

(72) 발명자

김건희

세종특별자치시 나리1로 15, 303동 702호 (한솔동
첫마을아파트)

양순철

대전 유성구 배울2로 61, 1002동 304호 (관평동,
대덕테크노밸리10단지아파트)

특허청구의 범위

청구항 1

적외선 센서; 상기 적외선 센서가 탑재되고, 상부에 가시광 부터 적외선 파장대역까지 투과할 수 있는 투명 윈도우를 포함하는 진공챔버를 구비하는 시료 탑재부;

상기 가시광을 적외선 센서에 조사시키기 위한 광원;

상기 적외선 센서의 활성층에 주기적으로 발열을 야기 시키기 위한 구동신호를 발생시키는 전원공급부;

상기 적외선 센서의 표면으로부터 반사된 빛을 검출하는 검출부; 및

상기 검출부와 전원공급부의 구동신호를 동기화를 위한 신호발생기를 포함하되,

제어부 및 영상처리부를 더 포함하고,

상기 제어부 및 영상처리부는 적외선 센서 표면의 반사율 변화로부터 위상잠금 열반사법으로 측정하고 이를 열분포로 변환하는 적외선 센서의 발열분포 측정장치.는 적외선 센서의 발열분포 측정장치.

청구항 2

적외선 센서; 상기 적외선 센서가 탑재되고, 상부에 가시광 부터 적외선 파장대역까지 투과할 수 있는 투명 윈도우를 포함하는 진공챔버를 구비하는 시료 탑재부;

상기 가시광을 적외선 센서에 조사시키기 위한 광원;

상기 적외선 센서의 활성층에 주기적으로 발열을 야기 시키기 위하여 적외선 조명을 발생시키는 조명제어부;

상기 적외선 센서의 표면으로부터 반사된 빛을 검출하는 검출부; 및

상기 검출부와 전원공급부의 구동신호를 동기화를 위한 신호발생기를 포함하되,

제어부 및 영상처리부를 더 포함하고,

상기 제어부 및 영상처리부는 적외선 센서 표면의 반사율 변화로부터 위상잠금 열반사법으로 측정하고 이를 열분포로 변환하는 적외선 센서의 발열분포 측정장치.는 적외선 센서의 발열분포 측정장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1 항 또는 제2 항에 있어서,

상기 투명 윈도우는 ZnS 계열, KBr 계열, NaCl 계열의 물질로 투명 윈도우로 형성된 것을 특징으로 하는 적외선 센서의 발열분포 측정장치

청구항 5

제1 항 또는 제2 항에 있어서,

광분배기를 더 포함하고,

상기 광원부로부터 출사되는 빔을 시료부에 전달하고 시료부로부터 전달되어 온 빔을 검출부로 전달하는 기능을 수행하는 것을 특징으로 하는 적외선 센서의 발열분포 측정장치.

청구항 6

제1 항 또는 제2 항에 있어서,

상기 적외선 센서는 마이크로-볼로미터 이미지 센서(Micro-bolometer image sensor)인 것을 특징으로 하는 적외선 센서의 발열분포 측정장치.

청구항 7

제1 항 또는 제2 항에 있어서,

상기 투명 윈도우는 ZnS 계열로 형성된 것을 특징으로 하는 적외선 센서의 발열분포 측정장치.

청구항 8

제1 항 또는 제2 항에 있어서,

상기 검출부는 시료를 온도-모듈레이션 시키는 주기의 복수배로 트리거되는 것을 특징으로 하는 적외선 센서의 발열분포 측정장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 발열분포 측정장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 적외선 조명 또는 전기적 신호를 적외선 이미지 센서에 인가하여 적외선 이미지 센서 단위화소의 열분포를 고분해능·비접촉식으로 측정하기 위한 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 반도체 소자, 광전자 소자 등과 같은 미소 소자들에 대한 열분포 특성을 측정하는 것은 소자들의 성능 평가 및 성능향상을 위해 매우 중요하다. 기존의 비접촉식 열분포 측정 장치로는 시료로부터 방출되는 적외선 복사를 적외선 카메라를 이용하여 직접측정하는 적외선 써모그래피 방법이 이용되고 있다.

[0003] 반도체 소자 중 적외선 이미지센서는 절대온도 0도 이상의 물체로부터 방사되는 적외선을 감지하는 센서로써 물체의 적외선 에너지 차이를 전기적 신호로 바꾸어 주는 장치를 말한다.

[0004] 적외선 이미지센서는 동작원리에 따라 열형 센서와 광자형 센서로 구분할 수 있는데, 열형 센서는 센서에 흡수된 적외선 에너지에 의해 온도의 상승과 함께 변화되는 물리적 성질(전기전도도, 열팽창 등)의 변화를 측정하는 원리로 동작하고 광자형 센서는 반도체 재료에 입사된 적외선이 재료 내부에 있는 전자를 높은 에너지 준위로 여기 시킴으로써 얻어지는 전기적 신호를 감지한다.

[0005] 광자형 적외선 감지 소자들은 적외선에 반응하여 전기적 신호로 기여하는 전자가 내인성(intrinsic), 외인성(extrinsic), 그리고 자유전자형 (free electron)인가에 따라 분류되고, 열형 적외선 감지 소자들은 볼로미터(bolometer), 초전(pyroelectric) 효과를 이용한 재료들로 분류된다.

[0006] 볼로미터 효과는 입사한 적외선에 의해 재료의 온도가 상승하여 저항이 급격히 변하는 효과를 이용한 것이다. 초전효과는 유전체의 양면에 금속판을 만든 후 적외선을 입사하면 내부 분극이 바뀌어 금속판의 전하량이 바뀌는 현상을 이용한 것이다.

[0007] 열형 감지소자는 일반적으로 별도의 냉각장치 없이 상온에서 동작이 가능(비냉각형)한 반면 응답감도가 낮고, 응답속도가 느린 단점이 있다. 광자형 감지소자의 경우, 일반적으로 응답속도가 빠르고 감지능력이 뛰어나지만 감도의 과장의존성이 있으며 신호가 작기 때문에 열에 의해 생성되는 암전류를 줄이기 위해 고가의 냉각장치가

필요한 단점이 있다. 열형 적외선 이미지센서는 광자형에 비해 비교적 저가로 열영상 획득이 가능하므로, 각종 산업 시설, 장비의 공정 관리, 산불감시, 범죄감시 등 보안/감시분야 뿐만 아니라, 발전소, 변전소, 전자, 제철, 건물 등의 에너지 관리, 건강진단(체열진단, 암진단, 발열을 동반하는 전염성 질병 진단) 등에 활용이 확대되고 있다.

[0008] 적외선 이미지센서 중 마이크로-볼로미터 이미지센서(Micro-bolometer image sensor)는 절대온도 0도 이상의 물체로부터 방출되는 적외선(주로 8~12um 또는 8~14um 파장대역)을 센서의 적외선 흡수층에서 흡수하여 센서 활성층의 온도변화를 야기시키고 온도변화에 따른 저항변화를 검출하여 물체로부터 방출되는 적외선 검출 및 적외선 이미지 형성에 사용되는 센서이다.

[0009] 이때 흡수된 적외선에 의한 발열이 주변으로 퍼지지 않도록, 즉 적외선의 흡수량 대비 센서 활성층의 온도변화를 최대화하기 위해서는 센서 활성층의 열적고립 특성이 센서의 감도 및 응답특성 향상에 매우 중요하다.

[0010] 그러나, 적외선 이미지센서의 열적고립을 위한 구조 및 진공패키징의 중요성에도 불구하고 구조 및 진공도에 따른 열적고립 특성을 측정할 수 있는 방법이 존재하지 않아서 문제였다. 열적고립특성 시뮬레이션만으로 적외선 센서의 열고립 특성에 대한 연구가 진행되어 왔다.

[0011] 따라서, 이러한 적외선 이미지 센서의 열적 고립 특성을 실제 측정할 수 있는 기술이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 적외선 센서의 성능향상을 위해 가장 중요한 기술 중 하나인 열 고립특성 개선을 위해 적외선 센서의 발열분포를 고분해능·비접촉식으로 측정하기 위한 장치를 제공하는 것이다.

[0013] 상세하게는, 본 발명은 전기적 신호를 적외선 이미지센서에 인가하여 적외선 이미지센서 활성층의 발열분포를 야기시키고, 동시에 가시광 조명을 광학현미경 및 투명 윈도우를 통해 적외선 센서에 조사하여 반사된 빛의 분포를 예컨대 CCD 카메라로 검출함으로써 적외선 센서 활성층의 발열분포에 따른 반사율 분포를 위상잠금 열반사법으로 측정하여 적외선 센서 활성층의 발열분포를 측정할 수 있도록 한 적외선 센서 열분포 측정장치에 관한 것이다.

[0014] 또한, 다른 양태에 의하면, 본 발명은 적외선 조명을 적외선 센서에 조사하여 적외선센서 활성층의 발열분포를 야기시키고, 동시에 가시광 조명을 광학현미경 및 진공 윈도우를 통해 적외선 센서에 조사하여 반사된 빛의 분포를 CCD 카메라로 검출함으로써 적외선 센서 활성층의 열분포에 따른 반사율 분포를 위상잠금 열반사법으로 측정하여 적외선 센서 활성층의 열분포를 측정할 수 있도록 한 적외선 센서 열분포 측정장치에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

[0015] 전술한 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 제1 측면은 적외선 센서; 상기 적외선 센서가 탑재되고, 상부에 가시광 부터 적외선 파장대역까지 투명 윈도우를 포함하는 진공챔버를 구비하는 시료 탑재부; 상기 가시광을 적외선 센서에 조사시키기 위한 광원; 상기 적외선 센서를 주기적으로 발열을 야기 시키기 위한 구동신호를 발생시키는 전원공급부; 상기 적외선 센서의 표면으로부터 반사된 빛을 검출하는 검출부; 및 상기 검출부와 전원공급부의 구동신호를 동기화를 위한 신호발생기를 포함하는 적외선 센서의 발열분포 측정장치를 제공하는 것이다.

[0016] 본 발명의 제2 측면은 적외선 센서; 상기 적외선 센서가 탑재되고, 상부에 가시광 부터 적외선 파장대역까지 투명 윈도우를 포함하는 진공챔버를 구비하는 시료 탑재부; 상기 가시광을 적외선 센서에 조사시키기 위한 광원; 상기 적외선 센서를 주기적으로 발열을 야기 시키기 위하여 적외선 조명을 발생시키는 조명제어부; 상기 적외선

센서의 표면으로부터 반사된 빛을 검출하는 검출부; 및 상기 검출부와 전원공급부의 구동신호를 동기화를 위한 신호발생기를 포함하는 적외선 센서의 발열분포 측정장치를 제공하는 것이다.

[0017] 바람직하게는, 영상처리부를 더 포함하되, 상기 영상처리부는 위상잠금 열반사법으로 측정된, 즉 주기적인 발열 상태에서 측정된 적외선 센서 표면의 반사영상들을 이용하여 열분포 영상으로 변환하는 기능을 제공하는 것이다.

[0018] 또한, 상기 투명 윈도우는 ZnS 계열, KBr 계열, NaCl 계열의 물질로 투명 윈도우를 형성하는 것이 바람직하다. 이러한 물질들은 가시광선과 적외선을 고루 투과시킬 수 있는 특징으로 가지고 있어 본 발명에 적용되면 효과적이다.

[0019] 바람직하게는, 광분배기를 더 포함하고, 상기 광원부로부터 출사되는 빔을 시료부에 전달하고 시료부로부터 전달되어 온 빔을 검출부로 전달하는 기능을 수행한다.

[0020] 바람직하게는, 본 발명의 적외선 센서는 마이크로-볼로미터 이미지센서(Micro-bolometer image sensor)를 사용한다. 이 소자의 경우, 적외선의 흡수량 대비 센서 활성층의 온도변화를 최대화하기 위해서는 센서 활성층의 열적고립 구조가 센서의 감도 및 응답특성 향상에 매우 중요한데 센서 활성층의 열전도에 의한 열확산을 차단하기 위해 캔틸레버 구조를 사용하고, 대류에 의한 열확산을 방지하기 위해 진공패키징을 사용하는 구조이므로 본 발명의 시료부가 적용되는 것이 매우 효과적일 수 있기 때문이다.

발명의 효과

[0021] 이상에서 설명한 바와 같은 발명에 의하면, 진공상태에서 동작하는 적외선 센서의 열분포를 높은 공간분해능 (~500nm) 및 온도분해능 (~100mK)으로 측정함으로써, 적외선 센서의 열적고립특성을 직접적으로 측정하여 적외선 센서의 감도 및 응답 성능향상에 기여할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 적외선 센서의 발열분포 측정장치의 구성을 도시한 개략도이다.
 도 2a 및 도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른 적외선 이미지 센서 발열분포 측정장치에서 시료부의 실제 제작 사진의 정면도 및 측면도이다.

도 2c는 ZnS 계열의 투명 윈도우를 채용한 경우 파장에 따른 투과율을 나타낸 그래프이다.

도 3의 (a) 내지 (f)는 적외선 이미지 센서의 단위화소에 대한 가시광 현미경 이미지와 본 발명의 일 실시예에 따른 발열분포 측정 시스템을 이용하여 측정한 발열분포 이미지 그리고 시뮬레이션 결과들을 보여준다.

도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 적외선 이미지 센서 발열분포 측정장치의 구성을 도시한 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하, 첨부 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다. 그러나, 다음에 예시하는 본 발명의 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 다음에 상술하는 실시예에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 실시예는 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위하여 제공되어지는 것이다.

[0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 적외선 이미지 센서 발열분포 측정장치의 구성을 도시한 개략도이다.

[0025] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 적외선 이미지 센서 발열분포 측정장치는 광원부(100), 시료부(200), 검출부(300), 제어부 및 영상처리부(400), 전원공급부(500), 신호발생기(600), 락-인 코릴레이터(Lock-in correlator) (미도시), 광분배기(237)와 각종 렌즈들(233,235,239)을 포함하여 구성된다.

[0026] 광원(100)은 가시광 파장 영역에서 다수의 파장을 가지는 광선들이 혼합된 빛을 제공하는 광원이다. 그 종류로는 다중광선을 가지는 백색광, LED, 고체 광원 등 일반적으로 넓은 파장 선포를 얻을 수 있는 광원과 함께 일정

과장만을 선택하는 과장필터(미도시)를 포함하거나 선풍이 약 10nm-50nm 이내의 특정 선풍을 가지는 LED등을 이용할 수 있다. 광원(100)의 출사 영역에는 광원을 평행빔으로 출사하기 위한 시준렌즈(239)를 포함할 수 있다.

[0027] 시료부(200)는 시료(210, Sample)를 탑재할 수 있는 기관 등의 지지체가 진공챔버 내에 배치되고 적외선 광과 가시광선이 모두 투과할 수 있도록 투명 윈도우(220)가 형성되어 있는 구조이다. 본 발명자들은 이러한 투명한 윈도우로 가능한 물질들에 대해 연구한 결과, ZnS 계열, KBr 계열, NaCl 계열의 물질로 투명 윈도우를 형성하는 것이 바람직함을 발견하였다.

[0028] 한편, 시료부의 진공챔버(210)는 진공을 확보하기 위한 각종 펌프 등이 연결되는 것이 가능하다. 도 2a 및 도 2b는 본 발명의 일 실시예에 따른 적외선 이미지 센서 발열분포 측정장치에서 시료부의 실제 제작 사진의 평면도 및 측면도이고, 도 2c는 ZnS 계열의 투명 윈도우를 채용한 경우 과장에 따른 투과율을 나타낸 것이다.

[0029] 검출부(300)는 charged coupled device(CCD), 포토디텍터, APD(avalanche photo diode), PMT(photo multiplier tube)를 포함하는 광신호 검출기가 다수개 배열되어 구성될 수 있다.

[0030] 한편, 광분배기(237)는 광원부(100)로부터 출사되는 빔을 시료부(200)에 전달하고 시료부(200)로부터 전달되어 온 빔을 검출부(300)로 전달하는 기능을 수행하는 것이다. 광분배기(237)는 발열온도분포 측정에 직접적으로 필요하지는 않으므로 선택적으로 제거할 수 있는 구성이다.

[0031] 시스템 제어부 및 영상처리부(400)는 전원 공급부(500), 검출부(300)와 전원공급부(500) 제어와의 동기화를 위한 신호 발생기(600) 그리고 측정된 신호처리부(미도시)를 포함하는 하드웨어와 소프트웨어로 구성된다. 본 시스템 제어부 및 영상처리부(400)의 연결선은 개략적으로 도시한 것으로 실제 구현에 있어서는 검출부, 진공챔버, 광원 등과의 연결을 통해서 이들을 제어하는 기능을 포함하도록 구현할 수 있다.

[0032] 본 실시예에 의하면, 전기적 신호를 적외선 이미지센서에 인가하여 적외선 이미지센서 활성층의 발열분포를 야기시키고, 동시에 가시광 조명을 광학현미경 및 투명 윈도우를 통해 적외선 센서에 조사하여 반사된 빛의 분포를 예컨대 CCD 카메라로 검출함으로써 적외선 센서 활성층의 발열분포에 따른 반사율 분포를 위상잠금 열반사법으로 측정하여 적외선 센서 활성층의 발열분포를 측정하게 된다.

[0033] 좀 더 구체적으로 설명하면, 시료는 특정 주파수(f)에 의해 온도-모듈레이션 되는데 전원 공급부(500)에 의해 주기적으로 가열과 냉각이 반복되도록 주기적인 구동신호를 인가하도록 구성된다. 예를 들어 샘플에는 전원공급부(500)에 의해 주기적으로 변하는 전류 또는 전압을 인가하는 것도 가능하다. 이와 같은 주기적인 가열과 냉각의 구동신호에 의해 샘플의 주기적인 온도 변화가 발생되게 된다. 이 경우, 검출부(300)인 CCD에서는 샘플로부터 반사된 광을 검출할 수 있다. 검출부(300)인 CCD는 샘플을 온도-모듈레이션 시키는 주기의 복수배로(예컨대 2배 이상) 트리거되는데(trigger) 이를 통해 샘플의 온도 모듈레이션의 주기 내에서 복수회(예컨대 2배 이상)의 이미지를 확보할 수 있게 된다. CCD를 통해 확보된 데이터는 제어부 및 영상처리부(400)로 송부되어 데이터 처리된다.

[0034] 신호발생기(600)는 시료를 특정주파수에 의해 온도-모듈레이션 시키는 것과 함께 검출부(300)의 CCD는 샘플을 온도-모듈레이션 시키는 주기의 복수배로(예컨대 2배 이상) 트리거(trigger)하기 위해 동기화 시키는 작업을 수행하는 기능을 한다.

[0035] 본 발명의 상술한 방식에 의하면, 아래 식 1에 의해 온도의 변화량은 반사율의 변화율에 비례하는 관계식을 가지게 되고 이 경우 k는 열반사 계수로 10^{-2} 내지 10^{-5} 정도의 값을 가진다. 즉, 반사율 변화를 통해서 발열 온도 분포를 측정할 수 있게 된다.

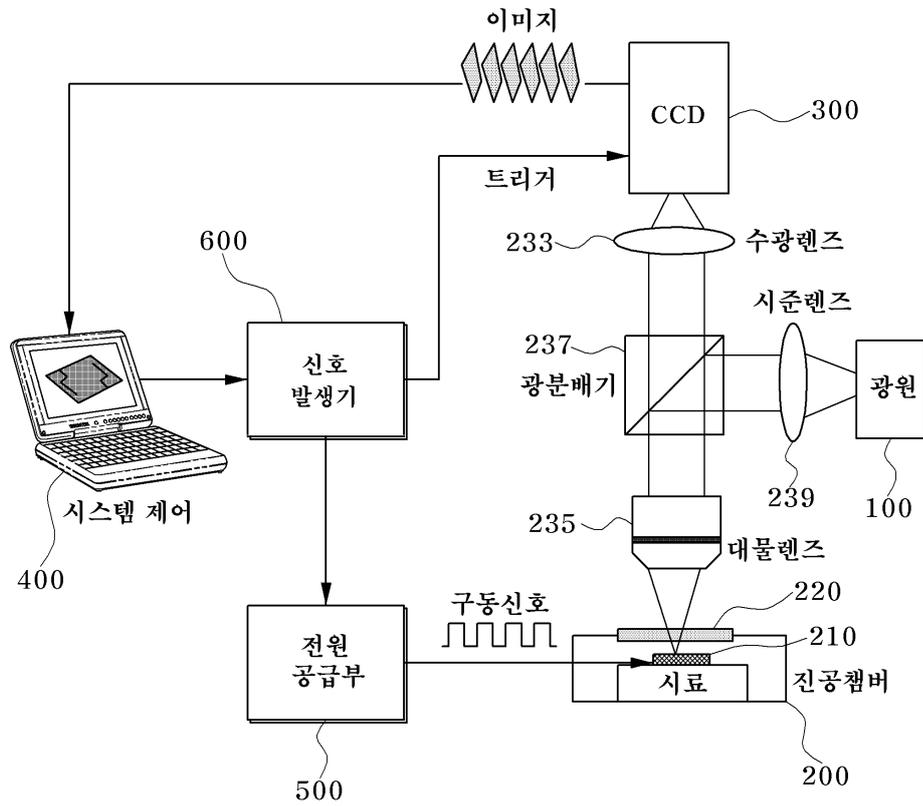
[0036]
$$\Delta T = \left(\frac{1}{R} \frac{\partial R}{\partial T} \right)^{-1} \frac{\Delta R}{R} = k^{-1} \frac{\Delta R}{R} \quad (1)$$

[0037] 도 3의 (a) 내지 (f)는 적외선 이미지 센서의 단위화소에 대한 백색광 가시광 현미경 이미지 ((a)-(b)), 본 발명의 일 실시예에 따른 발열분포 측정 시스템을 이용하여 측정한 발열분포 이미지 ((c)-(d)) 그리고 시뮬레이션 결과 ((e)-(f))를 보여준다.

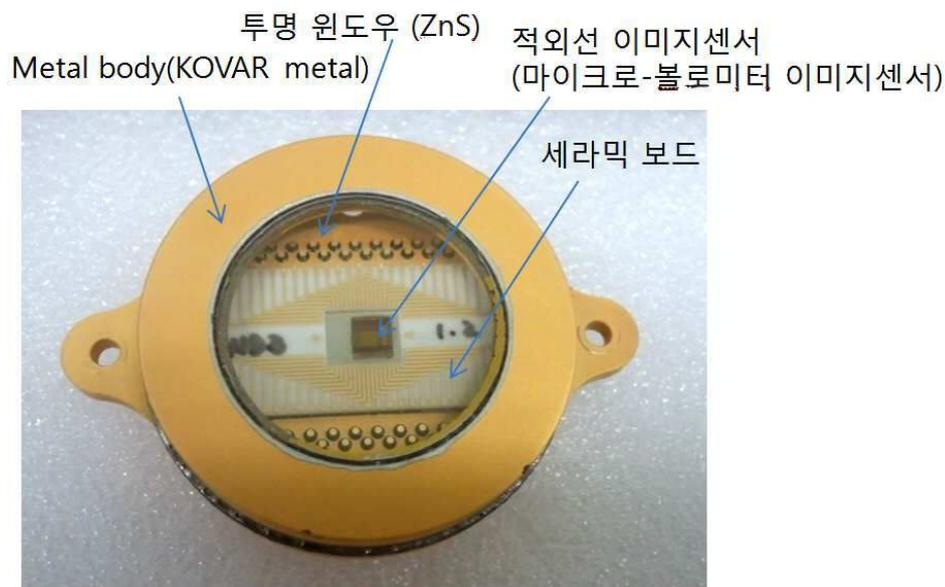
- [0038] 도 3(a)와 도 3(b)는 서로 다른 구조를 갖는 적외선 이미지 센서들(NB3-12, NB4-21)의 광학 현미경 이미지를 보여준다. 도 3(c)와 도 3(d)는 1V bias 하에서의 온도변화에 따른 상대적인 반사율 변화의 공간적인 분포를 보여준다.
- [0039] 상대적인 반사율변화($\Delta R/R$)는 온도변화(ΔT)에 비례($\Delta R/R = k\Delta T$)하므로, 측정된 결과는 시료의 종류에 따른 상대적인 열분포 정보를 나타낸다 할 수 있다. 1 V의 bias 조건 하에서 NB3-12 시료에 비해 NB4-21 시료의 반사율변화가 더 크게 나타난 것을 확인할 수 있었다.
- [0040] 즉, 같은 바이어스 조건에서 NB4-21 시료의 발열이 더 크게 나타나는 것을 알 수 있으며, 도 3(e)와 도 3(f)에서 도시한 바와 같이 시뮬레이션 결과에서도 같은 경향을 보이는 것을 확인할 수 있었다.
- [0041] 한편, 이상의 결과는 향후 다양한 구조의 볼로미터 단위화소에 대한 정량적 발열분포 측정을 통해 볼로미터 열고립구조를 최적화함으로써 센서의 감도 및 잡음 특성을 향상시킬 수 있다.
- [0042] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 적외선 이미지 센서 발열분포 측정장치의 구성을 도시한 개략도이다.
- [0043] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 적외선 이미지 센서 발열분포 측정장치는 광원부(100), 시료부(200), 검출부(300), 제어부 및 영상처리부(400), 전원공급부(500), 신호발생기(600), 광분배기(237)과 각종 렌즈들(233, 235, 239)를 포함하여 구성된다.
- [0044] 설명의 편의를 위해, 도 1의 실시예와의 차이점을 위주로 설명하면, 도 4의 실시예는 주기적으로 발열을 야기시키기 위하여 적외선 조명을 발생시키는 조명제어부를 활용하는 차이점이 있다. 즉, 도 1의 실시예는 적외선 센서를 주기적으로 발열시키기 위해 전기적 방식을 사용하고, 도 4의 실시예는 적외선 센서를 주기적으로 발열시키기 위해 광학적 방식을 사용하는 것이다.
- [0045] 따라서, 신호발생기(600)에 조명부(900)가 연결되어 있고 이는 적외선 조명(950)을 점등하여 제어한다. 이러한 방식에 의하면, 적외선 조명을 적외선 센서에 조사하여 적외선센서 활성층의 발열분포를 야기시키고, 동시에 가시광 조명을 광학현미경 및 진공 윈도우를 통해 적외선 센서에 조사하여 반사된 빛의 분포를 CCD 카메라로 검출함으로써 적외선 센서 활성층의 발열분포에 따른 반사율 분포를 위상잠금 열반사법으로 측정하여 적외선 센서 활성층의 발열분포를 측정한다.
- [0046] 전술한 본 발명에 따른 적외선 센서의 발열분포 측정장치에 대한 바람직한 실시예에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 이에 한정되는 것이 아니고 특허청구범위와 발명의 상세한 설명 및 첨부한 도면의 범위 안에서 여러 가지로 변형하여 실시하는 것이 가능하고 이 또한 본 발명에 속한다.

도면

도면1



도면2a



도면2b

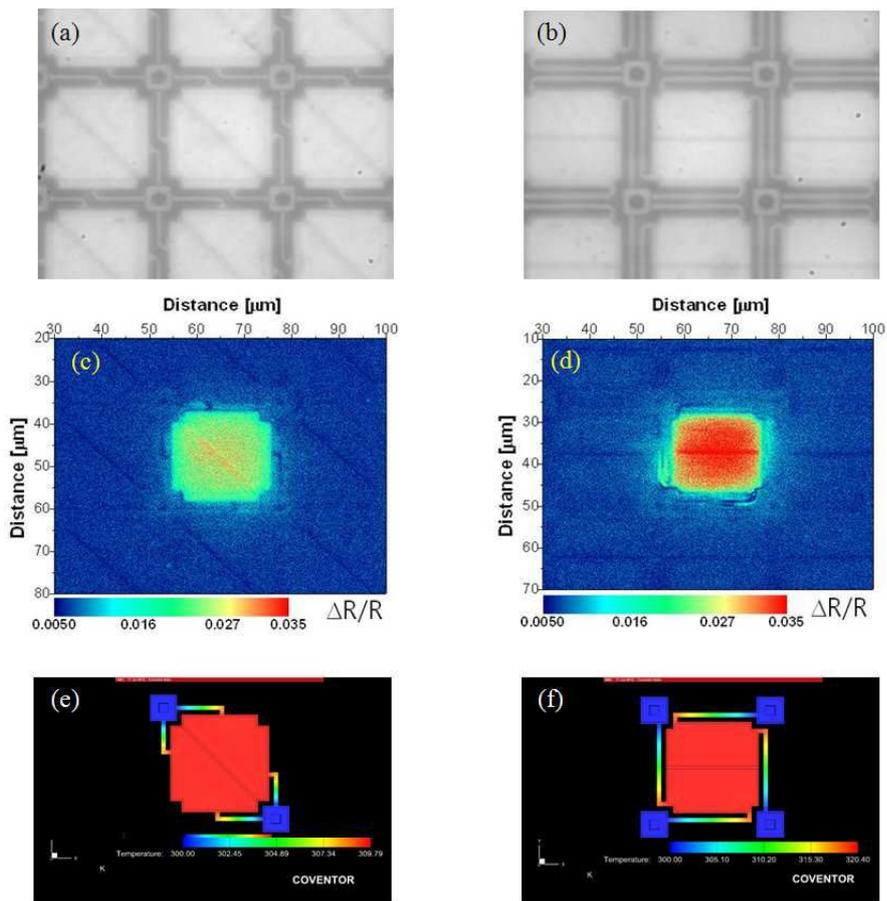


도면2c

ZnS 윈도우 투과 스펙트럼



도면3



도면4

