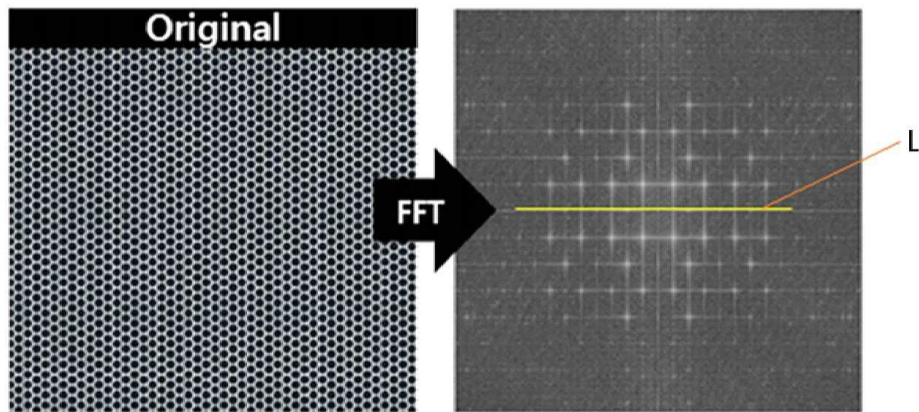
도면8



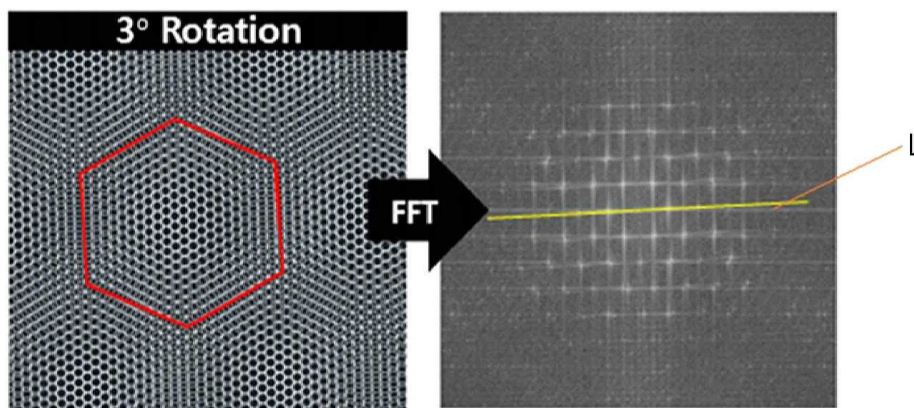
도면9



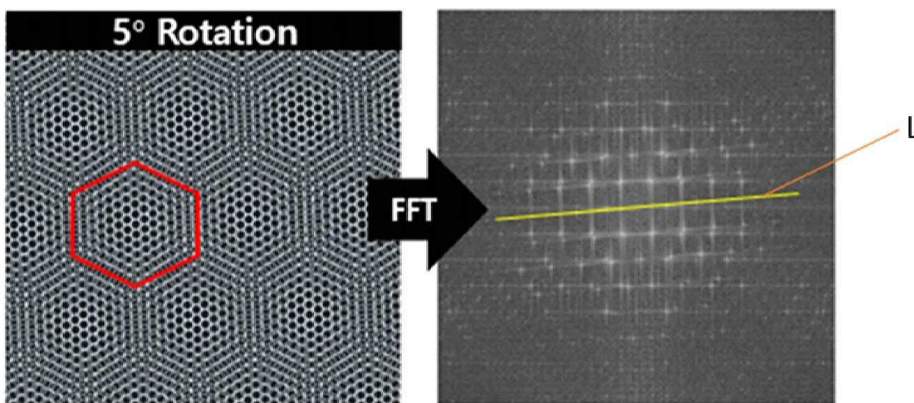
도면10a



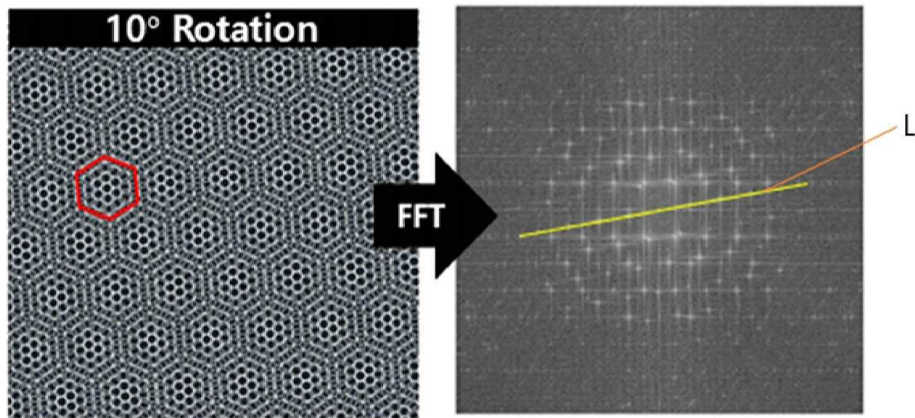
도면10b



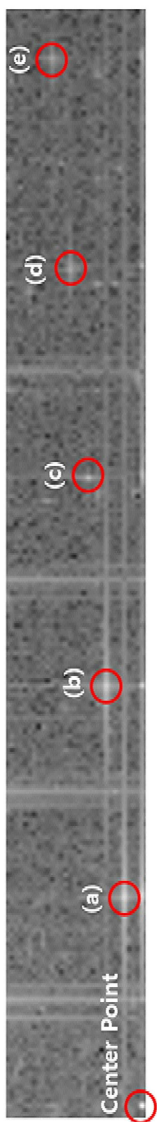
도면10c



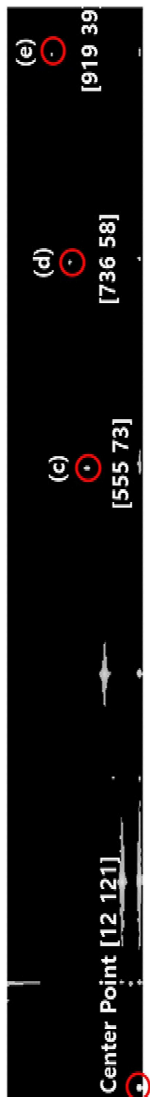
도면10d



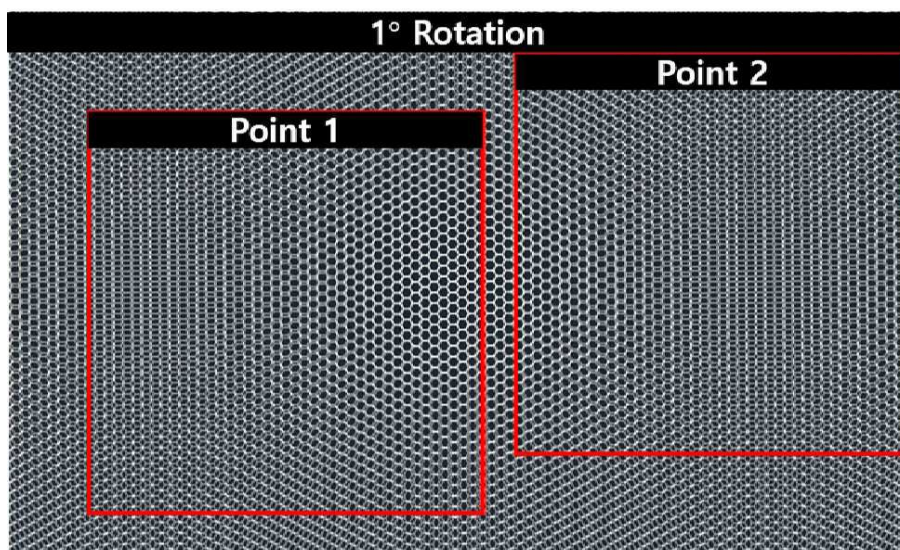
도면11



도면12



도면13



도면14

