



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2016년04월26일  
 (11) 등록번호 10-1615117  
 (24) 등록일자 2016년04월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 G01N 21/88 (2006.01) G01N 21/95 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2014-0093010  
 (22) 출원일자 2014년07월23일  
 심사청구일자 2014년07월23일  
 (65) 공개번호 10-2016-0011842  
 (43) 공개일자 2016년02월02일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR1020130114552 A\*  
 KR1020140025009 A\*  
 KR101366816 B1  
 JP2010266309 A  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
 한국기계연구원  
 대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)  
 (72) 발명자  
 김상민  
 대구광역시 수성구 효행로2길 88(만촌동)  
 맥이사알렉산더  
 경상북도 구미시 대학로 61 (양호동) 금오공과대  
 학교 T-517  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
 특허법인 플러스

전체 청구항 수 : 총 12 항

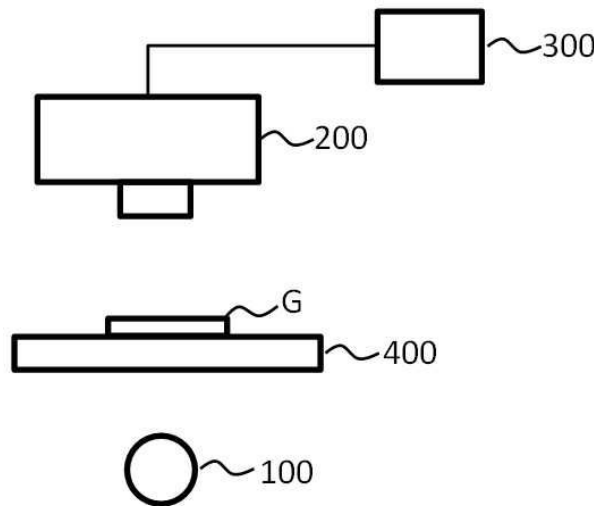
심사관 : 정진수

(54) 발명의 명칭 **그래핀 결함 검출 장치 및 방법**

**(57) 요약**

본 발명은 그래핀의 결함 검출 장치, 결함 검출 방법 및 그래핀의 결함 검출의 기준이 되는 그래핀 결함 검출 지표의 산출 방법에 관한 것으로, 본 발명에 따른 그래핀 결함 검출 장치는 그래핀에 백색광을 조사하는 백색광원; 상기 그래핀의 가시광 이미지를 촬상하는 디지털 카메라; 및 상기 디지털 카메라의 이미지를 입력받아, 상기 이미지의 픽셀별 상대 휘도를 기반으로 그래핀의 결함 유무, 결함의 종류 및 결함 위치를 판단하는 판단부;를 포함한다.

**대표도** - 도1



(72) 발명자

**김재현**

대전광역시 유성구 어은로 57 (어은동, 한빛아파트) 127-208

**김광섭**

대전광역시 유성구 어은로 57 (어은동, 한빛아파트) 120-1201

**이승모**

충청남도 논산시 만어4길 46

**오충석**

대전광역시 서구 둔산로 155 (둔산동, 크로바아파트) 108-505

**이학주**

대전광역시 서구 대덕대로 415 (만년동, 상아아파트) 102-807

**김경식**

대전광역시 유성구 봉산로32번길 21 (봉산동)

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

그래핀에 백색광을 조사하는 백색 광원;

상기 그래핀의 가시광 이미지를 촬상하는 디지털 카메라; 및

상기 디지털 카메라의 이미지를 입력받아, 상기 이미지의 픽셀별 상대 휘도(RL; relative luminance)를 기반으로 그래핀의 결함 유무, 결함의 종류 및 결함 위치를 판단하는 판단부;를 포함하되,

상기 판단부는 하기 관계식 1을 만족하는 경우 비결함으로, 하기 관계식 2를 만족하는 경우 관통형 크랙 결함으로, 하기 관계식 3을 만족하는 경우 다층 결함으로, 하기 관계식 4를 만족하는 경우 비관통형 크랙 결함으로 판별하는 그래핀 결함 검출 장치.

(관계식 1)

$$0.012 \leq \Delta RL(i) \leq 0.022$$

(관계식 2)

$$0 < \Delta RL(i) < 0.012$$

(관계식 3)

$$0.04 \leq \Delta RL(i) \leq 0.06$$

(관계식 4)

$$0.022 < \Delta RL(i) \leq 0.035$$

(관계식 1 내지 4에서  $\Delta RL(i) = RL_{gra}(i) - RL_{bg}(i)$ 이고,  $RL_{gra}$ 는 그래핀의 가시광 이미지의 픽셀별 상대 휘도값이며,  $RL_{bg}$ 는 광원과 디지털 카메라 사이에 그래핀이 위치하지 않은 상태로 디지털 카메라에 의해 촬상된 백그라운드 이미지의 픽셀별 상대 휘도값이고,  $i$ 는 디지털 카메라에 의해 촬상된 이미지의 일 픽셀을 의미한다)

**청구항 2**

제 1항에 있어서,

상기 그래핀을 사이에 두고, 상기 백색 광원과 상기 디지털 카메라는 서로 이격 대향하는 그래핀의 결함 검출 장치.

**청구항 3**

제 2항에 있어서,

상기 판단부는 상기 백색 광원과 상기 디지털 카메라 사이에 그래핀이 위치하지 않은 상태로, 상기 디지털 카메라에 의해 촬상된 백그라운드 이미지를 더 입력받아,

상기 백그라운드 이미지의 픽셀별 상대 휘도값인 백그라운드 상대 휘도와 상기 그래핀의 가시광 이미지의 픽셀별 상대 휘도값인 그래핀 상대 휘도의 차를 이용하여, 그래핀의 결함 유무, 결함의 종류 및 결함 위치를 판단하는 그래핀 결함 검출 장치.

**청구항 4**

삭제

**청구항 5**

제 2항에 있어서,

상기 검출장치는 그래핀을 지지하는 투명 지지부; 및 상기 투명 지지부를 이동하는 이동부재;를 더 포함하며,

상기 투명 지지부는 상기 이동부재에 의해 그래핀을 상기 디지털 카메라와 상기 광원 사이로 이동시키는 그래핀 결합 검출 장치.

**청구항 6**

제 2항에 있어서,

상기 결합 검출 장치는 저장부;를 더 포함하며,

상기 저장부는 그래핀의 비결합 영역 및 그래핀의 결합 종류에 따른 상대 휘도값인 기준상대 휘도가 저장된 그래핀 결합 검출 장치.

**청구항 7**

제 2항에 있어서,

상기 광원과 상기 그래핀 사이에, 광확산막이 더 구비되는 그래핀 결합 검출 장치.

**청구항 8**

제 1항에 있어서,

상기 결합 검출 장치는 디스플레이부를 더 포함하며,

상기 디스플레이부는 상기 판단부에 의해 판별되는 픽셀별 결합 유무 및 결합 종류를 기반으로, 그래핀의 결합 이미지를 출력하는 그래핀 결합 검출 장치.

**청구항 9**

a) 그래핀에 백색광을 조사하여 그래핀의 가시광 이미지를 획득하는 단계; 및

b) 상기 이미지의 픽셀별 상대 휘도를 기반으로, 그래핀의 결합 유무, 결합의 종류 및 결합 위치를 검출하는 단계;를 포함하되,

상기 b) 단계에서, 하기 관계식 1을 만족하는 경우 비결합으로, 하기 관계식 2를 만족하는 경우 관통형 크랙 결합으로, 하기 관계식 3을 만족하는 경우 다층 결합으로, 하기 관계식 4를 만족하는 경우 비관통형 크랙 결합으로 판별하는 그래핀 결합 검출 방법.

(관계식 1)

$$0.012 \leq \Delta RL(i) \leq 0.022$$

(관계식 2)

$$0 < \Delta RL(i) < 0.012$$

(관계식 3)

$$0.04 \leq \Delta RL(i) \leq 0.06$$

(관계식 4)

$$0.022 < \Delta RL(i) \leq 0.035$$

(관계식 1 내지 4에서  $\Delta RL(i) = RL_{gra}(i) - RL_{bg}(i)$ 이고,  $RL_{gra}$ 는 그래핀의 가시광 이미지의 픽셀별 상대 휘도값이며,  $RL_{bg}$ 는 광원과 디지털 카메라 사이에 그래핀이 위치하지 않은 상태로 디지털 카메라에 의해 촬상된 백그라운드 이미지의 픽셀별 상대 휘도값이고,  $i$ 는 디지털 카메라에 의해 촬상된 이미지의 일 픽셀을 의미한다)

**청구항 10**

제 9항에 있어서,

상기 이미지는 상기 그래핀을 투과한 광에 의한 이미지인 그래핀 결함 검출 방법.

**청구항 11**

제 9항에 있어서,

상기 a) 단계 전,

상기 그래핀을 지지하는 투명 지지부의 가시광 이미지인 백그라운드 이미지를 획득하여, 상기 백그라운드 이미지의 픽셀별 상대 휘도 값을 산출하는 단계를 더 포함하는 그래핀 결함 검출 방법.

**청구항 12**

제 11항에 있어서,

상기 b) 단계는

상기 백그라운드 이미지의 픽셀별 상대 휘도값인 백그라운드 상대 휘도와 상기 그래핀의 가시광 이미지의 픽셀별 상대 휘도값인 그래핀 상대 휘도의 차를 이용하여, 그래핀의 결함 유무, 결함의 종류 및 결함 위치가 검출되는 그래핀의 결함 검출 방법.

**청구항 13**

삭제

**청구항 14**

제 11항에 있어서,

상기 a) 단계 전,

특정 결함을 함유하는 기준 그래핀의 가시광 이미지인 기준 이미지를 획득하여, 결함의 종류별로, 기준 이미지 상, 결함이 위치하는 그래핀 영역에 해당하는 픽셀의 상대 휘도 값과 상기 백그라운드 이미지의 동일 픽셀에서의 상대 휘도 값의 차이를 산출하여, 결함의 유무 및 결함의 종류를 판별하는 기준이 되는 기준 상대 휘도를 선정하는 단계;를 더 포함하는 그래핀 결함 검출 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 그래핀 결함 검출 장치 및 그래핀 결함 검출 방법에 관한 것으로, 상세하게, 고가의 장비 및 고도의 분석이 불필요하며, 극히 간단한 저가의 장비로 그래핀의 결함을 단시간 내에 검출할 수 있는 장치 및 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 그래핀은 2004년에 발견된 새로운 2차원 탄소물질로써, 육각형 벌집모양의 구조를 이루고 있는 단일 탄소원자층으로 이루어진 초박막 구조이다. 그래핀은 강도, 열전도율, 전자이동도 등 여러 가지 특징이 현존하는 물질 중 가장 뛰어난 소재로 디스플레이, 이차전지, 태양전지, 발광소자 및 센서 등 다양한 분야에 응용이 가능한 핵심 소재로 각광받고 있다.

[0003] 그래핀은 크게 기계적 박리법, 화학증착법, 에피텍셜 합성법 또는 화학적 박리법을 이용하여 제조되는데, 이러한 그래핀의 제조시 그래핀에 크랙(crack), 접힘(fold), 주름(wrinkles) 또는 잔여물(residue)과 같은 결함이 존재할 수밖에 없으며, 이러한 결함은 그래핀의 특성을 열화시키는 것으로 알려져 있다.

[0004] 그래핀의 결함을 검출하는 종래의 방법으로, 대한민국 공개특허 제2012-0094708호와 같이, 그래핀에 전류를 인가하여, 결함이 있는 영역과 결함이 없는 영역간의 저항 차에 따른 온도 분포의 변화를 통해 그래핀의 결함을

검출하는 방법이 제안된 바 있다.

[0005] 이러한 열 분포에 의한 결함 검출 방법은 단시간에 대면적의 그래핀의 결함 검사가 가능한 장점이 있으나, 저항 차에 의한 발열을 통해 결함을 검출하는 것임에 따라, 결함의 정확한 위치 및 크기를 알 수 없는 문제점이 있으며, 또한, 그래핀의 저항에 큰 변화가 발생하지 않는 다층 결함이나 접힘 등과 같은 결함은 검출이 어려운 문제점이 있다. 나아가, 그래핀에 전류를 인가하기 위해 그래핀과 전류 인가 부재가 물리적으로 안정하게 접촉하여야 함에 따라, 이러한 물리적 접촉에 의해 그래핀의 2차적인 손상이 야기될 수 있다.

[0006]

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제2012-0094708호

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0008] 본 발명의 목적은 극히 단시간에 대면적의 그래핀의 결함을 검출할 수 있으며, 비접촉 방식으로 그래핀의 결함을 검출할 수 있고, 간단한 저가의 장비 및 극히 간단한 단계를 통해 그래핀의 결함 검출이 가능하며, 그래핀을 이용한 소자나 부품의 제조 공정 중 실시간으로 그래핀의 결함 검출이 가능한 그래핀의 결함 검출 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0009] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치는 그래핀에 백색광을 조사하는 백색 광원; 그래핀의 가시광 이미지를 촬상하는 디지털 카메라; 및 디지털 카메라의 이미지를 입력받아, 이미지의 픽셀별 상대 휘도(RL; relative luminance)를 기반으로 그래핀의 결함 유무, 결함의 종류 및 결함 위치를 판단하는 판단부;를 포함할 수 있다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치는 그래핀을 사이에 두고, 백색 광원과 디지털 카메라가 서로 이격 대향할 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치에 있어, 판단부는 광원과 디지털 카메라 사이에 그래핀이 위치하지 않은 상태로 디지털 카메라에 의해 촬상된 백그라운드 이미지를 더 입력받아, 백그라운드 이미지의 픽셀별 상대 휘도값인 백그라운드 상대 휘도와 그래핀의 가시광 이미지의 픽셀별 상대 휘도값인 그래핀 상대 휘도의 차를 이용하여, 그래핀의 결함 유무, 결함의 종류 및 결함 위치를 판단할 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치에 있어, 판단부는 하기 관계식 1을 만족하는 경우 비결함으로, 하기 관계식 2를 만족하는 경우 관통형 크랙 결함으로, 하기 관계식 3을 만족하는 경우 다층 결함으로, 하기 관계식 4를 만족하는 경우 비관통형 크랙 결함으로 판별할 수 있다.

[0013] (관계식 1)

[0014]  $0.012 \leq \Delta RL(i) \leq 0.022$

[0015] (관계식 2)

[0016]  $0 < \Delta RL(i) < 0.012$

[0017] (관계식 3)

[0018]  $0.04 \leq \Delta RL(i) \leq 0.06$

[0019] (관계식 4)

- [0020]  $0.022 < \Delta RL(i) \leq 0.035$
- [0021] 관계식 1 내지 4에서  $\Delta RL(i) = RL_{gra}(i) - RL_{bg}(i)$ 이고,  $RL_{gra}$ 는 그래핀의 가시광 이미지의 픽셀별 상대 휘도값이며,  $RL_{bg}$ 는 광원과 디지털 카메라 사이에 그래핀이 위치하지 않은 상태로 디지털 카메라에 의해 촬상된 백그라운드 이미지의 픽셀별 상대 휘도값이고,  $i$ 는 디지털 카메라에 의해 촬상된 이미지 중 일 픽셀을 의미한다.
- [0022] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치는 그래핀을 지지하는 투명 지지부; 및 투명 지지부를 이동하는 이동부재;를 더 포함하며, 투명 지지부는 이동부재에 의해 그래핀을 디지털 카메라와 백색 광원 사이로 이동시킬 수 있다.
- [0023] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치는 저장부;를 더 포함할 수 있으며, 저장부에는 그래핀의 비결함 영역 및 그래핀의 결함 종류에 따른 상대 휘도값인 기준 상대휘도가 저장될 수 있다.
- [0024] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치에 있어, 광원과 그래핀 사이에, 광확산막이 더 구비될 수 있다.
- [0025] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치는 디스플레이부를 더 포함할 수 있으며, 디스플레이부는 판단부에 의해 판별되는 픽셀별 결함 유무 및 결함 종류를 기반으로, 그래핀의 결함 이미지를 출력할 수 있다.
- [0026] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 방법은 a) 그래핀에 백색광을 조사하여, 그래핀의 가시광 이미지를 취득하는 단계; b) 이미지의 픽셀별 상대 휘도를 기반으로, 그래핀의 결함 유무, 결함의 종류 및 결함 위치를 검출하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0027] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 방법에 있어, 이미지는 그래핀을 투과한 광에 의한 이미지일 수 있다.
- [0028] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 방법에 있어, a) 단계 전, 그래핀을 지지하는 투명 지지부의 가시광 이미지인 백그라운드 이미지를 취득하여, 백그라운드 이미지의 픽셀별 상대 휘도 값을 산출하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0029] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 방법에 있어, b) 단계는 백그라운드 이미지의 픽셀별 상대 휘도 값인 백그라운드 상대 휘도와 그래핀의 가시광 이미지의 픽셀별 상대 휘도값인 그래핀 상대 휘도의 차를 이용하여, 그래핀의 결함 유무, 결함의 종류 및 결함 위치가 검출될 수 있다.
- [0030] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 방법에 있어, b) 단계에서, 하기 관계식 1을 만족하는 경우 비결함으로, 하기 관계식 2를 만족하는 경우 관통형 크랙 결함으로, 하기 관계식 3을 만족하는 경우 다층 결함으로, 하기 관계식 4를 만족하는 경우 비관통형 크랙 결함으로 검출할 수 있다.
- [0031] (관계식 1)
- [0032]  $0.012 \leq \Delta RL(i) \leq 0.022$
- [0033] (관계식 2)
- [0034]  $0 < \Delta RL(i) < 0.012$
- [0035] (관계식 3)
- [0036]  $0.04 \leq \Delta RL(i) \leq 0.06$
- [0037] (관계식 4)
- [0038]  $0.022 < \Delta RL(i) \leq 0.035$
- [0039] 관계식 1 내지 4에서  $\Delta RL(i) = RL_{gra}(i) - RL_{bg}(i)$ 이고,  $RL_{gra}$ 는 그래핀의 가시광 이미지의 픽셀별 상대 휘도값이며,  $RL_{bg}$ 는 그래핀을 지지하는 투명 지지부의 가시광 이미지인 백그라운드 이미지의 픽셀별 상대 휘도값이고,  $i$ 는 그래핀의 가시광 이미지 및 백그라운드 이미지에서 동일 위치의 일 픽셀을 의미한다.
- [0040] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 방법은, a) 단계 전, 특정 결함을 함유하는 기준 그래핀의 가시광 이미지인 기준 이미지를 취득하여, 결함의 종류별로, 기준 이미지 상, 결함이 위치하는 그래핀 영역에 해당하는 픽셀의 상대 휘도 값과 백그라운드 이미지의 동일 픽셀에서의 상대 휘도 값의 차이를 산출하여, 결함의 유

무 및 결함의 종류를 판별하는 기준이 되는 기준 상대 휘도를 선정하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

**발명의 효과**

- [0041] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치는, 그래핀의 가시광 이미지를 이용하여 그래핀의 결함을 검출함에 따라, 단지 그래핀의 백색광을 조사하는 백색광원, 가시광 이미지를 촬상하는 디지털 카메라 및 결함 유무, 결함의 종류 및 위치를 판별하는 판단부라는 극히 간단한 구성을 가지며, 저가의 소형 장비로 그래핀의 결함을 검출할 수 있는 장점이 있다.
- [0042] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 방법은, 그래핀에 백색광을 조사하여 그래핀의 가시광 이미지를 촬상하는 극히 간단하고 용이한 방법으로 그래핀의 결함을 검출할 수 있는 장점이 있다.
- [0043] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치 및 방법은 그래핀의 가시광 이미지를 이용하여 그래핀의 결함을 검출함에 따라, 대면적의 그래핀이라 하더라도 극히 단시간 내에 결함의 검출이 가능한 장점이 있다.
- [0044] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치 및 방법은 백색광의 조사와 가시광 이미지의 촬상이라는 비접촉 방식으로 그래핀의 결함을 검출함에 따라, 그래핀의 결함을 검출하는 과정에서 그래핀에 결함이 야기되는 것을 원천적으로 방지할 수 있는 장점이 있다.
- [0045] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치 및 방법은 결함에 의한 발열차라는 간접적 검출이 아닌, 결함과 광의 상호작용을 이용하여, 그래핀의 가시광 이미지의 픽셀 단위로, 결함 자체를 직접적으로 검출하는 것임에 따라, 정확한 결함의 위치 및 크기를 검출할 수 있는 장점이 있다.
- [0046] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치 및 방법은 단지 그래핀의 가시광 이미지를 이용하여 그래핀의 결함을 검출함에 따라, 신속한 결함의 검출이 가능하고, 숙련자에 의해 분석되는 고도의 분석 장비가 불필요하며, 전자동으로 결함의 검출이 가능하여, 그래핀 또는 그래핀을 이용한 소자나 부품의 제조시, 그 제조 현장에서 실시간으로 제조된 그래핀 또는 원료로 사용되는 그래핀의 품질 관리가 가능한 장점이 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0047] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치의 일 구성도이며,
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치의 다른 일 구성도이며,
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치의 또 다른 일 구성도이며,
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치의 또 다른 일 구성도이며,
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치의 또 다른 일 구성도이며,
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치의 또 다른 일 구성도이다.

\*부호의 설명\*

- 100 : 백색광원                      200 : 디지털 카메라
- 300 : 판단부                              400 : 투명 지지부
- 500 : 광확산막                      600 : 제어부
- 700 : 저장부                              800 : 디스플레이부

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0048] 이하 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 그래핀 결함 검출 장치 및 방법을 상세히 설명한다. 다음에 소개되는 도면들은 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 예로서 제공되는 것이다. 따라서, 본 발명은 이하 제시되는 도면들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있으며, 이하 제시되는 도면들은 본 발명의 사상을 명확히 하기 위해 과장되어 도시될 수 있다. 이때, 사용되는 기술 용어 및 과학 용어에 있어



서 다른 정의가 없다면, 이 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 통상적으로 이해하고 있는 의미를 가지며, 하기의 설명 및 첨부 도면에서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 설명은 생략한다.

[0049] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치는 그래핀에 백색광을 조사하는 백색 광원; 상기 그래핀의 가시광 대역 이미지를 촬상하는 디지털 카메라; 및 상기 디지털 카메라의 이미지를 입력받아, 상기 이미지의 픽셀별 상대 휘도(RL; relative luminance)를 기반으로 그래핀의 결함 유무, 결함의 종류 및 결함 위치를 판단하는 판단부;를 포함할 수 있다.

[0050] 상술한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치는 백색광에 의한 가시광 이미지를 기반으로, 그래핀의 결함 유무, 결함 종류 및 결함 위치를 검출함에 따라, 극히 단시간 내에 그래핀의 결함 검출이 가능한 장점이 있으며, 광과 그래핀의 상호작용에 의해, 직접적으로 결함을 검출하며 픽셀 단위로 결함을 검출함에 따라, 그래핀에 존재하는 결함의 위치 또한 정확하게 검출 가능한 장점이 있다. 또한, 그래핀에 존재하는 결함의 유무 및 결함의 종류별로, 그래핀의 가시광 이미지 상 상대 휘도가 달라짐에 따라, 픽셀별 그래핀 가시광 이미지의 상대 휘도를 기반으로 결함의 종류까지 판별 가능한 장점이 있다. 나아가, 백색광의 조사 및 가시광 이미지 촬상에 의해 그래핀의 결함을 검출함에 따라, 비접촉 방식으로 검출이 가능하며, 결함 검출 자체에 의해 그래핀에 손상되는 것을 원천적으로 방지할 수 있다.

[0051] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치의 일 구성도이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치는 백색광원(100); 디지털 카메라(200); 및 판단부(300);를 포함할 수 있다. 상세하게, 백색광원(100)은 검사대상인 그래핀(G)에 백색광을 조사하여, 디지털 카메라(200)는 백색광원(100)에 의해 백색광이 조사되며, 그래핀(G)의 가시광 이미지를 촬상할 수 있다. 판단부(300)는 디지털 카메라(200)에서 촬상된 그래핀(G)의 가시광 이미지를 입력받아, 가시광 이미지의 픽셀별 상대 휘도(RL; relative luminance)를 기반으로 그래핀의 결함 유무, 결함의 종류 및 결함 위치를 판단할 수 있다. 이때, 선별 검출되는 결함은 판통형 크랙 결함, 다층 결함 및 비판통형 크랙 결함과 같은 물리적 결함을 포함할 수 있다.

[0052] 그래핀(G)의 가시광 이미지는 백색광원(100)과 디지털 카메라(200)의 물리적 배열에 의해, 그래핀의 투과광 또는 그래핀의 반사광에 의한 이미지일 수 있다. 검사대상인 그래핀(G)을 기준으로, 백색광원(100)과 디지털 카메라(200)가 동일 측에 위치하는 경우, 그래핀의 반사광에 의해 디지털 카메라(200)에서 그래핀(G)의 가시광 이미지를 생성할 수 있으며, 검사대상인 그래핀(G)을 기준으로, 백색광원(100)과 디지털 카메라(200)가 서로 다른 측에 위치하는 경우, 그래핀의 투과광에 의해 디지털 카메라(200)에서 그래핀(G)의 가시광 이미지를 생성할 수 있다.

[0053] 종게는, 도 1에 도시한 일 예와 같이, 그래핀의 투과광에 의해 그래핀(G)의 가시광 이미지가 생성되도록, 그래핀(G)을 사이에 두고, 백색 광원(100)과 디지털 카메라(200)가 서로 이격 대향할 수 있다. 백색광원(100)에서 생성된 백색광이 그래핀(G)을 투과하고, 디지털 카메라(200)에서 그래핀의 투과광에 의해 그래핀(G)의 가시광 이미지를 촬상함으로써, 결함의 종류별 및 결함영역과 비결함영역 별로 큰 상대 휘도 차가 발생하여, 결함 검출의 정확도 및 신뢰도를 현저하게 향상시킬 수 있다. 나아가, 그래핀(G)을 사이에 두고, 백색 광원(100)과 디지털 카메라(200)가 서로 이격 대향하여, 디지털 카메라(200)에서 그래핀 투과광에 의해 가시광 이미지를 촬상하는 경우, 대면적의 그래핀이라 하더라도, 균일한 조도의 백색광의 조사가 가능하여, 검사대상 그래핀의 크기에 제약을 받지 않을 수 있다.

[0054] 검출 대상 그래핀은 특별히 제한되지 않으며, 구체적인 일 예로, 단층 그래핀, 이중층 그래핀 또는 다층 그래핀 일 수 있다.

[0055] 백색 광원(100)은 400nm부터 1600nm까지의 파장을 발광하는 광원이면 무방하며, 구체적인 일 예로, 할로겐 램프, 텅스텐 램프, 청색, 녹색 및 적색 LED(Light Emitting Diode) 광원을 하나의 패키지로 하여, 청, 녹 및 적의 삼원색 광을 합하여 백색광을 발광하는 램프이면 무방하며, 본 발명이 백색 광원의 종류에 의해 한정될 수 없음은 물론이다. 백색 광원(100)은 검사대상인 그래핀(G)의 크기를 고려하여, 둘 이상의 광원이 일정하게 배열된 구조를 가질 수 있다. 구체적이며, 비 한정적인 일 예로, 서로 직교하는 두 축을 기준으로, 일 축으로 M개(M ≥ 2인 자연수)의 광원이 배열되며, 다른 일 축으로 N개(N ≥ 1인 자연수)의 광원이 배열된 규칙적 배열 구조를 가질 수 있다.

[0056] 디지털 카메라(200)는 렌즈등의 광학계, 기계적 셔터, 가시광 대역의 입사광을 전기신호로 변환하는 CCD(Charge-Coupled Device)나 COMS(complementary metal-oxide semiconductor) 이미지 센서를 포함하여, 가시

광 대역의 입사광을 전기적 신호로 변환하여 정지상을 생성하고 저장하는 통상의 디지털 카메라일 수 있다. 이때, 디지털 카메라의 이미지 센서는 수백만 이상의 화소수를 가지면 족하다.

- [0057] 판단부(300)는 디지털 카메라(200)로부터 그래핀의 가시광 이미지를 입력 받아, 가시광 이미지의 픽셀별 상대 휘도(RL; relative luminance)를 기반으로 그래핀의 결함 유무, 결함의 종류 및 결함 위치를 판단할 수 있다. 즉, 판단부(300)는 그래핀의 가시광 이미지를 구성하는 픽셀 각각에 대해, 픽셀의 상대 휘도를 기반으로 해당 픽셀이 그래핀의 결함 영역에 해당하는지 여부 및 어떠한 결함인지 결함의 종류를 판단할 수 있으며, 그래핀의 가시광 이미지 상 해당 픽셀의 어드레스(address)를 통해, 그래핀의 가시광 이미지상 결함의 위치를 판단할 수 있다. 이때, 판단부(300)는 마이크로프로세서일 수 있다.
- [0058] 도 1에 도시한 일 예와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 결함 검출 장치는 그래핀을 지지하는 투명 지지부(400)를 더 포함할 수 있다. 투명 지지부(400)는 백색광원(100)과 디지털 카메라(200) 사이의 일정 위치에 그래핀(G)이 위치하도록 그래핀(G)을 지지하는 역할을 수행할 수 있다. 이때, 투명 지지부(400)의 부재는 투명 리지드 부재 또는 투명 플렉시블 부재이어도 무방하며, 투명 플렉시블 부재인 경우 투명 지지부에 인가되는 장력에 의해 그래핀(G)이 물리적으로 지지될 수 있다. 투명 지지부의 투명 부재의 일 예로, 유리, 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트 (PEN), 폴리이미드(PI), 폴리카보네이트(PC), 폴리프로필렌(PP), 트리아세틸셀룰로오스(TAC), 폴리에테르술폰(PES) 등을 들 수 있으나, 본 발명이 투명 부재의 물질에 의해 한정될 수 없음은 물론이다.
- [0059] 판단부(300)는 백색 광원(100)과 디지털 카메라(200) 사이에 그래핀(G)이 위치하지 않은 상태로, 디지털 카메라(200)에 의해 촬상된 백그라운드 이미지를 더 입력받아, 백그라운드 이미지의 픽셀별 상대 휘도값인 백그라운드 상대 휘도와 그래핀(G)의 가시광 이미지의 픽셀별 상대 휘도값인 그래핀 상대 휘도의 차를 이용하여, 그래핀의 결함 유무, 결함의 종류 및 결함 위치를 판단할 수 있다.
- [0060] 구체적으로, 판단부(300)는 백색 광원(100)과 디지털 카메라(200) 사이에, 그래핀이 위치하지 않는 투명 지지부(400)가 구비되는 상태로, 디지털 카메라(200)에 의해 촬상된 가시광 이미지인 백그라운드 이미지를 더 입력받아, 동일 위치의 픽셀에서의 백그라운드 이미지의 상대 휘도값과 그래핀(G)의 가시광 이미지의 상대 휘도값의 차( $\Delta RL$ )를 이용하여, 그래핀의 결함 유무, 결함의 종류 및 결함 위치를 판단할 수 있다.
- [0061] 이러한 백그라운드 이미지의 상대 휘도값과 그래핀(G)의 가시광 이미지의 상대 휘도값의 차( $\Delta RL$ )를 산출하여, 그래핀의 결함 유무, 결함의 종류 및 결함 위치를 판별하는 경우, 그래핀 이외 백색광원(100)에서 디지털 카메라(200)까지 광에 영향을 미치는 인자를 모두 배제할 수 있음에 따라, 판별의 신뢰성 및 정확성을 향상시킬 수 있다.
- [0062] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치의 다른 일 구성도이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치는 백색광원(100); 디지털 카메라(200); 판단부(300);와 함께, 광확산막(500)을 더 포함할 수 있다.
- [0063] 광확산막(500)은 그래핀(G)과 백색광원(200) 사이, 구체적으로, 투명 지지부(400)와 백색광원(200) 사이에 위치할 수 있으며, 광확산막(500)은 백색광원(200)의 백색광 출사면에 접하여 위치할 수도 있다. 백색광원(200)에서 출사된 백색광이 균일한 조도로 그래핀(G)에 조사되도록 하는 역할을 수행할 수 있다. 이때, 광확산막(500)은 디스플레이 분야에서, 콘트라스트 저하를 방지하며 시야각을 넓히기 위해 사용되는 통상의 광확산 필름(광확산 시트)이면 사용 가능하다. 구체적이며 비 한정적인 일 예로, 광확산막(500)은 투명 기재 필름 상 투광성 미립자가 분산 적층된 구조를 가질 수 있다.
- [0064] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치의 또 다른 일 구성도이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치는 저장부(700)를 더 포함할 수 있다. 저장부(700)에는 그래핀에서 결함이 존재하지 않는 영역의 상대 휘도값(즉, 비결함 영역의 상대 휘도값) 및 그래핀의 결함 종류에 따른 상대 휘도값(즉, 결함 종류별 상대 휘도값)인 기준상대 휘도가 저장될 수 있다.
- [0065] 판단부(300)는 디지털 카메라(200)로부터 검사대상 그래핀(G)의 가시광 이미지를 전송 받고, 저장부(700)와 연동하여, 저장부(700)에 저장된 기준상대 휘도를 판단 기준으로, 기준 상대 휘도와 검사대상 그래핀(G)의 가시광 이미지의 픽셀 별 상대 휘도 값을 비교하여, 검사대상 그래핀(G)의 가시광 이미지를 이루는 각 픽셀의 결함 유무 및 결함 종류를 판별할 수 있다. 또한, 검사대상 그래핀(G)의 가시광 이미지를 구성하는 모든 픽셀에 대해 상대 휘도 값을 이용한 결함의 판별이 수행된 후 또는 결함의 판별이 수행되는 도중, 특정 결함이 존재하는 것으로 판별되는 해당 픽셀의 어드레스를 이용하여, 그래핀의 가시광 이미지 상 결함의 위치, 크기 및/또는 형상

을 검출할 수 있다.

- [0066] 이때, 저장부(700)에 저장되는 기준 상대 휘도는 결함의 위치 및 결함의 종류를 이미 알고 있는 기준 그래핀을 이용하고, 본 발명의 일 실시예에 따라 상술한 결함 검출 장치를 이용하여, 결함이 존재하는 위치에 해당하는 픽셀들의 상대 휘도 값 및 결함이 존재하지 않는 위치에 해당하는 픽셀들의 상대 휘도 값을 취득함으로써, 생성될 수 있다. 이때, 기준 그래핀의 결함 종류를 달리함으로써, 기준 상대 휘도의, 결함의 종류별 상대 휘도값이 취득될 수 있다.
- [0067] 상술한 바와 같이, 검사의 신뢰도, 정확성 및 재현성을 향상시키는 측면에서, 판단부(300)는 백그라운드 이미지의 상대 휘도값과 그래핀(G)의 가시광 이미지의 상대 휘도값의 차( $\Delta RL$ )를 이용하여, 그래핀의 결함 유무, 결함의 종류 및 결함 위치를 판단할 수 있다. 이러한 경우, 저장부(700)에는 백그라운드 이미지의 픽셀별 상대 휘도가 더 저장될 수 있다. 또는 이와 독립적으로, 저장부(700)에 저장되는 기준상대 휘도가, 그래핀에서 결함이 존재하지 않는 영역의 상대 휘도값과 백그라운드 이미지의 상대 휘도값의 차 및 그래핀의 결함 종류에 따른 상대 휘도값과 백그라운드 이미지의 상대 휘도값의 차로 저장될 수 있다.
- [0068] 이때, 저장부(700)에 저장되는 기준 상대 휘도는 결함의 위치 및 결함의 종류를 이미 알고 있는 기준 그래핀을 이용하고, 본 발명의 일 실시예에 따라 상술한 결함 검출 장치를 이용하여, 기준 그래핀이 위치하지 않는 상태로 백그라운드 이미지를 얻은 후, 기준 그래핀의 가시광 이미지를 얻고, 결함이 존재하는 위치에 해당하는 픽셀들의 백그라운드 이미지와 기준 그래핀의 가시광 이미지 간의 상대 휘도 값의 차 및 결함이 존재하지 않는 위치에 해당하는 픽셀들의 백그라운드 이미지와 기준 그래핀의 가시광 이미지 간의 상대 휘도 값의 차를 산출함으로써, 생성될 수 있다. 이때, 동일 픽셀의 백그라운드 이미지와 기준 그래핀의 가시광 이미지 간의 상대 휘도값의 차가 산출된 것은 물론이다. 또한, 결함이 존재하지 않는 위치에 해당하는 픽셀들의 상대 휘도값의 차의 평균값 또는 평균값을 포함하는 일정 범위, 결함이 존재하는 위치에 해당하는 픽셀들의 상대 휘도값의 차의 평균값 또는 평균값을 포함하는 일정 범위가 기준 상대 휘도로 저장될 수 있음은 물론이다.
- [0069] 구체적인 일 예로, 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 장치에 있어, 판단부(300)는 하기 관계식 1을 만족하는 경우 비결함으로, 하기 관계식 2를 만족하는 경우 관통형 크랙 결함으로, 하기 관계식 3을 만족하는 경우 다층 결함으로, 하기 관계식 4를 만족하는 경우 비관통형 크랙 결함으로 판별할 수 있다.
- [0070] (관계식 1)
- [0071]  $0.012 \leq \Delta RL(i) \leq 0.022$
- [0072] (관계식 2)
- [0073]  $0 < \Delta RL(i) < 0.012$
- [0074] (관계식 3)
- [0075]  $0.04 \leq \Delta RL(i) \leq 0.06$
- [0076] (관계식 4)
- [0077]  $0.022 < \Delta RL(i) \leq 0.035$
- [0078] 관계식 1 내지 4에서  $\Delta RL(i) = RL_{gra}(i) - RL_{bg}(i)$ 이고,  $RL_{gra}$ 는 그래핀(G)의 가시광 대역 이미지의 픽셀별 상대 휘도값이며,  $RL_{bg}$ 는 백색 광원(100)과 디지털 카메라(200) 사이에 그래핀(G)이 위치하지 않은 상태로 디지털 카메라(200)에 의해 촬상된 백그라운드 이미지의 픽셀별 상대 휘도값이고,  $i$ 는 디지털 카메라(200)에 의해 촬상된 이미지 중 일 픽셀을 의미한다. 달리 상술하면,  $RL_{gra}(i)$ 는 그래핀(G)의 가시광 이미지를 이루는 일 픽셀에서의 상대 휘도값이며,  $RL_{bg}(i)$ 는 백그라운드 이미지에서 동일 픽셀( $i$ )에서의 상대 휘도값이며,  $\Delta RL(i)$ 는 동일위치의 일 픽셀( $i$ )에서의 그래핀(G)의 가시광 이미지의 상대 휘도값과 백그라운드 이미지의 상대 휘도값의 차이다.
- [0079] 즉, 판단부(300)는 그래핀(G)의 가시광 이미지를 이루는 일 픽셀( $i$ )과 백그라운드 이미지를 이루는 동일위치의 일 픽셀( $i$ )간의 상대 휘도값 차가 관계식 1을 만족하는 경우 해당 일 픽셀( $i$ )를 비결함으로, 관계식 2를 만족하는 경우 해당 일 픽셀( $i$ )를 관통형 크랙 결함으로, 관계식 3을 만족하는 경우 해당 일 픽셀( $i$ )을 다층 결함으로, 관계식 4를 만족하는 경우 해당 일 픽셀( $i$ )을 비관통형 크랙 결함으로 판별할 수 있다. 이때, 관계식 1 내지 4를 이용한 픽셀별 결함의 유무 및 결함의 종류와 위치의 판별은 그래핀(G)의 가시광 이미지를 이루는 모든 픽셀 각각에 대해 수행될 수 있음은 물론이다. 상대 휘도(RL; Relative Luminance)는 판단부(300)에서 디

지털 카메라로부터 입력 받은 이미지를 기반으로, 익히 알려진 수식 ([http://en.wikipedia.org/wiki/CIE\\_1931\\_color\\_space](http://en.wikipedia.org/wiki/CIE_1931_color_space), 2014.06.25자)을 이용하여 산출할 수 있다.

- [0080] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결합 검출 장치의 또 다른 일 구성도이다. 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결합 검출 장치는 제어부(600)를 더 포함할 수 있다. 제어부(600)는 디지털 카메라(200)를 제어할 수 있다. 구체적으로, 제어부(600)에서 전송되는 신호에 의해, 디지털 카메라(200)의 촬영이 수행될 수 있으며, 제어부(600)에 의해 촬영시의 조리개의 열린 정도, 셔터 스피드와 배율과 같은 촬영 조건이 조절 또는 고정될 수 있다. 또한, 제어부(600)는 백색 광원(100)을 제어할 수 있다. 구체적으로, 제어부(600)에 의해 전송되는 신호에 의해, 백색 광원(100)에 전력의 인가 여부가 제어될 수 있으며, 백색광에서 생성되는 백색광의 광도가 제어될 수 있다. 제어부(600)는 그래핀의 결합과 광간의 상호 작용에 의한 상대 휘도의 변화를 검출하기에 적절한 광도로 광이 출사되도록 백색광원(100)을 제어할 수 있다. 상술한 제어부(600)에 의해, 그래핀의 결합 검출이 전자동으로 이루어질 수 있다.
- [0081] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결합 검출 장치의 또 다른 일 구성도이다. 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결합 검출 장치는 투명 지지부(400)를 이동시키는 이동 부재(410)를 포함할 수 있다. 상세하게, 투명 지지부(400)에는 하나 이상의 그래핀이 이격 위치할 수 있다. 이때, 이동 부재(410)에 의해 백색광원(100)과 디지털 카메라(200) 사이의 기 설정된 위치에 일 그래핀이 위치하도록 투명 지지부(400)가 이동될 수 있다. 또한, 이동 부재(410)에 의해 일 그래핀의 가시광 이미지가 촬영된 후, 투명 지지부(400)에 위치한 다른 그래핀이 백색광원(100)과 디지털 카메라(200) 사이의 기 설정된 위치에 오도록 투명 지지부(400)가 이동될 수 있다. 이를 통해 연속적인 그래핀의 결합 검출이 수행될 수 있으며, 그래핀 또는 그래핀을 이용한 소자나 부품의 제조시, 그 제조 공정 중에 그래핀의 품질 관리가 극히 용이하게 수행될 수 있다.
- [0082] 도 5에 도시한 일 예와 같이, 제어부(600)는 투명 지지부(400)의 이동 수단(410)을 제어할 수 있다. 전자동 검출 및 연속적인 검출 측면에서, 디지털 카메라(200)는 동영상과 정지상을 모두 촬영할 수 있다. 제어부(600)는 디지털 카메라(200)로부터 실시간 영상을 입력 받아, 실시간 영상을 바탕으로 백색광원(100)과 디지털 카메라(200) 사이의 기 설정된 영역에 검사대상 그래핀(G)이 위치하는 경우, 이동 수단(410)에 의한 투명 지지부의 이동을 중지하고, 디지털 카메라(200)의 촬영 모드를 정지상으로 변경하며, 그래핀(G)의 가시광 이미지를 촬영하도록 디지털 카메라(200)를 제어할 수 있다. 또한, 그래핀(G)의 가시광 이미지를 촬영한 후, 투명 지지부(400)에 위치한 다른 그래핀이 백색광원(100)과 디지털 카메라(200) 사이의 기 설정된 영역에 위치하도록 다시 이동 수단(410)을 제어할 수 있다.
- [0083] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결합 검출 장치의 또 다른 일 구성도이다. 도 6에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결합 검출 장치는 디스플레이부(800)를 더 포함할 수 있다. 디스플레이부(800)는 판단부(300)에 의해 그래핀의 가시광 이미지 픽셀 별로 판별 및 검출된 결합 유무 및 결합 종류를 기반으로, 그래핀의 결합 이미지를 출력할 수 있다.
- [0084] 상세하게, 제어부(600)는 판별부(300)에 의해 그래핀의 가시광 이미지를 구성하는 픽셀 별로 판별된 결합 유무와 결합의 종류 및 픽셀의 어드레스를 입력받아, 이미지로 재 구성되도록 디스플레이부(800)에 해당 정보를 전송할 수 있다. 이때, 제어부(600)는 결합의 유무나 결합의 종류별로 색상이나 명도등이 달라지도록 판별부(300)에서 판별된 정보를 가공하여 디스플레이부(800)에 가공된 정보를 전송할 수 있다. 이때, 제어부(600)는 그래핀의 가시광 이미지 또한 입력 받아 그래핀의 결합 이미지와 함께 출력되도록 할 수 있음은 물론이다. 디스플레이부(800)를 통해, 검사대상 그래핀(G)에 존재하는 결합 종류, 결합 위치, 결합의 크기등을 직접적이고 정확하게 검출 및 인식할 수 있다. 또한, 제어부(600)는 검사대상 그래핀(G)의 총 면적을 기준하여, 결합 종류별, 결합이 차지하는 면적 비율(결합이 존재하는 영역의 면적/검사대상 그래핀의 총면적\*100)등, 추가적인 정보를 산출하여, 디스플레이부(800)에 출력할 수 있음은 물론이다.
- [0085] 본 발명은 상술한 그래핀 결합 검출 장치를 이용한 그래핀의 결합 검출 방법을 포함한다.
- [0086] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결합 검출 방법은 a) 그래핀에 백색광을 조사하여, 그래핀의 가시광 이미지를 취득하는 단계; b) 그래핀의 가시광 이미지의 픽셀별 상대 휘도를 기반으로, 그래핀의 결합 유무, 결합의 종류 및 결합 위치를 검출하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0087] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결합 검출 방법은, 그래핀에 백색광을 조사하여 그래핀의 가시광 이미지를 촬영하는 극히 간단하고 용이한 방법으로 그래핀의 결합을 검출할 수 있는 장점이 있으며, 발열과 같은 간접적인 방법이 아닌, 그래핀에 존재하는 결합과 광과의 상호작용이라는 직접적인 방법으로 결합을 검출함에 따라,

관통형 크랙 결함, 다층 결함 및 비관통형 크랙 결함과 같은 결함 또한 선별 검출할 수 있다. 또한, 이미지를 기반하여, 이미지의 픽셀 별로 결함 유무 및 결함의 종류가 판별됨에 따라, 결함의 위치 및 결함의 크기 또한 결함 종류별로 정확하게 검출 가능한 장점이 있다.

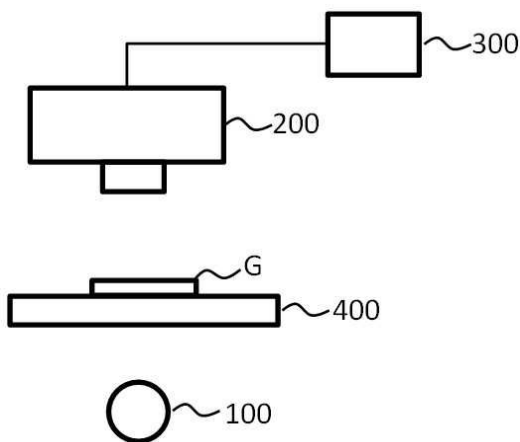
- [0088] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 방법에 있어, 이미지는 그래핀을 투과한 백색광에 의한 이미지일 수 있다. 즉, a) 단계는 그래핀에 백색광을 조사하여, 그래핀을 투과한 백색광에 의한 그래핀의 가시광 이미지를 취득하는 단계일 수 있다. 투과광으로 그래핀의 가시광 이미지를 취득하는 경우, 결함 검출의 정확성 및 신뢰도를 향상시킬 수 있다.
- [0089] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 방법에 있어, a) 단계 전, 그래핀을 지지하는 투명 지지부의 가시광 이미지인 백그라운드 이미지를 취득하여, 백그라운드 이미지의 픽셀별 상대 휘도 값을 산출하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이러한 백그라운드 이미지에 의해, 그래핀 이외 광의 상대 휘도에 영향을 미치는 인자를 모두 배제할 수 있음에 따라, 판별의 신뢰성 및 정확성을 향상시킬 수 있다.
- [0090] 이를 위해, 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 방법에 있어, b) 단계는 백그라운드 이미지의 픽셀별 상대 휘도값인 백그라운드 상대 휘도와 그래핀의 가시광 이미지의 픽셀별 상대 휘도값인 그래핀 상대 휘도의 차를 이용하여, 그래핀의 결함 유무, 결함의 종류 및 결함 위치가 검출될 수 있다. 이때, 동일위치의 픽셀에 해당하는 백그라운드 이미지의 상대 휘도값과 그래핀의 가시광 이미지의 상대 휘도값의 차( $\Delta RL$ )를 산술하고, 그래핀의 가시광 이미지를 이루는 모든 픽셀 각각에 대해, 상대 휘도값의 차( $\Delta RL$ )를 산출한 후, 이러한 픽셀별 상대 휘도값의 차( $\Delta RL$ )를 이용하여, 픽셀별로 그래핀의 결함 유무 및 결함의 종류가 검출될 수 있으며, 각 픽셀의 어드레스를 통해 결함의 위치가 결정될 수 있다.
- [0091] 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 방법은 투명 지지부에 백색광을 조사하여 투명 지지부의 가시광 이미지인 백그라운드 이미지를 취득하는 단계; 백그라운드 이미지의 픽셀별 상대 휘도 값을 산출하는 단계; 투명 지지부 상 그래핀을 위치하고, 그래핀에 백색광을 조사하여, 그래핀의 가시광 이미지를 취득하는 단계; 백그라운드 이미지의 픽셀별 상대 휘도와 그래핀의 가시광 이미지의 픽셀별 상대 휘도의 차를 기반으로, 그래핀의 결함 유무, 결함의 종류 및 결함 위치를 검출하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0092] 종계는 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 방법은 투명 지지부에 백색광을 조사하여 투명 지지부를 투과한 백색광에 의한 가시광 이미지인 백그라운드 이미지를 취득하는 단계; 백그라운드 이미지의 픽셀별 상대 휘도 값을 산출하는 단계; 투명 지지부 상 그래핀을 위치시키고 그래핀에 백색광을 조사하여, 투명 지지부 및 그래핀을 투과한 백색광에 의한 그래핀의 가시광 이미지를 취득하는 단계; 그래핀의 가시광 이미지를 구성하는 모든 픽셀 각각에 대해, 픽셀 별 그래핀의 가시광 이미지의 상대 휘도와 동일 픽셀의 백그라운드 이미지의 상대 휘도의 차를 기반으로, 그래핀의 결함 유무, 결함의 종류 및 결함 위치를 검출하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0093] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 방법에 있어, b) 단계는 하기 관계식 1을 만족하는 경우 비결함으로, 하기 관계식 2를 만족하는 경우 관통형 크랙 결함으로, 하기 관계식 3을 만족하는 경우 다층 결함으로, 하기 관계식 4를 만족하는 경우 비관통형 크랙 결함으로 검출할 수 있다.
- [0094] (관계식 1)
- [0095]  $0.012 \leq \Delta RL(i) \leq 0.022$
- [0096] (관계식 2)
- [0097]  $0 < \Delta RL(i) < 0.012$
- [0098] (관계식 3)
- [0099]  $0.04 \leq \Delta RL(i) \leq 0.06$
- [0100] (관계식 4)
- [0101]  $0.022 < \Delta RL(i) \leq 0.035$
- [0102] 관계식 1 내지 4에서  $\Delta RL(i) = RL_{gra}(i) - RL_{bg}(i)$ 이고,  $RL_{gra}$ 는 그래핀의 가시광 이미지의 픽셀별 상대 휘도값이며,  $RL_{bg}$ 는 그래핀을 지지하는 투명 지지부의 가시광 이미지인 백그라운드 이미지의 픽셀별 상대 휘도값이고,  $i$ 는 그래핀의 가시광 이미지 및 백그라운드 이미지에서 동일 위치의 일 픽셀을 의미한다. 상세하게,  $RL_{gra}(i)$ 는 그래핀

(G)의 가시광 이미지를 이루는 일 픽셀에서의 상대 휘도값이며,  $RL_{bg}(i)$ 는 백그라운드 이미지에서 동일 픽셀(i)에서의 상대 휘도값이며,  $\Delta RL(i)$ 는 동일위치의 일 픽셀(i)에서의 그래핀(G)의 가시광 이미지의 상대 휘도값과 백그라운드 이미지의 상대 휘도값의 차이다.

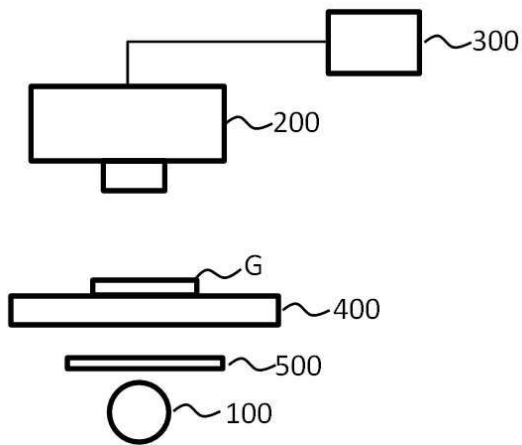
- [0103] 즉, b) 단계에서, 그래핀(G)의 가시광 이미지를 이루는 일 픽셀(i)과 백그라운드 이미지를 이루는 동일위치의 일 픽셀(i)간의 상대 휘도값 차가 관계식 1을 만족하는 경우 해당 일 픽셀(i)를 비결함으로, 관계식 2를 만족하는 경우 해당 일 픽셀(i)를 관통형 크랙 결함으로, 관계식 3을 만족하는 경우 해당 일 픽셀(i)을 다층 결함으로, 관계식 4를 만족하는 경우 해당 일 픽셀(i)을 비관통형 크랙 결함으로 판별 및 검출할 수 있다. 이때, 관계식 1 내지 4를 이용한 픽셀별 결함의 유무 및 결함의 종류와 위치의 판별은 그래핀(G)의 가시광 이미지를 이루는 모든 픽셀 각각에 대해 수행될 수 있음은 물론이다.
- [0104] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 방법은 상술한 a) 및 b) 단계가 반복적으로 수행되며, 둘 이상의 그래핀에 대해 연속적으로 결함을 검출할 수 있다.
- [0105] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 방법은 b) 단계가 수행된 후, b) 단계에서 검출된 픽셀별 결함 유무 및 결함의 종류를 기반으로, 그래핀의 결함 이미지를 출력하는 단계;를 더 포함할 수 있다.
- [0106] 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 결함 검출 방법은, a) 단계 전, 특정 결함을 함유하는 기준 그래핀의 가시광 이미지인 기준 이미지를 획득하여, 결함의 종류별로, 기준 이미지 상, 결함이 위치하는 그래핀 영역에 해당하는 픽셀의 상대 휘도 값과 백그라운드 이미지의 동일 픽셀에서의 상대 휘도 값의 차이를 산출하여, 결함의 유무 및 결함의 종류를 판별하는 기준이 되는 기준 상대 휘도를 선정하는 단계;를 더 포함할 수 있다.
- [0107] 즉, 기준 그래핀은 결함의 위치 및 결함의 종류를 이미 알고 있는 그래핀일 수 있으며, 이러한 기준 그래핀의 가시광 이미지를 획득하고, 결함이 존재하는 위치에 해당하는 픽셀들의 상대 휘도 값 및 결함이 존재하지 않는 위치에 해당하는 픽셀들의 상대 휘도 값을 획득하고 백그라운드 이미지와의 상대 휘도 값 차를 산출하여, 결함의 유무 및 결함의 종류를 규정하는 기준 상대 휘도를 선정할 수 있다. 이때, 기준 그래핀의 결함 종류를 달리 함으로써, 기준 상대 휘도의, 결함의 종류별 상대 휘도값이 선정될 수 있다.
- [0108] 이상과 같이 본 발명에서는 특정된 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.
- [0109] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 상기 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

**도면**

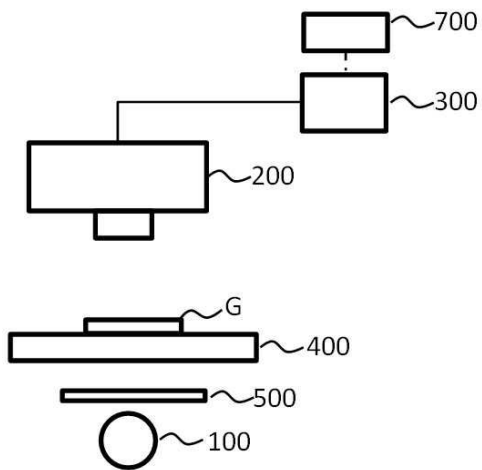
**도면1**



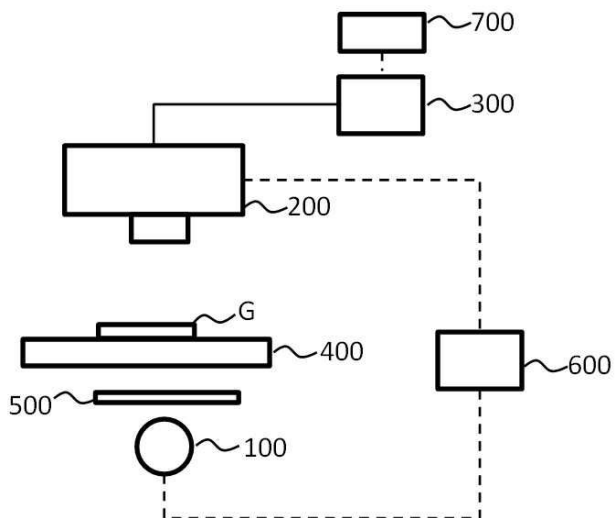
도면2



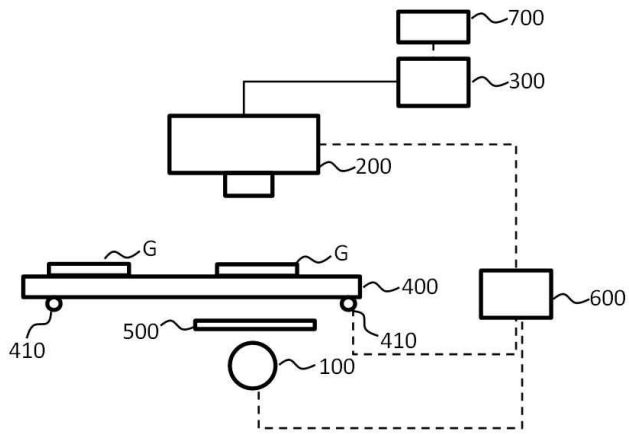
도면3



도면4



도면5



도면6

