



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0126725
(43) 공개일자 2017년11월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01J 5/48 (2006.01) H04N 21/4545 (2011.01)
H04N 5/33 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01J 5/48 (2013.01)
H04N 21/45455 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0057143
(22) 출원일자 2016년05월10일
심사청구일자 2016년05월10일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
안윤규
서울특별시 동대문구 한천로 248, 113동 1106호
(회경동, 주공아파트)
황순규
대전광역시 유성구 대학로 291 (구성동, 한국과학기술원 건설및환경공학과)
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

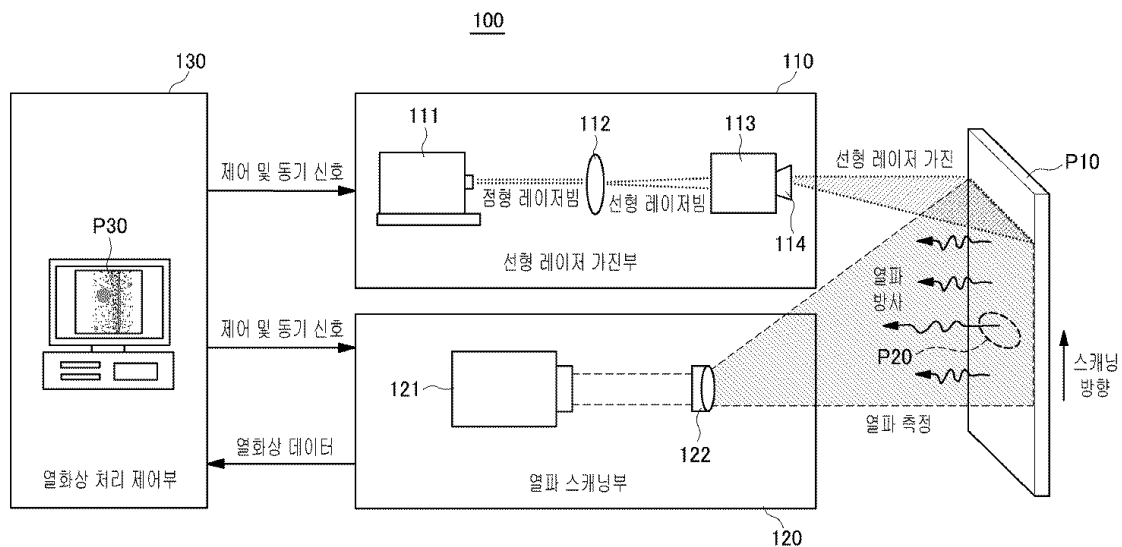
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 비파괴 검사를 위한 연속파 선형 레이저 스캐닝 열화상 장치 및 방법

(57) 요약

열화상 처리 시, 타겟 구조물에 연속파 선형 레이저(Continuous Wave line laser)를 스캐닝 라인을 따라 가진하고, 타겟 구조물로부터 방사된 열파를 측정하여 열화상 이미지를 생성하고, 열화상 이미지로부터 선형 레이저 별 열파 이미지를 획득하고, 선형 레이저 별 열파 이미지로부터 스캐닝 라인 전체의 열파 이미지 평균을 제하여 비정상 응답을 추출하고, 선형 레이저 별로 비정상 응답에 기초한 비정상 열파 이미지를 생성하고, 선형 레이저 별 비정상 열파 이미지에 대해서 제로 패딩(zero-padding) 처리한 후 누적하여 하나의 비정상 영역 이미지로 압축하며, 비정상 영역 이미지에 기초하여 손상 유무 정보 알람 및 손상 영역 이미지를 출력한다.

대표도



(52) CPC특허분류

H04N 5/332 (2013.01)

H04N 2201/33378 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711031077

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 신진연구자지원

연구과제명 구조물 안전진단을 위한 MEMS 기반의 3D 유도초음파 영상화 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 세종대학교

연구기간 2015.11.01 ~ 2018.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

열화상 장치에 있어서,

타겟 구조물에 연속파 선형 레이저(Continuous Wave line laser)를 스캐닝 라인을 따라 가진하는 선형 레이저 가진부;

상기 선형 레이저에 의해 상기 타겟 구조물에서 발생된 열파(thermal wave)를 측정하여 열화상 이미지를 생성하는 열파 스캐닝부;

상기 열화상 이미지로부터 상기 선형 레이저 별 열파 이미지를 획득하고, 상기 선형 레이저 별 열파 이미지와 상기 스캐닝 라인 전체의 열파 이미지 평균 간의 차이 값에 기초하여 비정상 응답에 따른 비정상 열파 이미지를 생성하고, 상기 비정상 열파 이미지들에 대해서 제로 패딩(zero-padding) 처리를 수행한 후 누적하여 하나의 비정상 영역 이미지로 압축하고, 비정상 영역 이미지에 기초하여 손상 유무 정보 알림 및 손상 영역 이미지를 출력하는 열화상 처리 제어부를 포함하는 열화상 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 열화상 처리 제어부는,

상기 선형 레이저로부터 영향을 받아 열 응답이 남아 있는 영역의 폭의 값과 상기 선형 레이저의 스캐닝 포지션 벡터에 기초하여 상기 선형 레이저 별 열파 이미지를 지정하는 열화상 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 스캐닝 포지션 벡터는,

상기 선형 레이저의 스캐닝 방향에 따라 방향이 설정되고, 최대 온도 값 찾기 기법에 기초한 픽셀 트래킹 알고리즘에 따라 추적되는 것인 열화상 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 열화상 처리 제어부는,

상기 선형 레이저 가진부 및 상기 열파 스캐닝부로 각각 상기 선형 레이저에 대한 제어 신호 및 동기화 신호를 전송하는 열화상 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 열화상 처리 제어부는,

상기 비정상 영역 이미지를 이진화 처리 및 영상 잡음 제거 필터링 처리하여 최종 손상 검사 이미지를

생성하고, 상기 손상 영역 이미지로서 상기 최종 손상 검사 이미지를 출력하는 열화상 장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 영상 잡음 제거 필터링은 중앙값 필터링(median filtering)을 사용하는 열화상 장치.

청구항 7

열화상 장치를 통한 열화상 처리 방법에 있어서,

타겟 구조물에 연속파 선형 레이저(Continuous Wave line laser)를 스캐닝 라인을 따라 가진하는 단계;

상기 타겟 구조물로부터 방사된 열파를 측정하여 열화상 이미지를 생성하는 단계;

상기 열화상 이미지로부터 상기 선형 레이저 별 열파 이미지를 획득하는 단계;

상기 선형 레이저 별 열파 이미지로부터 상기 스캐닝 라인 전체의 열파 이미지 평균을 제하여 비정상 응답을 추출하는 단계;

상기 선형 레이저 별로 상기 비정상 응답에 기초한 비정상 열파 이미지를 생성하는 단계;

상기 선형 레이저 별 상기 비정상 열파 이미지에 대해서 제로 패딩(zero-padding) 처리한 후 누적하여 하나의 비정상 영역 이미지로 압축하는 단계; 및

상기 비정상 영역 이미지에 기초하여 손상 유무 정보 알림 및 손상 영역 이미지를 출력하는 단계를 포함하는 열화상 처리 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 선형 레이저 별 열파 이미지를 획득하는 단계는,

상기 선형 레이저로부터 영향을 받아 열 응답이 남아 있는 영역의 폭의 값과 상기 선형 레이저의 스캐닝 포지션 벡터에 기초하여 상기 선형 레이저 별 열파 이미지를 지정하는 열화상 처리 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 스캐닝 포지션 벡터는,

상기 선형 레이저의 스캐닝 방향에 따라 방향이 설정되고, 최대 온도 값 찾기 기법에 기초한 픽셀 트래킹 알고리즘에 따라 추적되는 것인 열화상 처리 방법.

청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 연속파 선형 레이저를 스캐닝 라인을 따라 가진하기 위한 제어 신호 및 동기화 신호와, 상기 상기 타겟 구조물로부터 방사된 열파를 측정하여 열화상 이미지를 생성하기 위한 제어 신호 및 동기화 신호를 생성하여 출력하는 단계를 더 포함하는 열화상 처리 방법.

청구항 11

제 7 항에 있어서,

상기 하나의 비정상 영역 이미지로 압축하는 단계 이후에,

상기 비정상 영역 이미지를 이진화 처리 및 영상 잡음 제거 필터링 처리하여 최종 손상 검사 이미지를 생성하는 단계를 더 포함하며,

상기 손상 영역 이미지로서 상기 최종 손상 검사 이미지를 출력하는 열화상 처리 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 영상 잡음 제거 필터링은 중앙값 필터링(median filtering)을 사용하는 열화상 처리 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 비파괴 검사를 위해 연속파(Continuous Wave, CW) 레이저 스캐닝을 통해 획득한 열화상을 처리하는 열화상 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 구조물 상에 발생된 결함을 검출하기 위해 다양한 비파괴 검사 기법이 개발 되고 있다. 그러나 종래의 비파괴 검사 기법들은 구조물의 표면 결함과 내부 결함을 동시에 검출하지 못하거나, 검출할 수 있는 결함의 크기가 제한되어 있어 미세 결함을 처리하는데 한계가 있었다. 또한, 구조물의 표면에 이물질이 존재하는 경우 검사에 오류가 빈번하게 발생하는 문제점이 있었다. 또한, 산업 현장에서는 짧은 검사 시간 내에 구조물의 결함을 검출할 수 있는 검사 기술이 요구되나, 손상 검사 시간이 빠른 검사 기술들의 경우 상대적으로 검출 가능한 손상 크기가 크다는 한계가 있다. 따라서 구조물의 표면 상태에 크게 영향을 받지 않으면서도, 비접촉식 및 실시간으로 구조물의 표면 및 내부결함을 검사할 수 있는 비파괴 검사 기법이 필요하였다.

[0003] 이에 따라, 비접촉식 및 실시간으로 구조물의 표면 및 내부 결함을 검사하기 위한 레이저 열화상 기술 및 할로겐 열화상 기술 등이 개발되었다.

[0004] 할로겐을 이용한 열화상 검출 기법은, 할로겐 램프의 열원을 구조물에 주기적으로 가하여 이에 의한 구조물의 온도 변화를 적외선 열화상 카메라를 통해 촬영하여 구조물 결함을 검사하는 기법이다. 할로겐 램프의 특성에 의해 넓은 영역을 짧은 시간 안에 검사할 수 있으며, 구성이 간단하다는 장점이 있다.

[0005] 이와 관련하여, 대한민국 등록특허 제1290137호(발명의 명칭: 열화상을 이용한 결함 검출 장치 및 검출 방법)은, 검사대상체에 주기적으로 복사열을 가하여 대상물의 온도를 변화시키는 열원, 상기 열원에 의해 변화된 온도를 갖는 대상물의 열화상 이미지를 촬영하는 영상 촬영부, 상기 열원을 일정한 주기로 동작하도록 제어하는 디지털신호와 상기 영상 촬영부의 촬영신호를 생성하고, 상기 영상 촬영부에서 촬영한 열화상 이미지를 2D 형태의 아스키(ASCII)코드로 변환한 후 2D 형태의 아스키(ASCII) 코드를 영상으로 변환하여 상기 검사대상체의 결함을 검출하는 제어부, 제어부가 생성한 디지털신호를 아날로그신호로 변환하여 상기 열원으로 전달하고, 상기 열원이 동작하는 일정한 주기와 영상 촬영부를 동기화하는 인터페이스부, 및 상기 인터페이스부의 출력전압으로 상기 열원의 온도를 제어하기 위해 인터페이스부의 출력전압을 상기 열원의 동작전압까지 증폭시키는 증폭수단을 포함하는, 열화상을 이용한 결함 검출 장치를 개시하고 있다.

[0006] 그러나, 할로겐 램프를 열원으로서 사용하는데 따른 단점이 존재하였다. 할로겐 램프의 광원은 발산각이 크기 때문에 원거리의 가진이 힘들며, 정밀한 위치 및 세기 제어가 어려워 손상 검출 기술로서 정확도 및 정밀도가 떨어지는 문제가 있었다.

[0007] 또한, 레이저를 이용한 열화상 기법은, 레이저를 구조물에 조사하고 이로부터 발생한 열파를 적외선 열화상 카메라를 통해 촬영하여 구조물의 결함을 감지하는 비파괴 검사 기법이다. 레이저의 특성에 의해 원거리 검사가

가능할 뿐만 아니라 정밀한 열원 제어가 가능하여 검사 신뢰도를 향상시킬 수 있다.

[0008] 이와 관련하여, 대한민국 등록특허 제 1320358호(발명의 명칭: 비파괴 검사를 위한 레이저 위상 잠금 열화상 장치)에서는, 전압신호를 생성하는 함수생성기, 함수생성기에서 공급되는 전압신호를 전류로 변환하는 레이저 다이오드 드라이버, 레이저 다이오드 드라이버에서 공급되는 전류에 의해 레이저를 연속적으로 생성하여 구조물에 조사하는 연속레이저기, 연속레이저기에서 조사되는 레이저에 의해 가열된 구조물을 계측하는 열화상 카메라, 및 함수생성기를 제어하고 열화상 카메라의 화상정보를 수신하여 구조물의 손상 여부를 판별하는 컨트롤러를 포함하는, 비파괴 검사를 위한 레이저 위상 잠금 열화상 장치를 개시하고 있다.

[0009] 그러나 이러한 레이저 위상 잠금 열화상 기술은, 점형의 레이저를 사용하여 구조물에 열파를 생성함으로써, 단시간에 넓은 영역을 검사하기에는 많은 시간 제약이 따르며 표면 손상 검출만이 가능하다는 한계가 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명의 일 실시예는 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 연속파 선형 레이저 스캐닝을 통해 획득된 구조물에 대한 열화상을 처리함으로써 구조물의 표면 및 내부 결함을 감지하는 열화상 장치 및 방법을 제공하고자 한다.

[0011] 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 일 측면에 따른 열화상 장치는, 타겟 구조물에 연속파 선형 레이저(Continuous Wave line laser)를 스캐닝 라인을 따라 가진하는 선형 레이저 가진부; 상기 선형 레이저에 의해 상기 타겟 구조물에서 발생된 열파(thermal wave)를 측정하여 열화상 이미지를 생성하는 열파 스캐닝부; 상기 열화상 이미지로부터 상기 선형 레이저 별 열파 이미지를 획득하고, 상기 선형 레이저 별 열파 이미지와 상기 스캐닝 라인 전체의 열파 이미지 평균 간의 차이 값에 기초하여 비정상 응답에 따른 비정상 열파 이미지를 생성하고, 상기 비정상 열파 이미지들에 대해서 제로 패딩(zero-padding) 처리를 수행한 후 누적하여 하나의 비정상 영역 이미지로 압축하고, 비정상 영역 이미지에 기초하여 손상 유무 정보 알림 및 손상 영역 이미지를 출력하는 열화상 처리 제어부를 포함한다.

[0013] 그리고, 본 발명의 다른 측면에 따른 열화상 장치를 통한 열화상 처리 방법은, 타겟 구조물에 연속파 선형 레이저(Continuous Wave line laser)를 스캐닝 라인을 따라 가진하는 단계; 상기 타겟 구조물로부터 방사된 열파를 측정하여 열화상 이미지를 생성하는 단계; 상기 열화상 이미지로부터 상기 선형 레이저 별 열파 이미지를 획득하는 단계; 상기 선형 레이저 별 열파 이미지로부터 상기 스캐닝 라인 전체의 열파 이미지 평균을 제하여 비정상 응답을 추출하는 단계; 상기 선형 레이저 별로 상기 비정상 응답에 기초한 비정상 열파 이미지를 생성하는 단계; 상기 선형 레이저 별 상기 비정상 열파 이미지에 대해서 제로 패딩(zero-padding) 처리한 후 누적하여 하나의 비정상 영역 이미지로 압축하는 단계; 및 상기 비정상 영역 이미지에 기초하여 손상 유무 정보 알림 및 손상 영역 이미지를 출력하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0014] 전술한 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면, 구조물의 내부 및 외부 손상 검사를 검사 장비와 타겟 구조물과의 접촉이나 또는 매개 물질없이 완전 비접촉식으로 처리할 수 있다.

[0015] 또한, 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면, 레이저를 열원으로 사용함으로써 작은 광 확산율에 따라 원거리 손상 검사가 가능할 뿐만 아니라, 레이저 형상을 선형(line)으로 변환하여 스캐닝함으로써 구조물 결함 검사 속도를 고속화할 수 있다. 이를 통해, 대형 구조물의 결함 검사가 가능할 뿐 아니라 평면 및 곡면 검사가 가능하여, 다양한 형상의 구조물에 정밀/정확한 열파 형성이 가능하도록 하여 결함 검사의 검사 신뢰도가 향상된다.

[0016] 또한, 본 발명이 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면 연속파 선형 레이저 스캐닝을 통해 열파의 전파 방향을 타겟 구조물 표면의 수직 및 수평 방향으로 유도 가능하므로, 구조물에 발생한 표면 손상 뿐만 아니라 내부 손상도 동시에 검사 가능하다.

[0017] 또한, 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면 열화상 장치의 각 요소들의 동기화/자동화를 통해 실시간 결함 검사가 가능하다.

[0018] 또한, 본 발명의 과제 해결 수단 중 어느 하나에 의하면 별도의 이미지 처리 기법을 통해 선형 레이저 스캐닝에 대해 최적화된 열화상 처리가 가능하며, 외부 환경으로부터 발생할 수 있는 노이즈 성분 및 영상 잡음에 의한 손상 오보를 줄일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 열화상 장치의 구성을 나타낸 구조도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 손상 영역에 대한 비정상 응답 추출 처리 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 압축 처리 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 영상 잡음 제거 처리 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 열화상 처리 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 본 발명을 명확하게 설명하기 위해 도면에서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다. 또한, 도면을 참고하여 설명하면서, 같은 명칭으로 나타낸 구성일지라도 도면에 따라 도면 번호가 달라질 수 있고, 도면 번호는 설명의 편의를 위해 기재된 것에 불과하고 해당 도면 번호에 의해 각 구성의 개념, 특징, 기능 또는 효과가 제한 해석되는 것은 아니다.

[0021] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미하며, 하나 또는 그 이상의 다른 특징이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0022] 본 명세서에 있어서 '부(部)' 또는 '모듈'이란, 하드웨어 또는 소프트웨어에 의해 실현되는 유닛(unit), 양방을 이용하여 실현되는 유닛을 포함하며, 하나의 유닛이 둘 이상의 하드웨어를 이용하여 실현되어도 되고, 둘 이상의 유닛이 하나의 하드웨어에 의해 실현되어도 된다.

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 열화상 장치의 구성을 나타낸 구조도이다.

[0024] 도 1에 도시한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 열화상 장치(100)는 선형 레이저 가진부(110), 열파 스캐닝부(120), 및 열화상 처리 제어부(130)를 포함한다.

[0025] 열화상 장치(100)는 연속파 선형 레이저 스캐닝을 통해 타겟 구조물의 열화상을 획득하고, 획득된 열화상에 대해 기설정된 이미지 처리를 수행하여 손상 여부를 검사하고 손상 영역에 대한 이미지를 출력한다.

[0026] 선형 레이저 가진부(110)는 타겟 구조물(P10)로 연속파 선형 레이저(continuous wave line laser)를 가진(excitation)한다.

[0027] 도 1에 도시한 바와 같이, 선형 레이저 가진부(110)는 연속파 점형 레이저빔(point laser beam)을 발산하는 점형 레이저 출력기(111), 점형 레이저 출력기(111)로부터 출력된 점형 레이저빔을 선형 레이저빔으로 형상을 변조시키는 형상 변조 렌즈(112), 연속파인 선형 레이저빔을 타겟 구조물(P10)에 조사하는 선형 레이저 출력기(113)를 포함한다.

[0028] 이때, 형상 변조 렌즈(112)는 원통형 렌즈(cylindrical lens)일 수 있으며, 원통형 렌즈에 한정되지 않고 다양한 형상 변조 렌즈를 사용할 수 있다. 예를 들어, 연속파 점형 레이저빔을 선형 이외에도 사각형, 그리드형 등 다양한 형상의 레이저빔으로 변환하여 사용할 수 있다.

- [0029] 또한, 선형 레이저 출력기(113)는 선형 레이저빔을 기설정된 스캐닝 방향에 따라 타겟 구조물(P10)의 일 위치에서부터 소정의 위치까지 연속적으로 조사하는 갈바노미터 스캐너(galvanometer scanner)일 수 있다.
- [0030] 선형 레이저 가진부(110)로부터 출력된 연속파 선형 레이저빔이 타겟 구조물(P10)에 가진됨에 따라, 타겟 구조물(P10)로부터 열파(thermal wave)(P20)가 방사된다.
- [0031] 열파 스캐닝부(120)는 선형 레이저 가진부(110)가 선형 레이저빔을 가진한 스캐닝 방향에 따라 타겟 구조물(P10)로부터 발생된 열파를 측정한다. 그리고 열파 스캐닝부(120)는 타겟 구조물(P10)로부터 측정된 열 전파 형상을 모사하여 열화상 이미지를 생성한다. 그리고 열파 스캐닝부(120)는 생성한 열화상 이미지를 열화상 처리 제어부(130)로 전달한다.
- [0032] 도 1에 도시한 바와 같이, 열파 스캐닝부(120)는 열화상 카메라(121) 및 포커싱 렌즈(122)를 포함한다. 이때, 열화상 카메라(121)는 적외선 측정 카메라로서, 포커싱 렌즈(122)를 통해 수신된 타겟 구조물(P10)의 열 전파 형상을 열화상 이미지로서 생성한다.
- [0033] 열화상 처리 제어부(130)는 제어 및 동기화 신호를 선형 레이저 가진부(110)로 전송하고, 선형 레이저 가진부(110)는 제어 및 동기화 신호에 기초하여 연속파 레이저빔을 발산시킨다. 이와 동시에, 열화상 처리 제어부(130)는 선형 레이저 가진부(110)로 전송한 제어 및 동기화 신호와 동일한 신호를 열파 스캐닝부(120)로 전송하여 선형 레이저빔에 의해 타겟 구조물(P10)로부터 방사된 열파를 스캐닝하도록 한다.
- [0034] 이처럼 선형 레이저로 구조물을 스캐닝함에 따라, 열전도율(thermal conductivity)이 높아 상대적으로 열파 생성이 유리한 대상 시편뿐만 아니라 낮은 열전도율로 인해 넓은 영역의 열파 생성이 힘든 대상 시편까지도 결합 검사 수행이 가능하다. 또한, 타겟 구조물의 표면 손상과 더불어 내부 손상까지도 검사 수행이 가능하다.
- [0035] 한편, 열화상 처리 제어부(130)는 열파 스캐닝부(120)로부터 수신된 열화상 이미지(P30)에 대해 기설정된 자동 이미지 처리 알고리즘을 적용하여 손상 유무를 판별하는 손상 검사 이미지 처리를 수행한다.
- [0036] 이때, 열화상 처리 제어부(130)는 타겟 구조물(P10)의 표면 및 내부에 발생한 손상 영역에 대한 정보만을 추출하여 이를 시각화하기 위하여, 선형 레이저 스캐닝을 통해 획득한 타겟 구조물(P10)의 열화상 이미지에 대해 기설정된 손상 검사 이미지 처리를 수행한다.
- [0037] 열화상 처리 제어부(130)가 수행하는 이미지 처리 과정은 크게 3부분으로 나뉠 수 있다. 이러한 열화상 처리 제어부(130)의 손상 검사 이미지 처리 과정에 대해 도 2 내지 도 4를 참조하여 상세히 설명하도록 한다.
- [0038] 먼저, 열화상 처리 제어부(130)는 획득된 열화상 이미지들로부터 비정상 응답을 추출하는 과정을 처리한다.
- [0039] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 손상 영역에 대한 비정상 응답 추출 처리 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0040] 앞서 설명한 바와 같이, 선형 레이저 가진으로 인한 열파가 생성되는 동안 타겟 구조물(P10) 상에서의 열 전파 현상이 열화상 카메라(121)로부터 열화상 이미지(Rk)로서 기록된다. 즉, 도 2에 도시한 바와 같이, 선형 레이저가 스캐닝 방향에 따라 순차적으로 가진됨에 따라 시간이 경과할수록 열화상 이미지 R1 내지 열화상 이미지 Rn까지의 열화상 이미지(Rk)가 순차적으로 기록된다.
- [0041] 예를 들어, 타겟 구조물(P10) 상에 발생될 수 있는 손상 중의 하나인 박리(delamination)는 공기에 의한 공간으로서 간주될 수 있다. 이때, 타겟 구조물(P10) 상에서 박리가 발생된 손상 영역의 열전도율은 다른 정상 영역의 열전도율보다 매우 낮다. 따라서, 선형 레이저 빔을 타겟 구조물(P10)의 일 영역에 가진하여 열파가 타겟 구조물의 두께 방향으로 전파되면, 손상 영역에서의 온도 값(T)은 다른 정상 영역의 온도보다 훨씬 더 높게 된다. 이러한 타겟 구조물(P10) 상에서의 열 변화를 검출하여 손상 영역을 추출할 수 있다.
- [0042] 이처럼 타겟 구조물(P10) 상의 손상 영역 주변에서는 정상 영역과는 다른 열 전파 현상이 나타나게 되는데, 이는 열화상 처리 제어부(130)에 의해 비정상 열파 이미지(Ak)로서 저장된다. 이때, 비정상 열파 이미지 Ak는 원시 열화상 이미지(Rk)에서 선형 레이저의 가진으로 인한 열파가 남아있는 영역을 지정한 레이저 열파 이미지(laser-affected image, Lk)로부터 생성된다.
- [0043] 상세하게는, 열화상 처리 제어부(130)는 각각의 원시 열화상 이미지들로부터 선형 레이저빔(즉, 스캐닝 라인)별 열파 이미지(L1 내지 Ln)를 획득한다. 그리고 열화상 처리 제어부(130)는 모든 열파 이미지(Lk)를 평균한 L과 각 Lk의 차를 Ak로서 저장한다. 즉, 1 내지 n까지의 원시 열화상 이미지(R1 내지 Rn)들 별로 선형 레이저에 의한 열파가 남아 있는 레이저 열파 이미지(L1 내지 Ln)가 검출되며, 모든 레이저 열파 이미지를 합한 평균 값

을 각 레이저 열과 이미지(Lk)로부터 제하면 손상 영역에 대한 비정상 열과 이미지(Ak)가 남게 된다.

[0044] 도 2에서는 k번째 열화상 이미지 Rk에 대한 레이저 열과 이미지 Lk를 예로서 나타내었다. 이때, 레이저 열과 이미지(Lk)는 선형 레이저빔에 의한 길이(I)와 선형 레이저빔의 스캐닝 포지션 벡터($\overrightarrow{Pk}$)에 의해 지정된다. 길이(I)는, 원시 열화상 이미지(Rk) 상에서 선형 레이저빔으로부터 영향을 받아 열 응답이 남아있는 레이저 열과 이미지(Lk)의 폭을 의미한다. 레이저 열과 이미지의 길이(I)는 선형 레이저빔의 여기후 냉각 시간(즉, 열 영향을 받은 시간 Δt)와 선형 레이저빔의 주사 속도를 곱하여 산출할 수 있다. 또한, 스캐닝 포지션 벡터($\overrightarrow{Pk}$)의 방향은 선형 레이저빔의 위치 및 스캐닝 방향을 의미한다. 스캐닝 포지션 벡터($\overrightarrow{Pk}$)는 최대 온도값 찾기 기법에 기반한 픽셀 트래킹 알고리즘에 기초하여 추적할 수 있다. 즉, 열화상 이미지에서 최대 온도값을 갖는 영역의 픽셀들을 검출하여 현재 스캐닝 라인에 대한 포지션 벡터를 추적할 수 있다.

[0045] 다음으로, 열화상 처리 제어부(130)는 타겟 구조물(P10)의 손상 영역에 대한 비정상 열과 이미지(Ak)를 생성한 후, 이미지 압축 처리를 수행한다.

[0046] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 이미지 압축 처리 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0047] 도 3에 도시한 바와 같이, 열화상 처리 제어부(130)는 선형 레이저빔 별로 생성된 모든 비정상 열과 이미지(Ak)들을 스캐닝 포지션 벡터인 $\overrightarrow{Pk}$ 를 기반으로 제로 패딩(zero-padding) 처리한 후 누적하여, 하나의 비정상 영역 이미지(A)로 압축한다.

[0048] 그런 다음, 열화상 처리 제어부(130)는 비정상 영역 이미지(A)에 대해 잡음 제거 처리를 하여 손상 영역을 명확히 표시한다.

[0049] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 영상 잡음 제거 처리 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0050] 도 4에 도시한 바와 같이, 열화상 처리 제어부(130)는 비정상 영역 이미지(A)에 대해 이진화 처리를 수행하여 이진화 이미지(B)를 생성한다. 그리고 열화상 처리 제어부(130)는 이진화 이미지(B)에서 타겟 구조물(P10)의 손상 영역을 극명하게 표현하기 위하여 최종적으로 영상 잡음 제거 필터링을 수행하여 최종 손상 검사 이미지(F)를 생성한다. 이때, 영상 잡음 제거 필터링으로서 중앙값 필터링(median filtering)을 처리할 수 있다.

[0051] 이상에서와 같은 열화상 이미지에 대한 손상 검사 이미지 처리를 수행함으로써, 타겟 구조물(P10)에 대한 검사 영역 중 손상 영역에 대한 추출 및 손상 형상에 대한 시각화가 가능하다.

[0052] 열화상 처리 제어부(130)는 손상 검사 이미지 처리 결과에 기초하여 타겟 구조물(P10)에 대한 손상(결함) 유무를 판단하고, 손상 검출 시 이에 대한 알림과 더불어 손상 영역을 시각화한 이미지를 출력할 수 있다.

[0053] 이하, 도 5를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 열화상 장치(100)를 통한, 연속과 선형 레이저 스캐닝에 따른 손상 시각화 방법에 대해서 상세히 설명하도록 한다.

[0054] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 열화상 처리 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

[0055] 먼저, 기설정된 제어 신호 및 동기화 신호에 따라 타겟 구조물(P10)에 연속과 선형 레이저빔을 가진한다(S510).

[0056] 이때, 연속과 선형 레이저빔은 기설정된 스캐닝 방향에 따라 연속적으로 조사된다.

[0057] 선형 레이저빔이 여기된 타겟 구조물(P10) 상에서는 열파가 방사된다.

[0058] 이에 따라, 타겟 구조물(P10)로부터 방사된 열파를 측정하여 열화상 이미지를 생성한다(S520).

[0059] 이때, 열파 측정 및 열화상 이미지 생성은 적외선 열화상 카메라를 통해 처리될 수 있으며, 스캐닝 방향을 따라 연속적으로 조사된 선형 레이저빔의 위치에 따라 열화상 이미지들이 기록될 수 있다.

[0060] 다음으로, 열화상 이미지들에 대해 기설정된 손상 검사 이미지 처리를 수행하여 손상 영역 추출 및 손상 영역 시각화를 처리한다(S530).

[0061] 이때, 손상 검사 이미지 처리는, 원시 열화상 이미지들에 대해 각각 비정상 응답을 추출하는 처리, 추출된 비정상 응답에 의해 생성된 비정상 열과 이미지들을 누적하여 하나의 비정상 영역 이미지로 압축하는 처리, 및 비정상 영역 이미지에 대해 잡음 제거 처리를 하여 손상 영역을 명확히 시각화하는 처리를 포함한다. 이러한 손상 검사 이미지 처리의 과정은 앞서 설명한 도 2 내지 도 4에 포함된 내용과 동일 또는 유사하므로 상세한 설명은

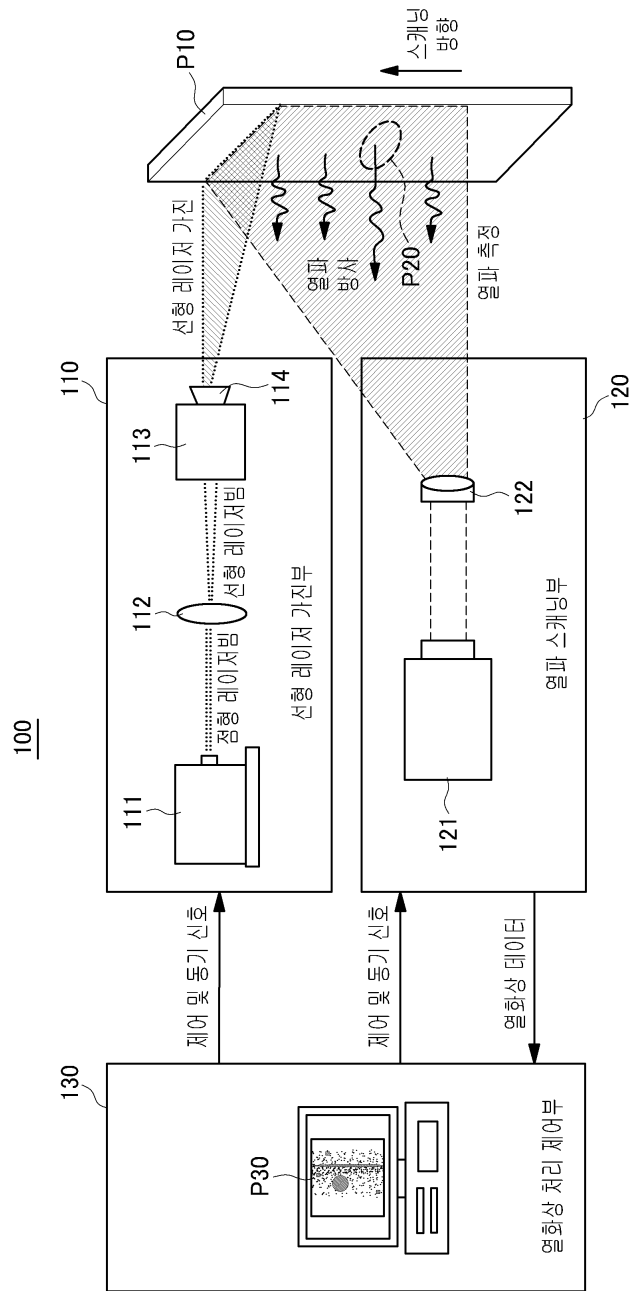
생략하도록 한다.

- [0062] 그런 다음, 손상 검사 이미지 처리의 결과에 따라 타겟 구조물(P10) 표면 및 내부 중 적어도 하나에 발생된 손상 유무 정보를 알리고, 손상 검사 이미지를 모두 처리한 최종 손상 검사 이미지를 출력한다(S540).
- [0063] 이상에서 설명한 본 발명의 실시예에 따른 비파괴 검사를 위한 열화상 처리 방법은, 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행 가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터 저장 매체 및 통신 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 통신 매체는 전형적으로 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈, 또는 반송파와 같은 변조된 데이터 신호의 기타 데이터, 또는 기타 전송 메커니즘을 포함하며, 임의의 정보 전달 매체를 포함한다.
- [0064] 진술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0065] 또한, 본 발명의 방법 및 시스템은 특정 실시예와 관련하여 설명되었지만, 그것들의 구성 요소 또는 동작의 일부 또는 전부는 범용 하드웨어 아키텍처를 갖는 컴퓨터 시스템을 사용하여 구현될 수도 있다.
- [0066] 본 발명의 범위는 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

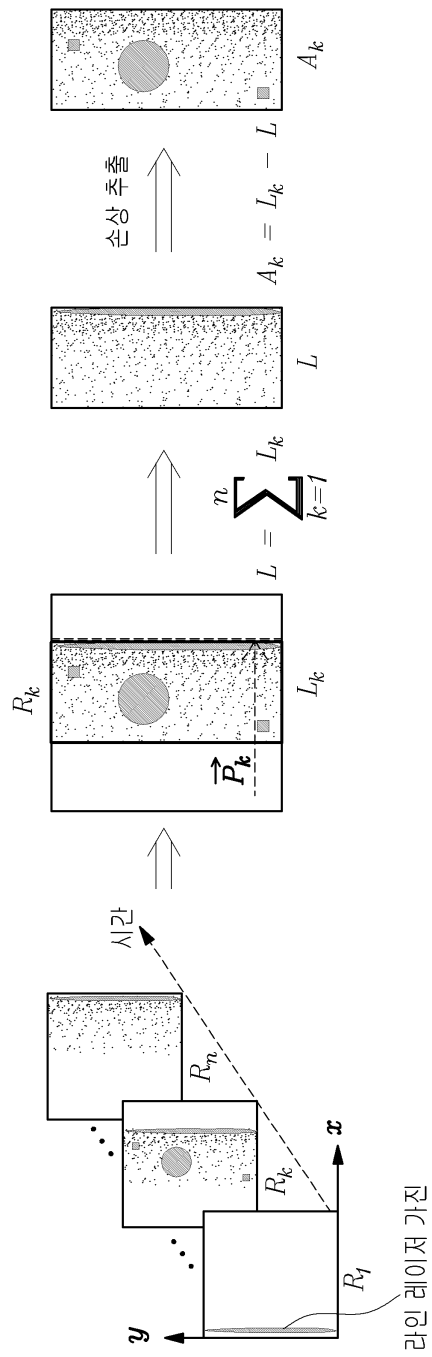
부호의 설명

- [0067] 100: 열화상 장치
- 110: 연속파 선형 레이저 가진부
- 120: 열파 스캐닝부
- 130: 열화상 처리 제어부

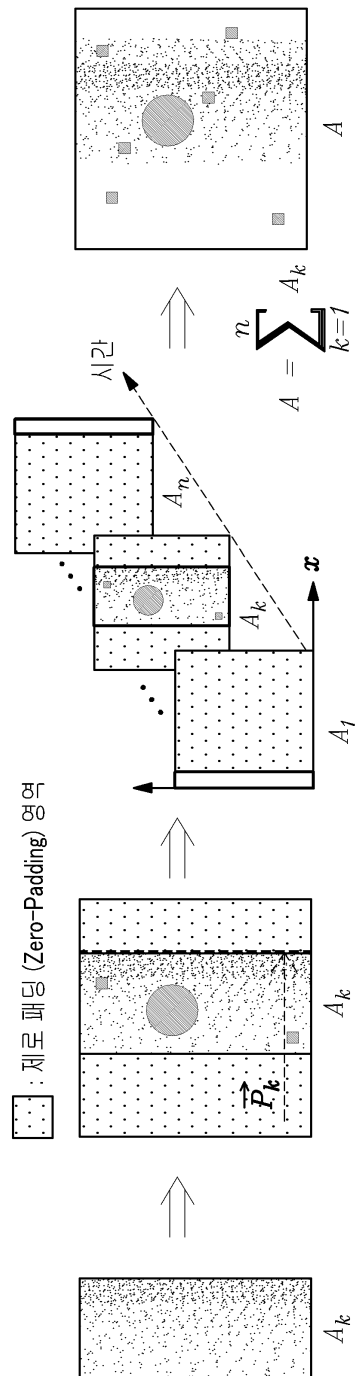
도면
도면1



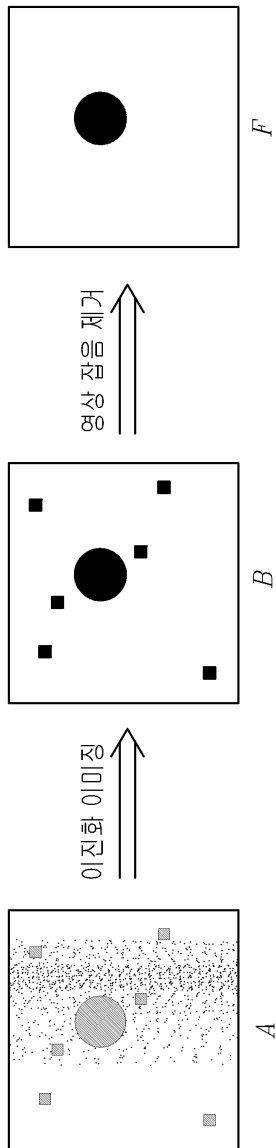
도면2



도면3



도면4



도면5

