(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0141608
(43) 공개일자 2024년09월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04N 23/68 (2023.01) *F16F 9/04* (2006.01)
G01H 1/16 (2006.01) *G06N 3/08* (2023.01)
G06T 5/00 (2024.01) *H01L 21/66* (2006.01)
H04N 23/55 (2023.01) *H04N 23/61* (2023.01)
H04N 23/73 (2023.01)
(52) CPC특허분류
H04N 23/6845 (2023.01)
F16F 9/0409 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0094836
(22) 출원일자 2023년07월20일
심사청구일자 2023년07월20일
(30) 우선권주장
1020230035777 2023년03월20일 대한민국(KR)

(71) 출원인
한국기술교육대학교 산학협력단
충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한국기술교육대학교내)
(72) 발명자
안채헌
충남 아산시 문화로 353, 104동 1103호
김성준
광주광역시 북구 우치로347번길 15, 102동 1503호(삼각동,서라아파트)
(74) 대리인
장수현

전체 청구항 수 : 총 10 항

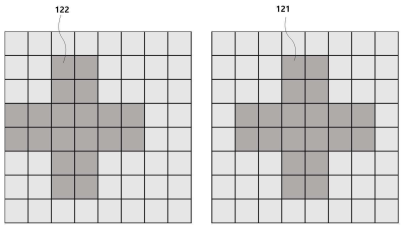
(54) 발명의 명칭 **변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 방법 및 장치**

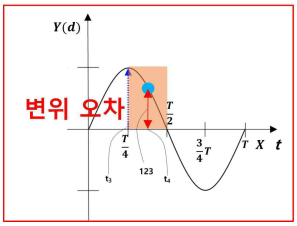
(57) 요 약

본 발명은 변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 방법 및 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 진동하는 물체의 영상을 임의의 시점에서 카메라로 캡쳐한 후, 해당 영상에서 물체의 변위를 진동이 일어나지 않은 지점으로 보정하여 정확한 영상을 취득하기 위한 방법 및, 그 방법을 수행하는 장치에 관한 것이다.

본 발명에 의하면, 반도체 기판 등의 검사 대상체의 촬영시, 진동의 영향을 줄임으로써가 아니라, 진동 중 임의의 시점에 획득된 영상에 대하여, 변위가 0인 기준 지점으로부터의 변위 오차를 파악하고, 이러한 변위 오차를 보정하여 줌으로써 최적의 영상을 취득할 수 있도록 하는 방법 및 그 장치를 제공한다.

대 표 도 - 도14





(52) CPC특허분류
G01H 1/16 (2013.01)
G06N 3/08 (2023.01)
G06T 5/73 (2024.01)
H01L 22/12 (2013.01)
H04N 23/55 (2023.01)
H04N 23/61 (2023.01)
H04N 23/6812 (2023.01)
H04N 23/73 (2023.01)
G06T 2207/30148 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345356194
과제번호	LINC3.0-2022-31
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	산학연협력고도화지원
연구과제명	3단계산학연협력선도대학육성사업(LINC3.0)(0.5)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국기술교육대학교
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 방법으로서,

(a) 검사 대상체의 진동 시작 후 특정 시점(이하 '트리거링 시점'이라 한다)에, 카메라 셔터의 트리거링(triggering) 신호를 카메라로 송신하는 단계;

(b) 상기 트리거링 시점을 포함하는 일정 시간 구간(이하 '진동 구간'이라 한다)에 있어서의, 상기 진동에 의한 상기 검사 대상체의 중심점으로부터의 변위 데이터를 획득하는 단계;

(c) 상기 트리거링 신호에 따라 상기 카메라에 의해 캡쳐된 영상(이하 '검사 대상체 캡쳐 영상'이라 한다)에서의 상기 검사 대상체의 중심점으로부터의 변위값(이하 '변위 오차'라 한다)을, 상기 변위 데이터에서 파악하는 단계; 및,

(d) 상기 검사 대상체 캡쳐 영상에서 변위 오차를 보상하여 보정한 영상을 획득하는 단계

를 포함하는 변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 단계(a)와 단계(b) 사이에,

(b0) 상기 검사 대상체 캡쳐 영상을 상기 카메라로부터 수신하는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 단계(b)는,

(b1) 가속도 센서로부터 상기 진동 구간에서의 가속도 데이터를 수신하는 단계;

(b2) 가속도 데이터를 적분하여 상기 진동 구간에서의 속도 데이터를 산출하는 단계;

(b3) 속도 데이터를 적분하여 상기 진동 구간에서의 변위 데이터를 획득하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 방법.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 단계(b2)의 가속도 데이터는,

상기 단계(b1)의 가속도 데이터를 HPF(high-pass-filter)에 통과시킨 후의 데이터인 것

을 특징으로 하는 변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 방법.

청구항 5

청구항 3에 있어서,

상기 단계(b3)의 속도 데이터는,

상기 단계(b2)의 속도 데이터를 HPF(high-pass-filter)에 통과시킨 후의 데이터인 것

을 특징으로 하는 변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 단계(a) 이전에,

(a0) 검사 대상체의 영상을 캡쳐하는 카메라 셔터의 노출 시간을 설정하는 단계

를 더 포함하고,

상기 단계(c)의 변위 오차는,

상기 설정된 노출 시간이 a이고, 상기 트리거링 시점이 t_3인 경우, 상기 변위 데이터에서 $t_3 + a/2$ 인 시점의 변위값으로 정해지는 것

을 특징으로 하는 변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 단계(d) 이후,

(e) 상기 단계(d)에서 변위 오차를 보상하여 보정한 영상에 대하여 흐림 제거(deblurring)를 수행하여, 흐림 제거된 영상을 획득하는 단계

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 흐림 제거는,

딥러닝(deep learning) 기반 인공신경망 모델에 의해 수행되는 것

을 특징으로 하는 변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 방법.

청구항 9

변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 장치로서,

적어도 하나의 프로세서; 및

컴퓨터로 실행가능한 명령을 저장하는 적어도 하나의 메모리를 포함하되,

상기 적어도 하나의 메모리에 저장된 상기 컴퓨터로 실행가능한 명령은, 상기 적어도 하나의 프로세서에 의하여,

(a) 검사 대상체의 진동 시작 후 특정 시점(이하 '트리거링 시점'이라 한다)에, 카메라 셔터의 트리거링(triggering) 신호를 카메라로 송신하는 단계;

(b) 상기 트리거링 시점을 포함하는 일정 시간 구간(이하 '진동 구간'이라 한다)에 있어서의, 상기 진동에 의한 상기 검사 대상체의 중심점으로부터의 변위 데이터를 획득하는 단계;

(c) 상기 트리거링 신호에 따라 상기 카메라에 의해 캡쳐된 영상(이하 '검사 대상체 캡쳐 영상'이라 한다)에서의 상기 검사 대상체의 중심점으로부터의 변위값(이하 '변위 오차'라 한다)을, 상기 변위 데이터에서 파악하는 단계; 및,

(d) 상기 검사 대상체 캡쳐 영상에서 변위 오차를 보상하여 보정한 영상을 획득하는 단계

가 실행되도록 하는 변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 장치.

청구항 10

변위 오차 보정을 이용하여 영상을 획득하기 위한, 컴퓨터로 판독 가능한 비일시적 저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로서,

비일시적 저장 매체에 저장되며, 프로세서에 의하여,

(a) 검사 대상체의 진동 시작 후 특정 시점(이하 '트리거링 시점'이라 한다)에, 카메라 셔터의 트리거링(triggering) 신호를 카메라로 송신하는 단계;

(b) 상기 트리거링 시점을 포함하는 일정 시간 구간(이하 '진동 구간'이라 한다)에 있어서의, 상기 진동에 의한 상기 검사 대상체의 중심점으로부터의 변위 데이터를 획득하는 단계;

(c) 상기 트리거링 신호에 따라 상기 카메라에 의해 캡쳐된 영상(이하 '검사 대상체 캡쳐 영상'이라 한다)에서의 상기 검사 대상체의 중심점으로부터의 변위값(이하 '변위 오차'라 한다)을, 상기 변위 데이터에서 파악하는 단계; 및,

(d) 상기 검사 대상체 캡쳐 영상에서 변위 오차를 보상하여 보정한 영상을 획득하는 단계

가 실행되도록 하는 명령을 포함하는 변위 오차 보정을 이용하여 영상을 획득하기 위한, 컴퓨터로 판독 가능한 비일시적 저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 방법 및 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 진동하는 물체의 영상을 임의의 시점에서 카메라로 캡쳐한 후, 해당 영상에서 물체의 변위를 진동이 일어나지 않은 지점으로 보정하여 정확한 영상을 취득하기 위한 방법 및, 그 방법을 수행하는 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 반도체 기판 등과 같은 검사 대상체의 영상을 촬영하여 결함 여부를 파악해내기 위한 머신 비전(machine vision) 검사장치는, 거의 모든 반도체 장비에서 활용되고 있다. 이러한 머신 비전 검사장치는, 공정 중 검사 대상체의 정확한 위치좌표 인식, 불량 검사 등의 목적으로 사용되며, 제어 시스템과 연계하여 빠르고 정확한 검사결과의 산출이 요구된다. 그러나, 이러한 머신 비전 검사장치는, 반도체 공정의 높은 정밀도 요구 조건을 충족해야 하는 문제점이 있었다.

[0003] 이러한 문제점을 해결하기 위해, 검사 대상체에 미치는 외부 진동을 최소화하기 위한 다양한 방진 장치가 개발되어 왔다. 그러나 특히 반도체 기판 등과 같은 검사 대상체의 경우는, 극히 미세한 진동에도 그 검사 영상의 정확도가 현저히 떨어지는 등으로, 진동에 취약한 문제점은 여전히 남아 있는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) JP 6268749 B2

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 창안된 것으로서, 반도체 기판 등의 검사 대상체의 촬영시, 진동의 영향을 줄임으로써가 아니라, 진동 중 임의의 시점에 획득된 영상에 대하여, 변위가 0인 기준 지점으로부터의 변위 오차를 파악하고, 이러한 변위 오차를 보정하여 줌으로써 최적의 영상을 취득할 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 이와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 방법은, (a) 검사 대상체의 진동 시작 후 특정 시점(이하 '트리거링 시점'이라 한다)에, 카메라 셔터의 트리거링(triggering) 신호를 카메라로 송신하는 단계; (b) 상기 트리거링 시점을 포함하는 일정 시간 구간(이하 '진동 구간'이라 한다)에 있어서의, 상기 진동에 의한 상기 검사 대상체의 중심점으로부터의 변위 데이터를 획득하는 단계; (c) 상기 트리거링 신호에 따라 상기 카메라에 의해 캡쳐된 영상(이하 '검사 대상체 캡쳐 영상'이라 한다)에서의 상기 검사 대상체의 중심점으로부터의 변위값(이하 '변위 오차'라 한다)을, 상기 변위 데이터에서 파악하는 단계; 및, (d) 상기 검사 대상체 캡쳐 영상에서 변위 오차를 보상하여 보정한 영상을 획득하는 단계를 포함한다.

[0007] 상기 단계(a)와 단계(b) 사이에, (b0) 상기 검사 대상체 캡쳐 영상을 상기 카메라로부터 수신하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0008] 상기 단계(b)는, (b1) 가속도 센서로부터 상기 진동 구간에서의 가속도 데이터를 수신하는 단계; (b2) 가속도 데이터를 적분하여 상기 진동 구간에서의 속도 데이터를 산출하는 단계; (b3) 속도 데이터를 적분하여 상기 진동 구간에서의 변위 데이터를 획득하는 단계를 포함할 수 있다.

[0009] 상기 단계(b2)의 가속도 데이터는, 상기 단계(b1)의 가속도 데이터를 HPF(high-pass-filter)에 통과시킨 후의 데이터일 수 있다.

[0010] 상기 단계(b3)의 속도 데이터는, 상기 단계(b2)의 속도 데이터를 HPF(high-pass-filter)에 통과시킨 후의 데이터일 수 있다.

[0011] 상기 단계(a) 이전에, (a0) 검사 대상체의 영상을 캡쳐하는 카메라 셔터의 노출 시간을 설정하는 단계를 더 포함할 수 있고,상기 단계(c)의 변위 오차는, 상기 설정된 노출 시간이 a이고, 상기 트리거링 시점이 t_3인 경우, 상기 변위 데이터에서 $t_3 + a/2$ 인 시점의 변위값으로 정해질 수 있다.

[0012] 상기 단계(d) 이후, (e) 상기 단계(d)에서 변위 오차를 보상하여 보정한 영상에 대하여 흐림 제거(deblurring)를 수행하여, 흐림 제거된 영상을 획득하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0013] 상기 흐림 제거는, 딥러닝(deep learning) 기반 인공신경망 모델에 의해 수행될 수 있다.

[0014] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 장치는, 적어도 하나의 프로세서; 및 컴퓨터로 실행가능한 명령을 저장하는 적어도 하나의 메모리를 포함하되, 상기 적어도 하나의 메모리에 저장된 상기 컴퓨터로 실행가능한 명령은, 상기 적어도 하나의 프로세서에 의하여, (a) 검사 대상체의 진동 시작 후 특정 시점(이하 '트리거링 시점'이라 한다)에, 카메라 셔터의 트리거링(triggering) 신호를 카메라로 송신하는 단계; (b) 상기 트리거링 시점을 포함하는 일정 시간 구간(이하 '진동 구간'이라 한다)에 있어서의, 상기 진동에 의한 상기 검사 대상체의 중심점으로부터의 변위 데이터를 획득하는 단계; (c) 상기 트리거링 신호에 따라 상기 카메라에 의해 캡쳐된 영상(이하 '검사 대상체 캡쳐 영상'이라 한다)에서의 상기 검사 대상체의 중심점으로부터의 변위값(이하 '변위 오차'라 한다)을, 상기 변위 데이터에서 파악하는 단계; 및, (d) 상기 검사 대상체 캡쳐 영상에서 변위 오차를 보상하여 보정한 영상을 획득하는 단계가 실행되도록 한다.

[0015] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 변위 오차 보정을 이용하여 영상을 획득하기 위한, 컴퓨터로 판독 가능한 비일시적 저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램은, 비일시적 저장 매체에 저장되며, 프로세서에 의하여, (a) 검사 대상체의 진동 시작 후 특정 시점(이하 '트리거링 시점'이라 한다)에, 카메라 셔터의 트리거링(triggering) 신호를 카메라로 송신하는 단계; (b) 상기 트리거링 시점을 포함하는 일정 시간 구간(이하 '진동 구간'이라 한다)에 있어서의, 상기 진동에 의한 상기 검사 대상체의 중심점으로부터의 변위 데이터를 획득하는 단계; (c) 상기 트리거링 신호에 따라 상기 카메라에 의해 캡쳐된 영상(이하 '검사 대상체 캡쳐 영상'이라 한다)에서의 상기 검사 대상체의 중심점으로부터의 변위값(이하 '변위 오차'라 한다)을, 상기 변위 데이터에서 파악하는 단계; 및, (d) 상기 검사 대상체 캡쳐 영상에서 변위 오차를 보상하여 보정한 영상을 획득하는 단계가 실행되도록 하는 명령을 포함한다.

발명의 효과

[0016] 본 발명에 의하면, 반도체 기판 등의 검사 대상체의 촬영시, 진동의 영향을 줄임으로써가 아니라, 진동 중 임의의 시점에 획득된 영상에 대하여, 변위가 0인 기준 지점으로부터의 변위 오차를 파악하고, 이러한 변위 오차를

보정하여 줌으로써 최적의 영상을 취득할 수 있도록 하는 방법 및 그 장치를 제공하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 머신 비전 검사장치의 일 실시예를 나타내는 도면.

도 2는 머신 비전 검사장치에서 검사 대상체의 영상을 획득하고 처리하는 신호의 흐름을 개략적으로 나타내는 도면.

도 3은 카메라에 의한 이미지 획득 과정을 나타내는 도면.

도 4는 웨이퍼 표면의 밝기를 측정한 결과를 나타내는 도면.

도 5는 웨이퍼 표면에 대하여 촬영된 이미지에 나타난 블러(blur)를 나타내는 도면.

도 6은 웨이퍼 표면에 대하여 촬영된 이미지에 나타난 블러(blur) 및 변위 차이를 나타내는 도면.

도 7은 본 발명의 진동 물체의 영상 획득을 위한 트리거링 방법을 설명하기 위한 도면.

도 8은 본 발명의 카메라 트리거링 시점 제어에 의한 영상 획득 방법의 제1 실시예를 수행하는 순서도.

도 9는 본 발명의 카메라 트리거링 시점 제어에 의한 영상 획득 방법의 제2 실시예를 설명하기 위한 도면.

도 10은 본 발명의 카메라 트리거링 시점 제어에 의한 영상 획득 방법의 제3 실시예를 설명하기 위한 도면.

도 11은 검사 대상체의 진동에서의 변위 오차를 설명하기 위한 도면.

도 12는 변위, 속도 및 가속도 간의 관계를 나타내는 그래프의 일 실시예.

도 13은 가속도 데이터의 적분 결과를 나타내는 도면.

도 14는 원본 이미지에서 변위 오차를 보상해주는 경우의 일 실시예를 나타내는 도면.

도 15는 흐림 현상이 포함된 영상(blur image)과 흐림이 제거된 영상(deblur image)을 비교하여 나타낸 도면.

도 16은 본 발명의 변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 방법을 수행하는 순서도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하 첨부된 도면을 참조로 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다. 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

[0020] 도 1은 머신 비전(machine vision) 검사장치의 일 실시예를 나타내는 도면이다.

[0021] 도 1 상단에 도시된 머신 비전 검사장치는, 검사 대상체를 촬영한 이미지를 이용하여 해당 검사 대상체의 검사를 수행하기 위한 장치이다.

[0022] Probe Station등 대부분의 반도체 장비에서 활용되며, 특히 크랙(crack) 측정 등에 의한 불량 검사, 위치 좌표 인식 등을 수행한다. 도 1 하단은 검사 대상체의 실시예로서, 도 1 하단 좌측은 PCB 크랙 검사를 나타내고, 도 1 하단 우측은 기판 마커(wafer marker)를 나타낸다.

[0024] 도 2는 머신 비전 검사장치에서 검사 대상체의 영상을 획득하고 처리하는 신호의 흐름을 개략적으로 나타내는 도면이다.

[0025] 웨이퍼 지그(wafer jig) 위에 배치된 기판(wafer)은, 렌즈를 통하여 카메라에서 검사를 위한 영상(이미지)이 획득된다. 이때 영상 획득 제어장치(100)는 카메라의 셔터를 작동시키는 트리거링(triggering) 신호를 카메라로

송신하고, 카메라에 의해 획득된 영상에 대하여 디블러링(deblurring) 등과 같이 명확한 영상의 획득을 위한 각종 처리를 수행할 수 있다. 또한 검사 대상체의 진동시 변위를 측정하기 위하여 가속도 센서(Acc. Sensor)로부터 가속도 데이터 신호를 수신할 수 있다.

[0026] 이러한 영상 획득 제어장치(100)는, 도 8의 순서도와 같이 트리거링 시점의 조절을 통하여 영상을 획득하고 명확한 영상을 위한 처리를 수행하는 경우에는 '트리거링 시점 제어에 의한 영상 획득 장치(100)'로 작동할 수 있고, 도 16의 순서도와 같이 획득된 영상에서 변위 오차 보정 및 명확한 영상을 위한 처리를 수행하는 경우에는 '변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 장치(100)'로 작동할 수도 있다.

[0027] 피에조 제어기(Piezo controller)(200)는 진동 실험을 위하여 피에조 스테이지를 통하여 진동을 발생시키고 그 변위를 영상 획득 제어장치(100)로 피드백해 줄 수 있다.

[0029] 도 3은 카메라에 의한 이미지 획득 과정을 나타내는 도면이다.

[0030] 도 3 좌측의 카메라 구조로부터, 렌즈를 통하여 이미지 센서에 의해 획득되는 영상은, 조리개 크기, 셔터 스피드에 따른 노출 시간(exposure time), 센서의 ISO 감도에 따라 그 선명도가 차이가 나게 된다. 특히 노출 시간의 경우, 노출 시간이 길수록 획득되는 영상의 흐림(blur) 현상이 심하게 나타난다.

[0032] 도 4는 웨이퍼 표면의 밝기를 측정한 결과를 나타내는 도면이다.

[0033] 좌측 그림은 기판 마커(wafer marker) 영상이며, 우측 위 도면은, 좌측 붉은색 사각형의 세로 각 위치(320, 370, 420)에 있어서, 사각형 가로 각 지점에 대한 밝기 그래프를 나타낸다. 우측 아래 도면은, 우측 위 도면에서 랜덤 노이즈 제거를 위한 평균화 처리를 수행한 상태의 그래프이다. 우측 도면에서, 밝기가 감소하는 좌, 우측 부분의 기울기가 클수록, 기판 마커 영상에서 십자형의 마커 경계선이 명료하게 보이게 된다.

[0035] 도 5는 웨이퍼 표면에 대하여 촬영된 이미지에 나타난 블러(blur)를 나타내는 도면이다.

[0036] 위 우측 그래프는 기판 등의 검사 대상체 'B'의 진동 그래프를 나타낸다. 엄밀히 표현하면, 카메라 렌즈 'A'에 대한 'B'의 상대 운동 그래프이나, 이하에서는 간략히, 'B'의 진동 그래프라 칭하기로 한다.

[0037] 도시된 바와 같이, 'B'는 카메라 렌즈 'A'에 대하여 좌우로 진동이 발생한다. 노출 시간(exposure time)은 위 우측 그래프에서 붉은색 박스로 표시한 부분, 즉, T/4 시점부터 T/2 시점까지의 시간 간격을 의미한다.

[0038] 아래 좌측 그림(11)은, 기판 마커의 정상 상태 이미지(steady image)이고, 아래 우측 그림(12)은, 기판 마커에 노출 시간 등으로 흐림(blur)이 발생한 경우를 나타낸다. 정상 상태 이미지가 상대적으로 더욱 선명한 것을 알 수 있다. 노출 시간이 길어질 수록 흐림 현상은 더욱 심해지게 된다.

[0040] 도 6은 웨이퍼 표면에 대하여 촬영된 이미지에 나타난 블러(blur) 및 변위 차이를 나타내는 도면이다.

[0041] 아래 좌측 그림(13)과 아래 우측 그림(14)은, 흐림(blur) 정도의 차이 뿐 아니라, 각각에 대하여 밝기(brightness) 그래프에 나타난 바와 같이(23,24), 마커의 위치, 즉, 위 우측 그래프에서 t=0인 지점(이하 '중심점'이라 한다)으로부터의 변위도 차이가 남을 알 수 있다. 즉, 검사 대상체에 대하여 획득한 마커의 영상에는, 흐림(blur) 현상 뿐 아니라, 중심점으로부터의 변위(displacement)가 발생하는 문제도 포함됨을 알 수 있다.

[0043] 도 7은 본 발명의 진동 물체의 영상 획득을 위한 트리거링 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0044] 위에 도시된 검사 대상체의 진동 그래프에서 각 사각형은 해당 위치에서의 카메라 노출 시간 구간을 표시한 것이다. 위 좌측 그림(71)은 검은 사각형으로 표시된검사 대상체가 진동 없이 중심점(1)에 위치한 경우에 획득된 영상을 나타내며, 아래 그림들(72 내지 76)은 진동중인 검사 대상체가 각 위치에서 획득된 영상을 나타낸다.

[0045] 진동 그래프 및 아래 그림(73)에 표시된 'd' 값은 진동의 최대 변위 오차, 즉, 진폭을 나타낸다. 또한 아래 각 그림(72 내지 76)에서 흐리게 나타낸 부분은 흐림(blur) 이미지를 나타내는데, 이러한 흐림(blur) 현상은 노출

시간 동안 검사 대상체와 카메라의 상대 운동에 의해 발생하며, 상대 운동이 클수록 흐림(blur) 현상이 심해지게 된다.

[0046] 이와 같이 획득되는 영상은 진동과 트리거(trigger) 시점에 민감하며, 흐림(blur) 현상 뿐만 아니라 도 7에서 최대값 d로 표시된 변위 오차 역시 발생한다. 이러한 점을 감안하여, 검사 대상체의 명확한 영상 획득을 위한 본 발명의 첫번째 방법은 트리거링 시점 조절에 의한 진동 물체의 영상 획득 방법으로서, 도 8의 순서도에 나타나 있으며, 이에 대하여 이하에서 상세히 설명하기로 한다

[0048] 도 8은 본 발명의 카메라 트리거링 시점 제어에 의한 영상 획득 방법의 제1 실시예를 수행하는 순서도이다.

[0049] 도 7에 도시되어 있는 바와 같이, 진동하는 물체에 대하여 획득한 영상에는, 흐림(blur) 현상과 중심점(1)으로부터의 변위(또는 변위 오차)가 모두 포함되어 있다. 따라서 정확한 최종 영상 취득을 위해서는 흐림 제거(deblurring) 뿐만 아니라 변위 오차의 보정까지 이루어져야 한다.

[0050] 도 8의 방법은, 도 7 아래 그림 중, 3번째 그림(74)와 같이, 변위 오차가 없는, 중심점(1)에서의 영상을 취득하도록 카메라 셔터의 트리거링(triggering) 시점을 조절하기 위한 것이다. 중심점(1)에서의 영상을 취득한다면, 변위 오차를 보정할 필요없이, 획득한 영상에서 디블러링(deblurring) 과정만을 거침으로써 검사 대상체에 대한 정확한 최종 영상을 획득할 수 있도록 해 주기 때문이다.

[0052] 영상 획득 제어장치(100)는, 전술한 바와 같이 도 8의 방법을 수행하는 경우에는 '트리거링 시점 제어에 의한 영상 획득 장치(100)'로 칭하기로 한다.

[0053] 도 8을 참조하면, 트리거링 시점 제어에 의한 영상 획득 장치(100)는 먼저, 카메라 셔터의 노출 시간(exposure time)을 설정하고(S801), 검사 대상체의 진동신호를 감지하여(S802) 이로부터 진동신호의 주기를 측정한다(S803). 즉, 검사 대상체의 진동은, 그 진동 원인에 따라 진폭 및 주기가 다르므로, 우선 현재 시점의 진동의 주기를 측정하는 것이다(S803).

[0054] 주기 측정 후, 트리거링 시점 제어에 의한 영상 획득 장치(100)는, 새로운 진동 주기의 시작점으로서 검사 대상체의 중심점으로부터의 변위, 즉 변위 오차가 0이 되는 시점을 포착한다. 이 시점은 도 7에서 't_0'에 해당하는 점이다. 목표는, 도 7에서 't_1' 시점에 트리거링이 되도록 하는 것이다.

[0055] 도 7과 같이 진동 주기가 T 이고, 노출 시간이 'a'인 경우, t_1 시점은 t_0 시점으로부터 'T/2 - a/2' 만큼의 시간이 경과된 시점이므로, 트리거링 시점 제어에 의한 영상 획득 장치(100)는 이 시점을 카메라 셔터의 트리거링 시점으로 결정한다(S804). 이에 따라, 트리거링 시점 제어에 의한 영상 획득 장치(100)는 t_0 시점으로부터 T/2 - a/2 만큼의 시간 경과 시점을 포착하여(S805), 해당 시점(t_1)에 카메라 셔터의 트리거링 신호를 카메라로 송출함으로써(S806), 카메라에서 해당 시점(t_1)에 카메라 셔터의 트리거링이 이루어지게 된다.

[0056] 즉, 도 7을 참조하면, t_0 시점으로부터 T/2 - a/2 만큼의 시간이 경과된 시점인 t_1 시점으로부터, t_0 시점으로부터 T/2 + a/2 만큼의 시간이 경과된 시점인 t_2 시점까지 노출 시간 a 만큼의 시간 동안 카메라 셔터의 노출이 이루어지며, 노출 시간의 중심점은 t_0 시점으로부터 T/2의 시간이 경과된 점으로써, 검사 대상체가 중심점(1)에 위치한 상태의 영상(74)이 캡쳐되게 된다.

[0057] 이후, 이와 같이 캡쳐된 영상에 대하여 흐림 제거(deblurring)를 수행한다(S807). 도 15를 참조하면, 원래의 흐림이 포함된 영상(blur image)과 흐림 제거가 수행된 영상(deblur image)이 대비되어 도시되어 있다.

[0058] 이러한 흐림 제거(deblurring)는, 딥러닝(deep learning)을 이용하여 수행될 수 있는데, 일 실시예로서 CNN(Convolution Neural Network) 등을 사용할 수 있다.

[0060] 도 9는 본 발명의 카메라 트리거링 시점 제어에 의한 영상 획득 방법의 제2 실시예를 설명하기 위한 도면이다.

[0061] 도 9의 제2 실시예도 도 8과 같이 검사 대상체가 진동의 중심점에 오는 경우, 즉, 변위 오차가 0인 지점에서의

영상을 획득하기 위한 방법이다.

[0062] 그러나 도 9의 제2 실시예는, 도 8과 달리 주기를 측정 하지 않고 변위 값의 피크(peak)값 검출로 트리거링 시점을 제어하는 방법이다. 또한 도 9의 제2 실시예는 미리 설정된 노출 시간(exposure time)을 사용하지 않고, 촬영 시작(trigger) 및 촬영 종료 제어에 의해 촬영을 한다.

[0063] 이하에서, i를 샘플링 번호라 하고 x_{i-1}이 이전 변위 값, x_i가 현재 변위값이라 하자.

[0064] 1. 먼저 피크점을 검출한다. 이때 $|x_i|$가 감소하기 시작한 점, 즉, $|x_{i-1}|-|x_i|$의 값이 음수이기를 시작한 지점은 (+) 영역에서의 피크 값으로 판단한다. 마찬가지로, $|x_i|$가 증가하기 시작한 점, 즉, $|x_{i-1}|-|x_i|$의 값이 양수이기를 시작한 지점은 (-) 영역에서의 피크 값으로 판단한다.

[0065] 2. 도 9에 도시되어 있는 바와 같은 경우, 즉, (+) 영역에서 최초로 피크값이 검출되면($t=t_1$) 촬영을 시작(trigger)하고, 이후 바로 다음 (-) 영역의 피크값이 검출되면($t=t_2$) 촬영을 종료한다. 만약 반대로, (-) 영역에서 최초로 피크값이 검출되어 촬영을 시작(trigger)하였다면, 이후 바로 다음 (+) 영역의 피크값이 검출된 때 촬영을 종료한다

[0066] 그러나 도 9의 제2 실시예와 같이 촬영시작-종료가 피크 투 피크(peak to peak)인 경우는 변위 오차는 거의 없으나, 영상의 흐림(blur)의 정도가 상대적으로 심한 단점이 있다.

[0068] 도 10은 본 발명의 카메라 트리거링 시점 제어에 의한 영상 획득 방법의 제3 실시예를 설명하기 위한 도면이다.

[0069] 도 10의 제3 실시예도 도 8과 같이 검사 대상체가 진동의 중심점에 오는 경우, 즉, 변위 오차가 0인 지점에서의 영상을 획득하기 위한 방법이다.

[0070] 또한 도 10의 제3 실시예는, 도 9의 제2 실시예와 같이, 주기를 측정 하지 않고 변위 값의 피크(peak)값 검출로 트리거링 시점을 제어하며, 역시 도 9의 제2 실시예와 같이, 미리 설정된 노출 시간(exposure time)을 사용하지 않고, 촬영 시작(trigger) 및 촬영 종료 제어에 의해 촬영을 한다.

[0072] 1. 검사 대상체의 진동 환경에 따라 적절한 임계값 K를 설정한다.

[0073] 2. 도 10에서, 변위가 임계값 |K|가 되는 시점 중, t_1, t_3, t_5 와 같은 시점이 되었을 때 촬영을 시작(trigger)한다. 이것은 변위가 |K|였던 직전의 점과 변위값의 부호가 모두 양이거나 또는 모두 음인 경우에 이번 시점을 촬영 시작(trigger) 시점으로 하는 것이다.

[0074] 예를 들어 도 10에서, 변위가 임계값 |K|인 현재점 t_5는 변위가 |K|였던 직전의 점인 t_4와 변위의 부호가 (-)로 동일하므로 t_5를 촬영 시작 시점으로 할 수 있으며, 동일한 이유로 t_1, t_3 도 촬영 시작 시점으로 할 수 있다.

[0075] 3. 촬영 시작 시점인 현재점 이후, 변위가 최초로 임계값 |K|이면서 촬영 시작 시점과 변위의 부호가 반대가 되는 시점을 촬영 종료 시점으로 하여, 이 시점에 촬영을 종료한다.

[0076] 예를 들어 촬영 시작 시점이 t_5인 경우, 이후 변위가 최초로 임계값 |K|이면서 t_5 시점과 변위의 부호가 반대가 되는 시점인 t_6에 촬영을 종료하는 것이다. 동일한 방식으로 t_1에 촬영을 시작한 경우는 t_2가 촬영 종료 시점이 되고, t_3에 촬영을 시작한 경우는 t_4가 촬영 종료 시점이 된다.

[0078] 도 10의 제3 실시예에서, 실시간으로 최적의 임계값을 설정할 수 있으면 임의의 점에서 촬영이 가능하다(능동). 예를 들어 피크 지점에서의 변위값에 따라 조절 하는 방법 등을 이용할 수 있다. 그러나 수동 시스템에서는 임계값이 고정되므로 임의의 점에서 촬영을 할 수 없다.

[0079] 도 10의 제3 실시예의 경우, 변위 오차는 거의 없으며, 도 9의 제2 실시예와 대비하여 영상의 흐림(blur)의 정도도 적게 할 수 있는 장점이 있다.

[0081] 도 11은 검사 대상체의 진동에서의 변위 오차를 설명하기 위한 도면이다.

[0082] 변위 오차에 대하여는 이미 도 7 및 도 8을 참조하여 상세히 설명한 바 있으므로, 도 11을 참조하여서는 노출 시간(exposure)의 변화에 따른 변위 오차가 변화되는 실시예를 간략히 살펴보기로 한다.

[0083] 위 왼쪽 그래프는 노출 시간이 40msec인 경우에, t=T/4 시점에서 카메라 셔터의 트리거링(triggering)을 한 경우이고, 아래 왼쪽 그래프는 노출 시간이 20msec인 경우에, t=T/4 시점에서 카메라 셔터의 트리거링(triggering)을 한 경우이다.

[0084] 노출 시간 동안의 중심 시점을 검사 대상체의 변위 오차라 할 때, 노출 시간 40msec에서 중심 시점은 t=T/2이고, 이 경우 변위 오차는 0이 된다. 이때 위 오른쪽 그래프에 나타나 있는 바와 같이, 정상 상태에서의 기판 마커(wafer marker) 영상의 밝기(brightness) 그래프는(91), 해당 영상에 대하여 흐림 제거(deblur)만 수행된 영상의 밝기 그래프(92)와 좌우 오차가 거의 없음을 알 수 있다.

[0085] 또한 아래 왼쪽 그래프에서와 같이 노출 시간 20msec에서 중심 시점은, t=T/4와 t=T/2의 중심점이고, 이 경우 변위 오차는 붉은색 화살표(95)로 도시되어 있다. 이때 아래 오른쪽 그래프에 나타나 있는 바와 같이, 정상 상태에서의 기판 마커(wafer marker) 영상의 밝기(brightness) 그래프는(93), 해당 영상에 대하여 흐림 제거(deblur)가 수행되지 않은 영상의 밝기 그래프(94)와, 변위 오차를 나타내는 좌우 오차가 발생했음을 알 수 있다.

[0087] 도 12는 변위, 속도 및 가속도 간의 관계를 나타내는 그래프의 일 실시예를 나타내는 도면이고, 도 13은 가속도 데이터의 적분 결과를 나타내는 도면이다.

[0088] 도 13에서, 가속도 센서에 의해 감지된 가속도 데이터(Acc. Data)를 HPF(high pass filter) 처리한 후 적분하면, 가운데의 속도 데이터(velocity data)가 산출된다. 또한 속도 데이터를 HPF 처리한 후 적분하면, 오른쪽과 같은 변위 데이터(displacement data)가 산출된다. 이러한 적분시, 합성 사다리꼴 공식을 사용할 경우, 적분 수행 횟수에 반비례하는 오차가 나타나는데, 도 13의 그래프는 이를 보정해준 상태의 그래프이다.

[0089] 도 16을 참조하여 후술하는 변위 오차 보정 방법에서는, 이러한 가속도 센서로부터 취득된 가속도 데이터를 2번 적분하여 변위 데이터를 산출하여 변위 오차 보정에 사용하게 된다.

[0091] 도 14는 원본 이미지에서 변위 오차를 보상해주는 경우의 일 실시예를 나타내는 도면이다.

[0092] 변위 오차(123)가 발생한 기판 마커 영상(122)에서, 변위 오차(123)를 보상해주는 보정을 수행하면, 변위 오차가 발생하지 않은 기판 마커 영상(121)을 획득하게 된다. 예를 들어 변위 오차가 0.1725㎛ 인 경우, 이를 픽셀(pixel)로 환산하면 1 픽셀이 되어, 위 도면과 같이 보정이 이루어지게 된다.

[0094] 도 15는 흐림 현상이 포함된 영상(blur image)과 흐림이 제거된 영상(deblur image)을 비교하여 나타낸 도면이다.

[0096] 도 16은 본 발명의 변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 방법을 수행하는 순서도이다.

[0097] 도 2의 영상 획득 제어장치(100)는, 도 16의 방법을 수행하는 경우에는 '변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 장치(100)'로 칭하기로 한다.

[0098] 변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 장치(100)는 카메라 셔터의 노출 시간(exposure time)을 설정하고(S1601), 검사 대상체의 진동 시작 후 특정 시점(t_3, 도 14 참조)에 카메라 셔터의 트리거링 신호를 카메라로 송출한다(S1602). 도 14에는 t_3가 T/4로 도시되어 있으나, 이에 한정되지 않으며, t_3는 임의의 시점이 가능하다. 다만, 변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 장치(100)는, 후술하는 변위 오차(123, 도 14 참조) 획득 시점 파악을 위하여, 영상을 획득한 진동 시점인 t_3는 저장하고 있어야 한다. 이러한 트리거링에 의해 변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 장치(100)는 카메라에서 캡처된 검사 대상체에 대한 영상을 획득한다(S1603).

[0099] 또한 변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 장치(100)는 가속도 센서를 이용하여 진동에 대한 가속도 데이터를 획득한다(S1604). 이를 편의상 순서도에서 단계 S1604로 표시하였으나, 실제로는 단계 S1602에서 진동 시작 후 바로 가속도 데이터를 함께 획득하기 시작한다.

[0100] 변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 장치(100)는 이와 같이 획득된 가속도 데이터를 적분하여 속도 데이터를 획득하고(S1605), 또한 이 속도 데이터를 다시 적분하여 변위(displacement) 데이터를 획득한다(S1606). 이때 가속도 데이터를 먼저 HPF 처리한 후 적분을 수행하고, 속도 데이터 역시 먼저 HPF 처리한 후 적분을 수행한다. 또한 합성 사다리꼴 공식을 이용한 적분 수행시 발생하는 오차 역시 보상을 해 주도록 한다. 이와 같이 가속도 데이터를 2번 적분함에 의해 변위 데이터를 획득하는 방법은 도 12 및 도 13을 참조하여서도 전술한 바 있다.

[0101] 단계 S1601에서 설정된 노출 시간을 a 라 하면, 변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 장치(100)는, 노출 시간의 중심 시점, 즉, $t_4=t_3+a/2$를 변위 오차(123, 도 14 참조) 획득 시점으로 결정한다(S1607). 전술한 바와 같이, t_3는 트리거링 시점으로서 저장하고 있는 상태이다.

[0102] 이와 같이 획득된 카메라 영상(S1603)에서 변위 오차(123)를 보상한 영상을 도출한다(S1608). 일 실시예로서 도 14를 참조하면, 획득된 카메라 영상(S1603)은 왼쪽의 기판 마커 영상(122)이고, 변위 오차(123)를 보상하여 보정한 영상(S1608)은 오른쪽의 기판 마커 영상(121)이 된다.

[0103] 이후 변위 오차 보정을 이용한 영상 획득 장치(100)는, 변위 오차를 보정한 영상에 대하여, 흐림 제거(deblurring)를 수행한다(S1609). 도 15를 참조하면, 원래의 흐림이 포함된 영상(blur image)과 흐림 제거가 수행된 영상(deblur image)이 대비되어 도시되어 있다.

[0104] 이러한 흐림 제거(deblurring)는, 딥러닝(deep learning)을 이용하여 수행될 수 있는데, 일 실시예로서 CNN(Convolution Neural Network) 등을 사용할 수 있다.

부호의 설명

[0105] 1: 검사 대상체의 진동시 중심점

10: 기판 마커(wafer marker)

11, 12, 13, 14: 기판 마커의 확대 영상

91: 변위 오차 0인 경우 기판 마커 영상의 정상 상태 밝기 그래프

92: 변위 오차 0인 경우 흐림 제거가 수행된 기판 마커 영상의 정상 상태 밝기 그래프

93: 변위 오차 존재하는 경우 기판 마커 영상의 정상 상태 밝기 그래프

94: 변위 오차 존재하는 경우 흐림 제거가 수행되지 않은 기판 마커 영상의 정상 상태 밝기 그래프

95, 123: 변위 오차

100: 영상 획득 제어장치

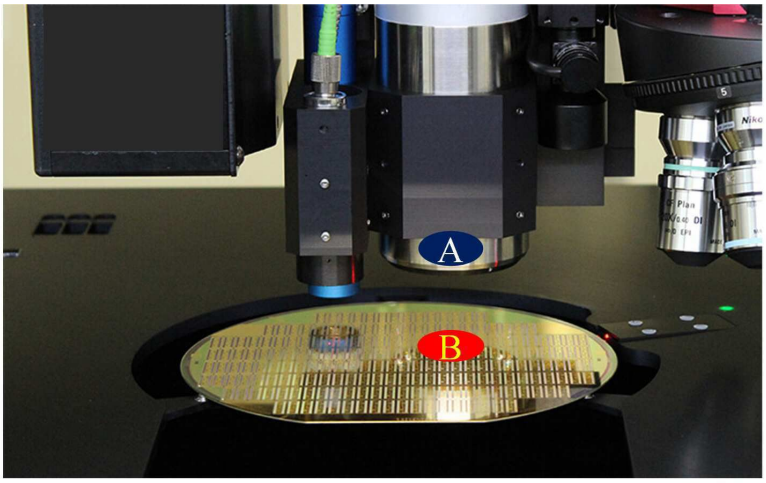
121: 변위 오차가 발생하지 않은 기판 마커 영상

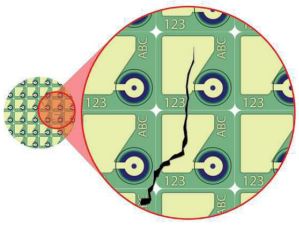
122: 변위 오차가 발생한 기판 마커 영상

200: 피에조 제어기(Piezo controller)

도면

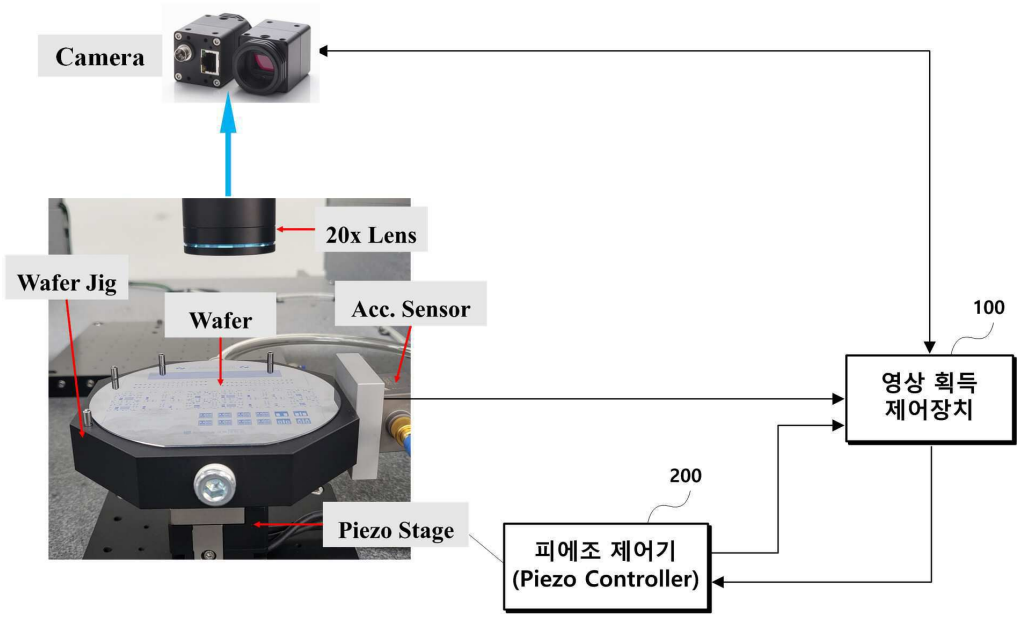
도면1



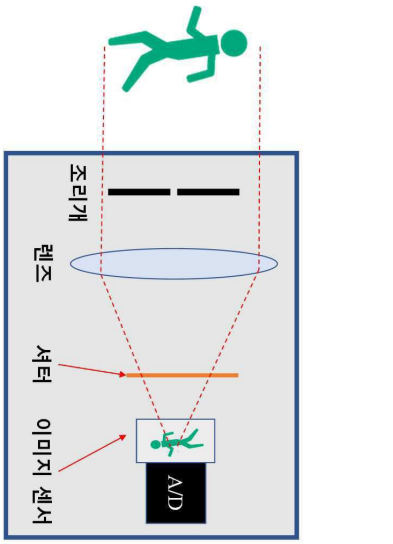




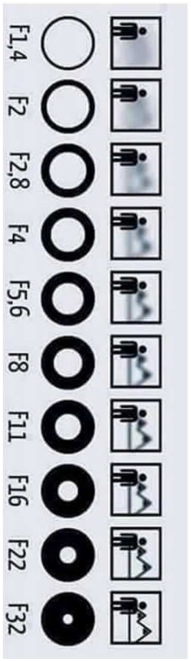
도면2


Camera
20x Lens
Wafer Jig
Wafer
Acc. Sensor
Piezo Stage
100
영상 획득
제어장치
200
피에조 제어기
(Piezo Controller)

도면3



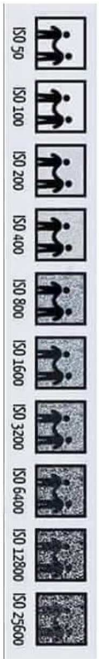
<조리개>



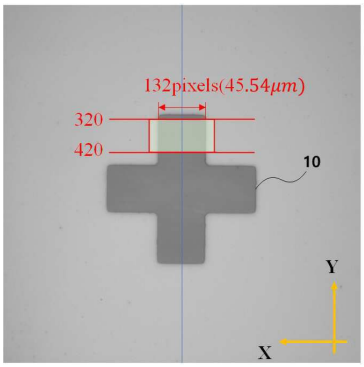
<노출 시간(셔터 스피드)>

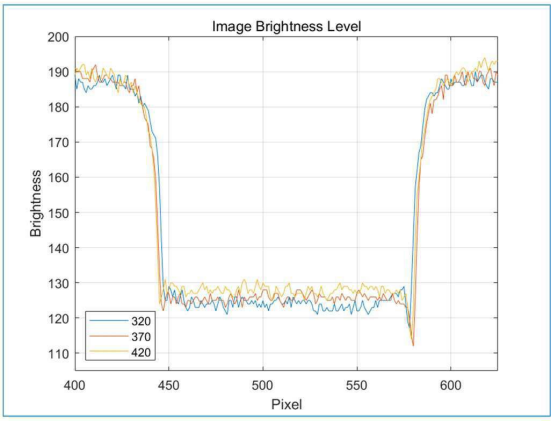


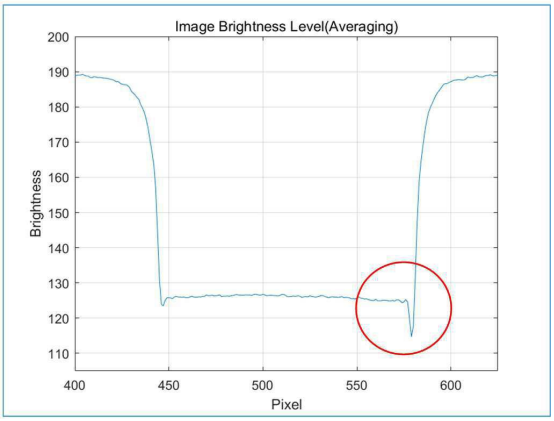
<ISO>



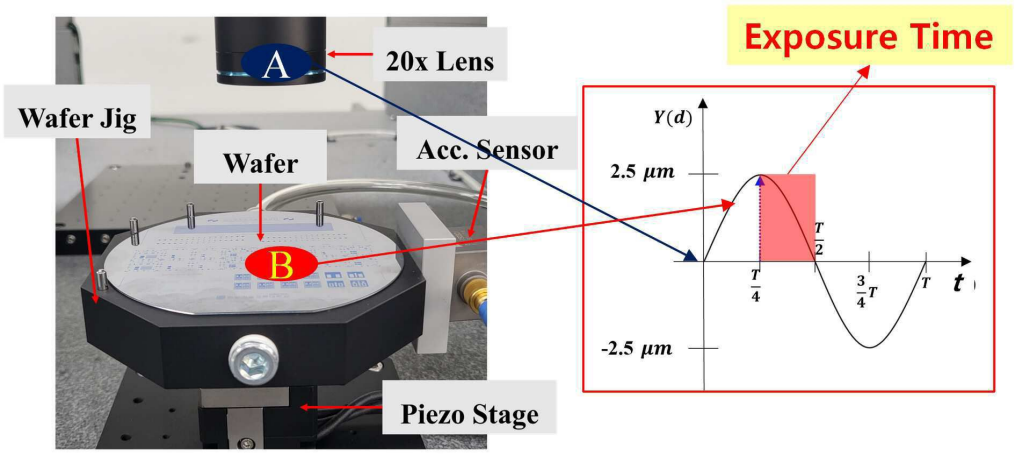
도면4

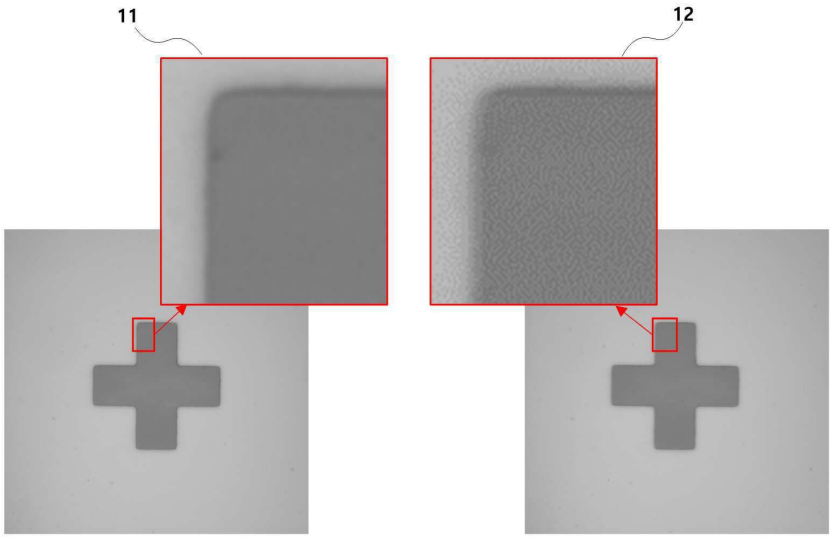

132pixels(45.54μm)
320
420
10
Y
X


Image Brightness Level
Brightness
Pixel
320
370
420

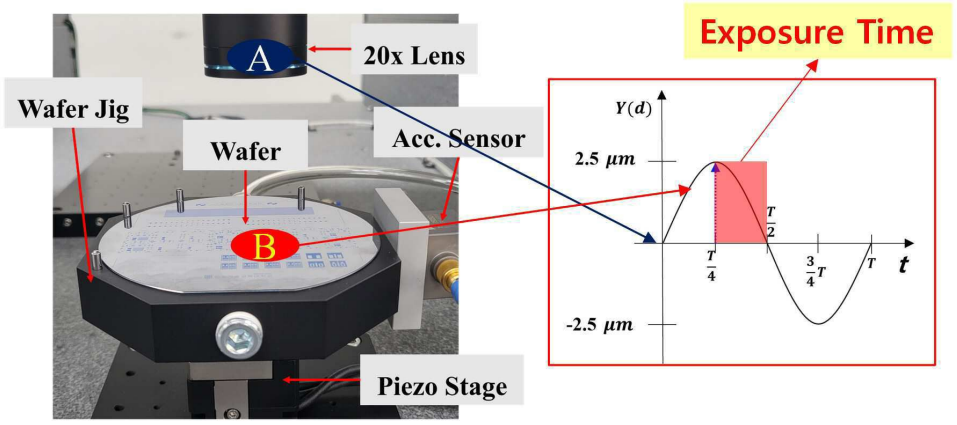

Image Brightness Level(Averaging)
Brightness
Pixel

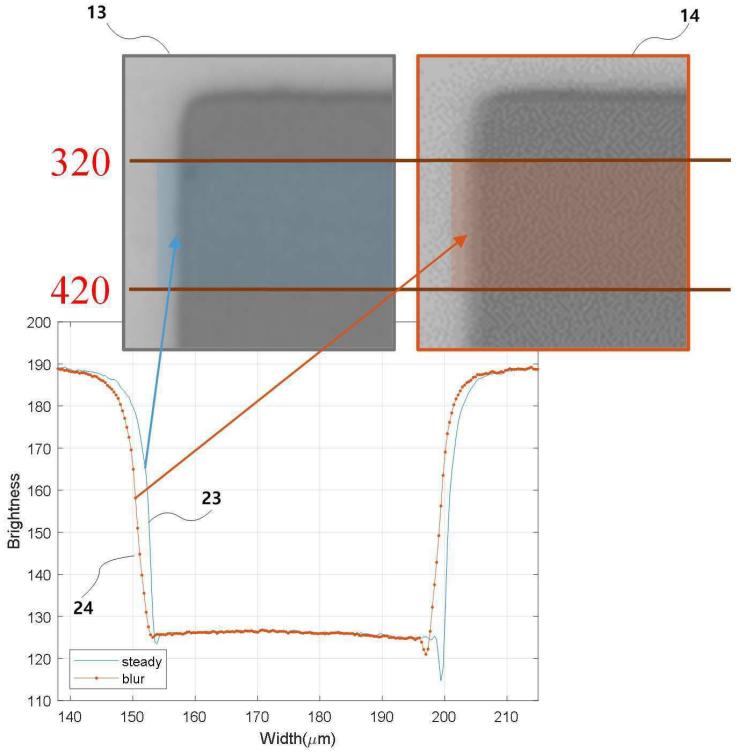
도면5


A
20x Lens
Wafer Jig
Wafer
Acc. Sensor
B
Piezo Stage
Exposure Time
Y(d)
2.5 μm
-2.5 μm
T/4
T/2
3/4T
T
t

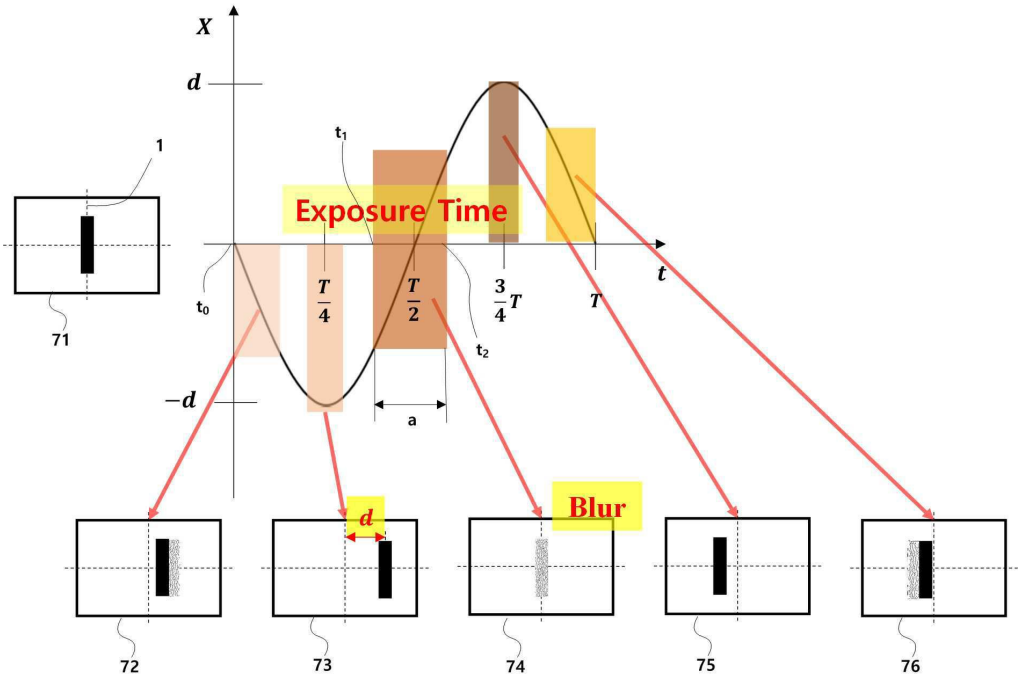

11
12

도면6

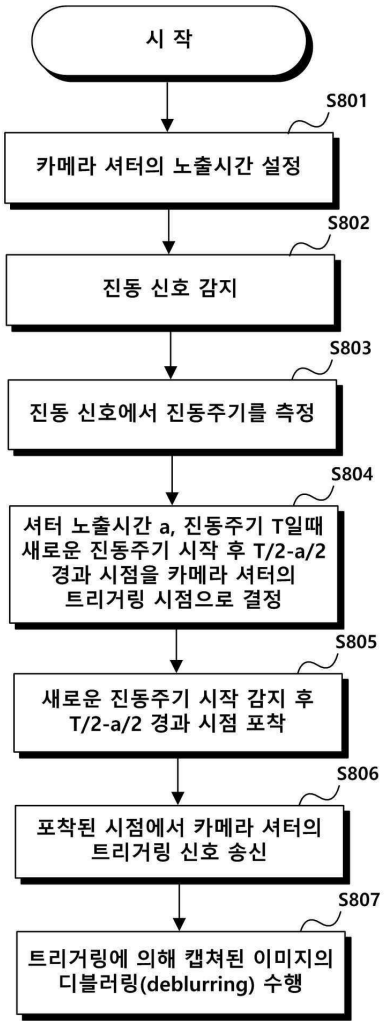

A
20x Lens
Wafer Jig
Wafer
Acc. Sensor
B
Piezo Stage
Exposure Time
Y(d)
2.5 μm
-2.5 μm
T/4
T/2
3/4 T
T
t


13
14
320
420
23
24
steady
blur
Brightness
Width(μm)

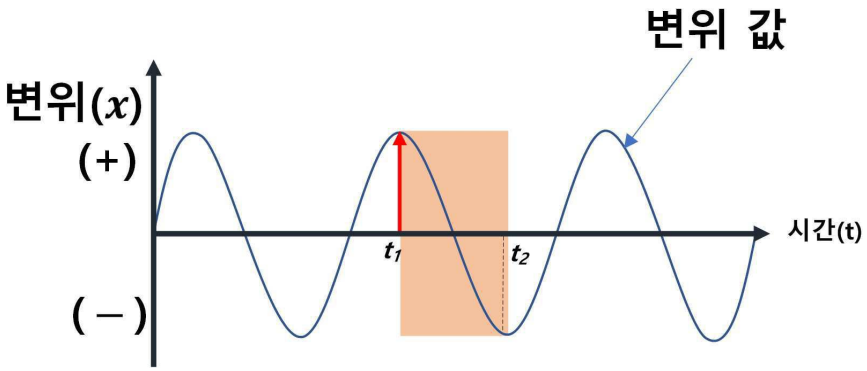
도면7



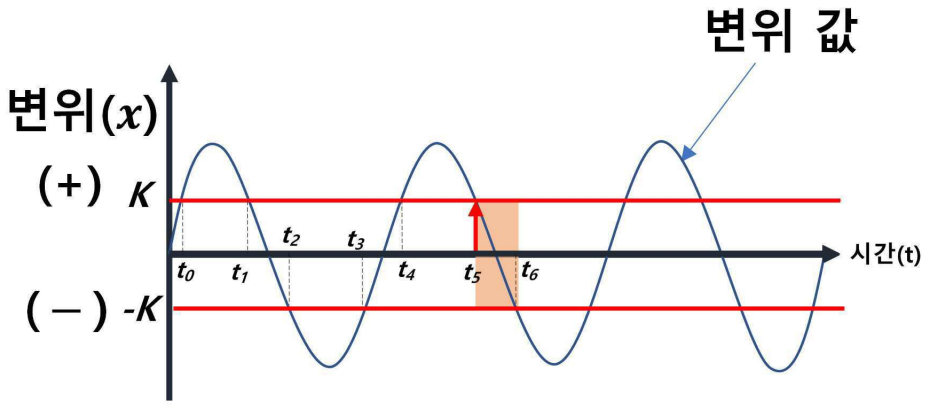
도면8


시 작
S801
카메라 셔터의 노출시간 설정
S802
진동 신호 감지
S803
진동 신호에서 진동주기를 측정
S804
셔터 노출시간 a, 진동주기 T일때
새로운 진동주기 시작 후 T/2-a/2
경과 시점을 카메라 셔터의
트리거링 시점으로 결정
S805
새로운 진동주기 시작 감지 후
T/2-a/2 경과 시점 포착
S806
포착된 시점에서 카메라 셔터의
트리거링 신호 송신
S807
트리거링에 의해 캡쳐된 이미지의
디블러링(deblurring) 수행

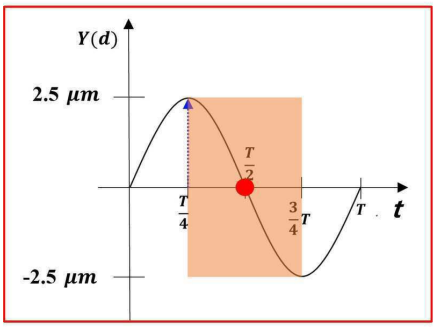
도면9


변위 값
변위(x)
(+)
(−)
시간(t)
t1
t2

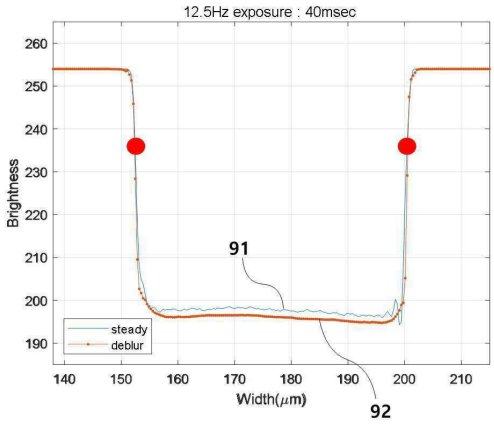
도면10

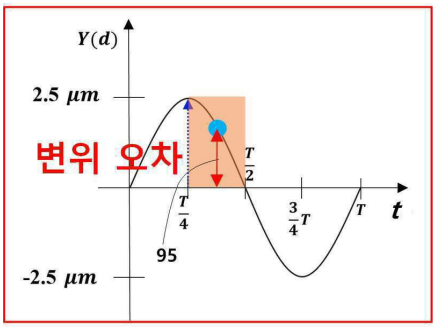


도면11

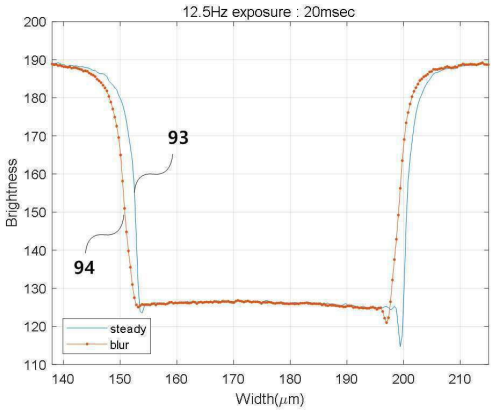


노출시간 (40 msec)

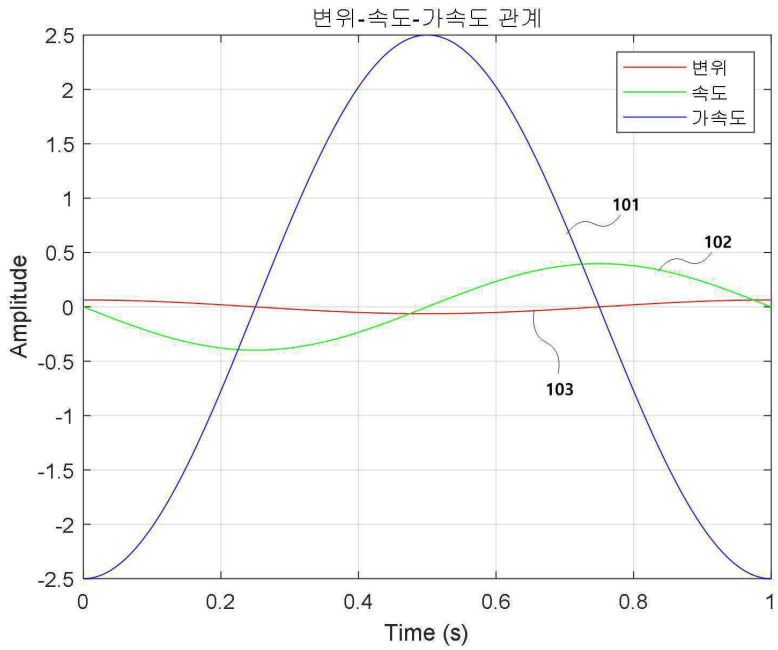




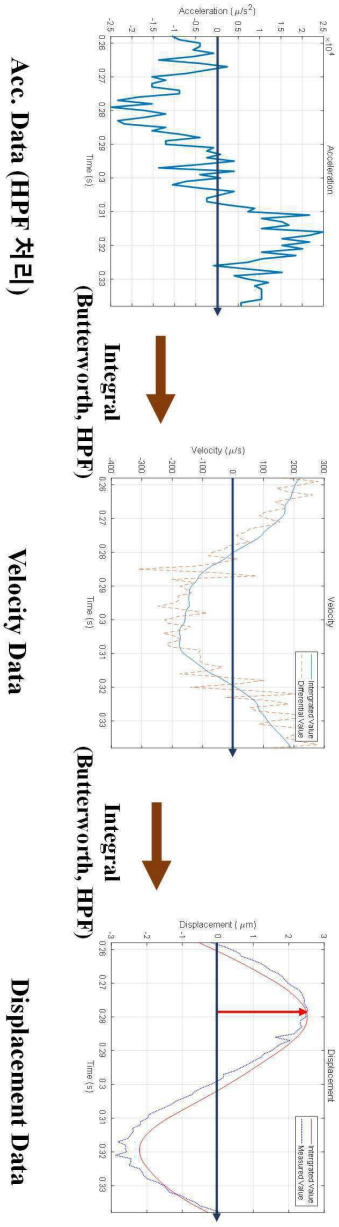
노출시간 (20 msec)



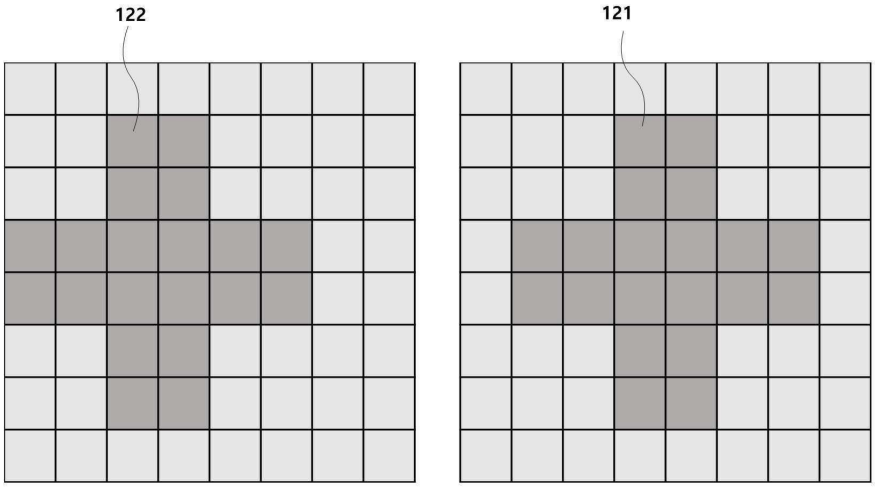
도면12

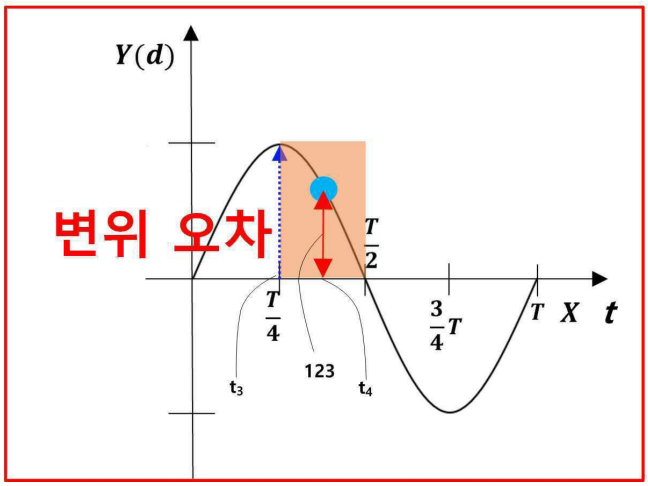

변위-속도-가속도 관계
변위
속도
가속도
101
102
103
Amplitude
Time (s)
2.5
2
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
-2
-2.5
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1

도면13

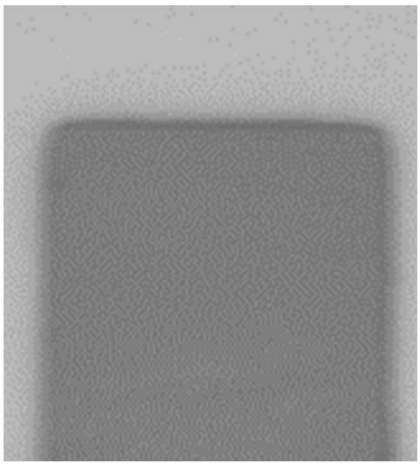

Acc. Data (HPF 처리)
Integral
(Butterworth, HPF)
Velocity Data
Integral
(Butterworth, HPF)
Displacement Data
Acceleration ($\mu m/s^2$)
Velocity ($\mu m/s$)
Displacement (μm)
Time (s)
Acceleration
Velocity
Displacement
Integrated Value
Differential Value
Measured Value

도면14





도면15

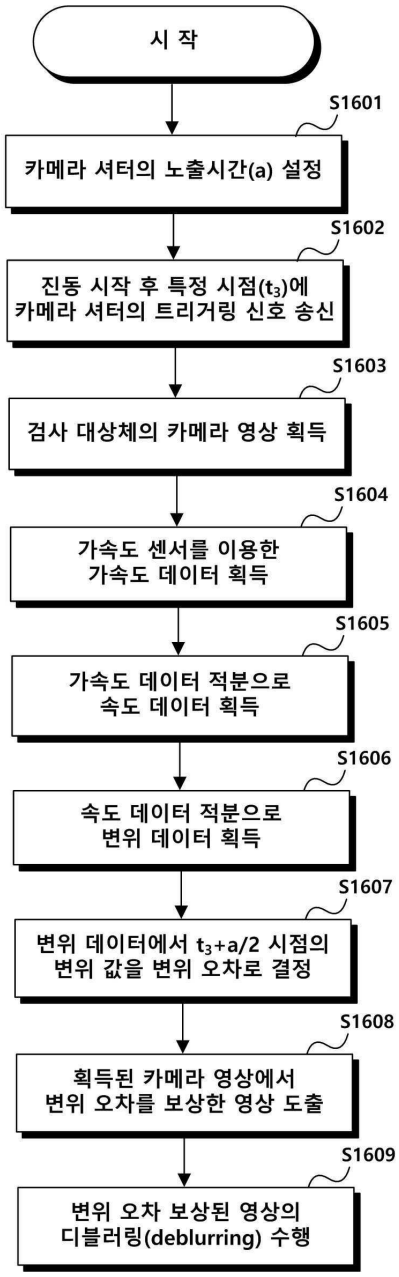


Blur Image



Deblur Image

도면16


시 작
S1601
카메라 셔터의 노출시간(a) 설정
S1602
진동 시작 후 특정 시점(t_3)에
카메라 셔터의 트리거링 신호 송신
S1603
검사 대상체의 카메라 영상 획득
S1604
가속도 센서를 이용한
가속도 데이터 획득
S1605
가속도 데이터 적분으로
속도 데이터 획득
S1606
속도 데이터 적분으로
변위 데이터 획득
S1607
변위 데이터에서 t_3+a/2 시점의
변위 값을 변위 오차로 결정
S1608
획득된 카메라 영상에서
변위 오차를 보상한 영상 도출
S1609
변위 오차 보상된 영상의
디블러링(deblurring) 수행