(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2010 년 10 월 21 일 (21.10.2010)

PCT

(10) 국제공개번호
WO 2010/120145 A2

(51) 국제특허분류:
H01L 31/042 (2006.01) *H01L 21/66* (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2010/002377

(22) 국제출원일: 2010 년 4 월 16 일 (16.04.2010)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2009-0033746 2009 년 4 월 17 일 (17.04.2009) KR

(71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **주식회사 맥사이언스 (MCSCIENCE INC.)** [KR/KR]; 경기도 수원시 영통구 영통동 980-3 디지털엠파이어빌딩 B 동 1102 호, 443-470 Gyeonggi-do (KR).

(72) 발명자; 겸
(75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): **윤철오 (YOON, Chul Oh)** [KR/KR]; 경기도 수원시 영통구 망포동 벽산 e 빌리지아파트 102 동 701 호, 443-746 Gyeonggi-do (KR). **공웅걸 (KONG, Ung Girl)** [KR/KR]; 경기도 수원시 팔달구 인계동 삼성레미안 노블클레스 107 동 501 호, 442-703 Gyeonggi-do (KR). **이성호 (YI, Seong Ho)** [KR/KR]; 대한민국 경기도 화성시 반송동 47-9 201 호, 445-160 Gyeonggi-do (KR).

(74) 대리인: **특허법인 화우 (YOON & YANG)**; 서울시 서초구 서초동 1340-6 남강빌딩 11 층, 137-861 Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

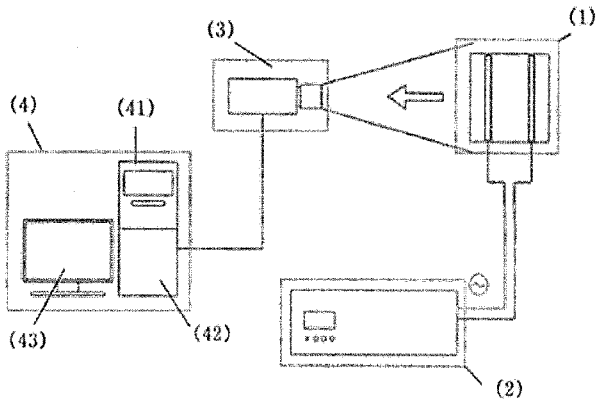
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR),

[다음 쪽 계속]

(54) **Title**: SOLAR CELL AC ELECTROLUMINESCENCE IMAGE INSPECTING APPARATUS

(54) **발명의 명칭** : 태양전지 교류 전계발광 화상검사 장치

【도 1】



(57) **Abstract**: The present invention relates to a method and an apparatus for determining whether a solar cell is internally defective by inspecting electroluminescence images of the solar cell, and more specifically, relates to a solar cell AC electroluminescence image inspecting method and an inspecting apparatus which can extract defective information from inside the solar cell and determine the quality of the solar cell by applying AC power with a fixed cycle to both ends of the solar cell or a solar module and detecting electroluminescence images that are generated from the solar cell by using a camera. To realize the electroluminescence image inspection for determining whether the solar cell is internally defective, the invention provides a solar cell AC electroluminescence image inspecting method and an apparatus thereof capable of more safely, quickly, and precisely inspecting an electroluminescence image by simultaneously extracting information on various internal defects of a solar cell such as micro cracks, contact resistance and internal resistance, heat spots and the like of the solar cell and the solar module and preventing heating damage to samples to be measured.

(57) **요약서**:

[다음 쪽 계속]

WO 2010/120145 A2

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도 공개함 (규칙 48.2(g))

본 발명은 태양전지의 전계발광 화상을 검사하여 태양전지 내부의 결함을 판정하는 방법 및 장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 태양전지 셀 또는 모듈 양단에 소정의 주기를 갖는 교류 전력을 인가하고 태양전지에서 발생되는 전계발광 화상을 카메라로 검출하여 태양전지 내부의 결함 정보를 추출하고 품질을 판정하는 것을 특징으로 하는 태양전지 교류 전계발광 화상 방법 및 검사 장치에 관한 것이다. 본 발명은 태양전지의 내부결함을 판정하기 위한 전계발광 화상검사를 실현함에 있어서, 태양전지 셀 및 모듈의 미세균열, 접촉저항 및 내부저항, 열점 등 다양한 태양전지 내부결함 정보를 동시에 추출하고, 측정 시료의 가열 손상을 방지하여, 보다 안전하고 신속하며 정밀하게 검사할 수 있는 태양전지 교류 전계발광 화상검사 방법 및 장치를 제공하고자 하는 것이다.

【명세서】

【발명의 명칭】

태양전지 교류 전계발광 화상검사 장치

【기술분야】

<1> 본 발명은 태양전지의 전계발광 화상을 검사하여 태양전지 내부의 결함을 판정하는 방법 및 장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 태양전지 셀 또는 모듈 양단에 소정의 주기를 갖는 교류 전력을 인가하고 태양전지에서 발생되는 전계발광 화상을 카메라로 검출하여 태양전지 내부의 결함 정보를 추출하고 품질을 판정하는 것을 특징으로 하는 태양전지 교류 전계발광 화상 방법 및 검사 장치에 관한 것이다.

【배경기술】

<2> 일반적으로 태양전지는 옥외 설치되어 자연광 또는 집광된 태양광 아래에서 장기간 동안 지속적으로 사용되므로, 태양전지의 성능과 수명의 보장은 최종 사용자나 제조원 모두에게 중요하다. 태양전지 성능 검사 방법은 국제 표준 규격에 의하여 출력특성의 검사와 환경 신뢰성 및 내구성 검사로 이루어지는데, 출력특성의 검사는 제품 제조 공정에서 전수검사로 실시되어 품질관리에 활용되고 있는 반면, 각종 신뢰성 검사는 파괴성 검사에 해당하여 전수검사를 수행할 수 없다.

<3> 태양전지의 내부에 위치하거나 크기가 미세하여 눈으로 잘 관찰되지 않는 제품 결함이 존재하는 경우 장시간 사용 시 진행성 불량으로 발전하여 태양전지의 성능을 약화시키고 수명을 단축시키는 요소가 될 수 있으므로 제품 출하시 이를 검사할 필요가 있다. 이러한 진행성 불량 결함은 제품 제조 공정 중에 발생될 수도 있으므로 결함의 발생이 예상되는 제조 공정에서도 미리 검사하여 처리할 필요가 있다.

<4> 태양전지의 내부결함은 구성하는 소재의 특성과 소자의 구조 및 제조 공법에 따라 다양한 형태로 존재할 수 있다. 실리콘(Si) 및 갈륨아세나이드(GaAs) 등 결정형 반도체 태양전지는 구조적으로 내구성이 약한 반도체 소재의 기판을 사용하므로 기계적 충격이나 열적 팽창 수축 등에 의하여 기판이 갈라지거나 깨지기 쉽다. 기판 내에 미세 균열(micro-crack)이 존재하는 경우 진행성 불량으로 발전될 가능성이 매우 높다.

<5> 또한 결정형 반도체 태양전지의 전극을 형성하는 과정에서 금속 페이스트가 충분한 전기적 접촉을 형상하지 못하는 경우 부분적으로 접촉저항이 커져 성능의

저하를 나타낼 수 있다.

<6> 또한 결정형 반도체 태양전지의 전극을 형성하는 과정에서 금속 물질이 기판 내부에 침투하는 경우 분류저항(shunt resistance)으로 작용하여 전류분포의 불균형에 의해 전체 출력 성능을 저하시키거나, 열점(hot spot) 결함으로 작용하여 태양전지 사용 시에 부분적으로 역전압이 인가되는 경우 전류가 누설되고 고열이 발생하여 소자가 손상될 수도 있다.

<7> 내구성이 우수한 유리 기판 또는 유연성 기판을 사용하는 박막형 태양전지의 경우에도 적층 및 전극 패턴 형성 과정에서 패턴의 불일치, 식각 이물질 등에 의해 전기적 단락, 접촉저항 및 분류저항 등 진행성 결함이 형성될 수 있다.

<8> 태양전지의 내부결함을 검사한 방법으로서 종래에는 초음파 열화상, X선 투과, 적외선 열화상, 적외선 분광법, 광유도 전류 측정 등 다양한 방법이 시도되었으나, 자극점이나 검출기를 스캔하는 방법은 검사에 소요되는 시간이 길고, 산업용 적외선 또는 열화상 카메라를 사용하는 경우 해상도가 낮고 고가의 비용이 필요하여 고속 측정과 대면적 검사가 요구되는 태양전지 전수검사 방법으로는 적합하지 않다.

<9> 태양전지의 내부결함을 화상으로 검사하는 방법으로서 태양전지의 양단에 직류 전원을 인가하여 발생되는 전계발광 화상을 카메라로 측정하는 방법이 최근 제시되고 있다. 반도체 접합 구조에 의하여 다이오드 특성을 갖는 소자에 소정의 전원을 인가하는 경우 소재의 특성 및 소자의 구조에 따라 전자-정공 재결합에 의하여 전계발광 현상을 나타낼 수 있는 것은 일반적으로 잘 알려져 있는데, 이를 태양전지에 적용하여 발생되는 전계발광 화상으로부터 내부의 결함을 검출하고자 하는 것이다.

<10> 실리콘계 태양전지의 경우 발생되는 전계발광 스펙트럼은 950 ~ 1300 ㎚의 근적외선(near infrared) 영역에 해당되며, 적외선 화상 카메라 또는 근적외선 감도가 우수한 보급형 CCD 카메라를 사용하여 측정할 수 있다. 실리콘계 태양전지는 인다이렉트(indirect) 밴드갭 구조를 가지므로 전계발광 효율이 낮아 화상 검출시 충분한 노출 시간이 필요하다.

<11> 태양전지에 순방향의 직류 전원를 인가하였을 때 태양전지 표면에서 발생되는 전계발광의 세기는 해당 부분에 대한 전류분포에 비례하는 것으로 알려져 있으며(문헌 1 참조) 태양전지 내부의 구조적인 결함, 내부 저항, 이물질 등에 의해 불균형한 전류 분포가 형성되면 전계발광 세기의 상대적인 공간 분포가 화상으로 검

출될 수 있다. (문헌 2 참조).

<12> 태양전지에 역방향의 직류 전원을 인가하였을 때에는 전계발광 화상으로부터 다이오드 구조에서의 항복(breakdown) 현상과 관련된 내부 결함이 관찰되는데 이는 전류의 누설 및 열점으로 작용되는 것으로 알려져 있다. (문헌 3 참조).

<13> 문헌 4의 국제특허 WO2007/129585A1는 실리콘계 태양전지의 전계발광 화상을 카메라로 측정하는 방법을 제시하고 있는데, 태양전지의 광변환 동작시의 구동전류 크기의 직류를 순방향으로 인가하여 발생하는 전계발광 화상을 검출하여 소수전하 확산길이(minority carrier diffusion length)의 2차원 분포를 얻어 태양전지의 불량을 판정하는 것을 특징으로 하고 있다.

<14> 문헌 5의 국제특허 WO2008/095467A1는 인다이렉트 밴드갭 구조를 갖는 반도체 소재의 p-n 접합형 태양전지의 밴드내전이(intraband transition) 특성의 전계발광 화상을 검출하여 기계적인 결함을 검사하는 방법을 제시하고 있는데, 전계발광 파장역역에 대하여 선택적으로 광학 필터를 적용하여 층별 전계발광 화상을 비교할 수 있는 것을 특징으로 하고 있다. 이 경우에도 전계발광 구동을 위하여 순방향의 직류 바이어스를 인가하는 방식을 적용하고 있다.

<15> 암실 환경에서 태양전지에 순방향의 직류전원을 인가하면 다이오드 특성에 의하여 인가된 전압의 크기에 따라 비선형적인 전류가 흐르게 되는데 측정 시료에 따라 에너지 변환효율에 차이가 있거나 기계적인 결함 등이 존재하는 경우 전류의 크기가 시료에 따라 다를 수 있다. 또한 역방향의 고압전원을 인가하면 다이오드의 항복 특성에 의해 과전류가 흐르게 되고 이는 측정 시료의 열적 파괴를 가져온다. 따라서 태양전지 시료에 전류가 흐르면 주울(Joule) 열이 발생하여 온도가 상승되므로 전계발광 화상 검사시 시료에 따라 측정 온도의 편차가 발생하게 되거나 온도 과열시 시료의 특성이 파손될 수 있는 문제점이 있다.

<16> 전계발광 화상검사를 태양전지 제품 검사에 사용하는 경우 검출 카메라의 노출 시간이 충분히 제공되어야 하는 반면 검사 속도를 높이기 위하여 노출 시간을 제한하여야 할 필요가 있다. 순방향 전계발광 화상과 역방향 전계발광 화상이 제공하는 결함의 정보는 서로 다르므로 전체 결함 정보를 취득하기 위하여 직류 방식으로 전원을 인가하는 경우 순방향 및 역방향으로 최소 2회의 화상 촬영이 요구되므로 검사 속도가 반감되는 단점이 있다.

<17>

<18> 종래기술의 문헌정보

<19> [문헌 1] Takashi Fuyuki et. al., Appl. Phys. Lett., 86, 262108 (2005)

<20> [문헌 2] T. Trupke et. al., Proceeding of 22nd European Photovoltaic Solar Energy Conference, Milano, Italy, p22-31 (2007)

<21>

<22> *[문헌 3] Otwin Breitenstei et. al., Prog. Photovolt. Res. Appl., 16, 325 (2008)

<23> [문헌 4] WO 2007/129585 A1, 2007.11.15

<24> [문헌 5] WO 2008/095467 A1, 2008.09.14

【발명의 상세한 설명】

【기술적 과제】

<25> 본 발명은 태양전지의 내부결함을 판정하기 위한 전계발광 화상검사를 실현함에 있어서, 태양전지 셀 및 모듈의 미세균열, 접촉저항 및 내부저항, 열점 등 다양한 태양전지 내부결함 정보를 동시에 추출하고, 측정 시료의 가열을 방지하여, 보다 안전하고 신속하며 정밀하게 검사할 수 있는 태양전지 전계발광 화상검사 방법 및 장치를 제공하고자 하는 것이다.

【기술적 해결방법】

<26> 본 발명은 태양전지의 내부결함을 판정하기 위한 전계발광 화상검사를 실현함에 있어서, 태양전지 셀 또는 모듈 양단에 소정의 주기를 갖는 교류 전력를 인가하여 짧은 시간 동안 반복되는 순방향 및 역방향으로의 진폭 변조(modulation)에 의한 교류 전계발광을 구동함으로써, 피측정 태양전지의 가열을 방지하고 각 순방향 및 역방향 전계발광 화상검사에서 검출되는 내부결함을 동시에 측정하는 것을 특징으로 한다.

【유리한 효과】

<27> 본 발명의 교류 전계발광 화상 검사 방법은 태양전지 셀 및 모듈의 전계발광 화상을 단 1회 촬영함으로써 각 순방향 및 역방향 전계발광 화상이 제공하는 기계적 균열, 접촉저항 및 미세균열, 열점 등 다양한 태양전지 내부결함 정보를 동시에 추출할 수 있을 뿐 아니라, 측정 시료의 가열 및 손상을 방지하여, 보다 안전하고 신속하며 정밀하게 검사할 수 있는 태양전지 전계발광 화상검사 방법 및 장치를 제공하는 효과가 있다.

【도면의 간단한 설명】

<28> 도 1은 태양전지 교류 전계발광 화상검사 장치의 구성도: (1)피측정 태양전

지, (2)전원공급수단, (3)화상검출수단, (4)화상처리수단, (41)화상데이터획득부, (42)결함검출부, (43)결함정보출력부.

<29> 도 2는 태양전지 교류 전계발광 화상검사 장치의 전원공급수단이 제공하는 교류 형태의 출력 파형: (a)정현파, (b)사각파, (c)톱니파 및 (d)램프 펄스파

<30> 도 3은 다결정 실리콘 태양전지 셀에 순방향으로 직류 전압을 인가하였을 때 발생되는 전계발광 화상: 기계적인 균열로 추정되는 결함(51) 및 전극 접촉불량으로 추정되는 결함(52).

<31> 도 4는 도 3과 동일한 다결정 실리콘 태양전지 셀에 역방향으로 직류 전압을 인가하였을 때 발생되는 전계발광 화상: 열점으로 추정되는 결함(53).

<32> 도 5는 도 2 및 도 3과 동일한 다결정 실리콘 태양전지 셀에 펄스 형태의 교류 전압을 인가하였을 때 발생되는 전계발광 화상: 기계적인 균열로 추정되는 결함(51), 전극 접촉불량으로 추정되는 결함(52) 및 열점으로 추정되는 결함(53).

<33> 도 6는 다결정 실리콘 태양전지 셀에 펄스 형태의 교류 전압을 인가하였을 때 발생되는 전계발광 화상: 미세균열로 추정되는 결함(54) 및 열점으로 추정되는 결함(53).

<34> 도 7는 다결정 실리콘 태양전지 셀에 역방향으로 직류 전압을 인가하였을 때 과전류가 발생하여 셀이 손상되는 장면을 카메라로 포착한 화상.

<35> 도 8은 단결정 실리콘 태양전지 모듈에 펄스 형태의 교류 전압을 인가하였을 때 발생되는 전계발광 화상: 기계적인 균열로 추정되는 결함(51), 전극 접촉불량으로 추정되는 결함(52) 및 미세균열로 추정되는 결함(54).

<36> 도 9는 보급형 실리콘 CCD 카메라의 측광감도 스펙트럼(31)과 단결정 실리콘 태양전지의 전계발광 스펙트럼(32)을 규격화하여 나타낸 그래프.

【발명의 실시를 위한 형태】

<37> 본 발명을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

<38> 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 태양전지 교류 전계발광 화상검사 장치의 구성을 도시한 도면으로, 전원공급부(2), 화상검출부(3) 및 화상처리부(4)를 포함한다.

<39> 먼저, 전원공급부(2)는 피측정 태양전지(1)의 전극 양단에 전기적으로 접속되어 소정의 주기를 갖는 교류 전압 또는 전류를 인가하고, 짧은 시간 동안 반복되는 순방향 및 역방향의 진폭이 변조(modulation)된 교류 전압 또는 전류를 인가할 수 있다.

<40> 짧은 시간 동안 교대로 반복되는 순방향 또는 역방향의 진폭이 변조된 교류 전압 또는 전류가 태양전지(1)로 인가되면, 태양전지 셀 또는 모듈(1)은 교류 전계 변화에 따라 특정한 화상을 발광한다.

<41> 화상검출부(3)는 피측정 태양전지(1)로부터 발생되는 전계발광 화상을 카메라를 사용하여 검출하며, 검출된 전계발광 화상을 화상처리부(4)로 전송한다.

<42> 화상검출부(3)는 피측정 태양전지(1)의 수광면 방향에 위치하여 수광면으로부터 복사되는 광화상을 촬영하는 카메라를 포함하며, 하나 또는 복수의 카메라로 구성될 수 있다.

<43> 화상검출부(3)는 촬영된 전계발광 화상을 아날로그 또는 디지털 신호 형태로 화상처리부(4)로 제공한다.

<44> 화상처리부(4)는 전송된 전계발광 화상을 분석하여 태양전지의 내부결함 정보를 추출하고, 화상데이터 획득수단(41), 결함검출수단(42) 및 결함정보출력수단(43)을 포함하여 구성된다.

<45> 화상데이터 획득수단(41)은 화상검출부(3)로부터 제공되는 아날로그 또는 디지털 화상신호를 디지털 화상 데이터로 변환하고, 결함검출수단(42)은 변환된 화상데이터를 기준 화상 데이터와 비교하여 결함정보를 자동으로 추출하고 결함정보를 분석하여 태양전지(1)의 품질을 판정한다.

<46> 예를 들어, 검사하는 태양전지(1)로부터 추출된 결함정보가 미리 설정된 범위 내에 포함되는 결함정보만 포함하는 경우 품질 평가를 "양호"라고 할 수 있으며, 설정된 범위를 벗어난 경우 "불량"으로 판단할 수 있다.

<47> 결함정보출력수단(43)은 추출된 결함정보와 품질판정 결과를 아날로그 또는 디지털 신호로 출력할 수 있다.

<48> 피측정 태양전지(1)는 태양전지 셀 또는 모듈 형태로 이루어지며, 태양전지 셀 또는 모듈은 주 소재가 가시광선 또는 근적외선 영역에서 전계발광 특성을 나타내는 단결정, 다결정, 미세결정, 나노결정 또는 비정질 실리콘계 반도체, 갈륨아세나이드(GaAs) 등 Ⅲ-Ⅴ족 화합물 반도체, Cd-Te 등 카드뮴계 화합물 반도체, Cu-In-Ga-S 등 Cu-In계 화합물 반도체, TiO_2 등 산화물 반도체, 염료복합체(Dye) 또는 유기물 반도체로 구성될 수 있다.

<49>

<50> 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 태양전지 교류 전계발광 화상검사 장치의 태양전지로 인가되는 다양한 교류 전압 또는 전류의 파형을 나타낸 도면이다.

<51> 도 2에 도시한 바와 같이, 본 발명의 일 실시 예에 따른 태양전지 교류 전계발광 화상검사 장치의 태양전지로 인가되는 다양한 교류 전압 또는 전류의 파형은 정현파, 사각파, 톱니파, 램프 펄스파 등의 주기함수 형태로 나타날 수 있다.

<52> 교류 출력 파형은 변조 주파수를 제어함으로써 교류 출력 주기를 선택적으로 설정할 수 있고, 교류 출력의 최대값을 순방향으로 설정하고 최소값을 역방향으로 설정하면 순방향의 출력과 역방향의 출력을 짧은 시간 내에 교대로 반복적으로 인가할 수 있다.

<53> 상기의 방법을 사용하여 교류 전압 또는 전류를 태양전지로 인가함으로써, 태양전지로 순방향과 역방향의 교류 전압 또는 전류가 교대로 인가된 효과를 볼 수 있다.

<54> 따라서, 순방향과 역방향의 교류 전압 또는 전류가 교대로 인가된 경우, 화상검출부(3)는 순방향의 전계발광 화상과 역방향의 전계발광 화상이 중첩되도록 촬영할 수 있다.

<55> 전원공급부(2)에서 인가되는 교류 출력의 주기는 화상검출부(3)의 촬영 노출 시간에 비하여 충분히 작아야 한다.

<56> 전원공급부(2)는 순방향으로 고전류를, 역방향으로 고전압을 고속으로 스위칭하여 인가할 수 있으므로 다이오드 특성을 지니는 피측정 태양전지 셀 혹은 모듈에 대해 전기적 파괴를 보호할 수 있는데 효과적이다.

<57> 전원공급부(2)의 교류 출력으로 사각파를 사용하는 경우, 전원공급부(2)는 사각 펄스의 폭을 제어함으로써 순방향 전계발광 화상과 역방향 전계발광 화상의 검출 세기를 조절할 수 있다.

<58>

<59> 도 3은 다결정 실리콘 태양전지 셀에 순방향으로 직류 전압을 인가하였을 때 촬영된 전계발광 화상이고, 도 4는 도 3과 동일한 다결정 실리콘 태양전지 셀에 역방향으로 직류 전압을 인가하였을 때 촬영된 전계발광 화상을 나타낸 도면이다.

<60> 도 3 및 도 4에 나타난 바와 같이, 태양전지 셀에 순방향 직류 전압을 인가한 경우, 태양전지의 셀 내부에 기계적인 균열로 추정되는 결함(51) 및 전극 접촉 불량으로 추정되는 결함(52)이 검출되고, 태양전지 셀에 역방향 직류 전압을 인가한 경우 열점으로 추정되는 결함(53)이 각각 관찰된다.

<61> 도 5는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 태양전지 교류 전계발광 화상검사 장치를 사용하여, 도 2 및 도 3과 동일한 다결정 실리콘 태양전지 셀에 펄스 형태의

교류 전압을 인가하였을 때 발생되는 전계발광 화상을 나타낸 도면이다.

<62> 도 5에 도시한 바와 같이, 본 발명의 제1 실시 예에 따른 태양전지 교류 전계발광 화상검사 장치에서 촬영된 전계발광 화상은 태양전지 셀 내부에 기계적인 균열로 추정되는 결함(51), 전극 접촉불량으로 추정되는 결함(52) 및 열점으로 추정되는 결함(53)이 하나의 화상에서 동시에 관찰된다.

<63> 즉, 본 발명의 실시 예에 따른 태양전지 교류 전계발광 화상검출 장치를 사용하여 태양전지 셀 또는 모듈의 결함을 검출할 경우, 하나의 화상에서 순방향 교류전계발광의 결함과 역방향 교류전계발광의 결함을 동시에 검출할 수 있다.

<64> 이때, 인가된 교류 전압의 최대값은 순방향의 전압이며 최소값은 역방향의 전압을 의미한다.

<65> 도 6는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 태양전지 교류 전계발광 화상검사 장치에서 촬영된 전계발광 화상을 도시한 도면이다.

<66> 본 발명의 제2 실시 예에 따른 태양전지 교류 전계발광 화상검사 장치에서 촬영된 화상은 다결정 실리콘 태양전지 셀에 펄스 형태의 교류 전압을 인가한 경우의 화상으로, 태양전지 셀 내부의 미세균열(micro-crack)으로 추정되는 결함(54) 및 열점으로 추정되는 결함(53)이 하나의 화상에서 동시에 관찰된다.

<67> 도 7는 다결정 실리콘 태양전지 셀에 역방향으로 직류 전압을 인가하였을 때 태양전지 셀의 항복 현상 또는 셀 모서리 부분에서의 단락 현상으로 추정되는 과전류가 발생하여 셀이 손상되는 장면을 카메라로 촬영한 화상을 도시한 도면이다.

<68> 도 8은 본 발명의 제3 실시 예에 따른 태양전지 교류 전계발광 화상검사 장치를 사용하여 단결정 실리콘 태양전지 모듈에 펄스 형태의 교류 전압을 인가하였을 때 발생되는 전계발광 화상을 도시한 도면으로, 셀 내부에 기계적인 균열로 추정되는 결함(51)과 전극 접촉불량으로 추정되는 결함(52) 및 미세균열로 추정되는 결함(54)이 하나의 화상에서 동시에 관찰된다.

<69> 본 발명에 따른 태양전지 교류 전계발광 화상검출 장치는 교류 전압 또는 교류 전류를 인가하여 태양전지 셀 또는 모듈의 전계발광 화상을 검사하는 방법을 사용함으로써, 태양전지 내부에 존재하는 기계적 균열, 접촉저항 및 미세균열, 열점 등 다양한 태양전지 내부결함 정보를 동시에 추출할 수 있을 뿐 아니라, 측정 시료의 가열 및 손상을 방지하여 보다 안전하고 신속하며 정밀하게 검사할 수 있는 태양전지 전계발광 화상검사 장치를 구현할 수 있다.

<70>

<71> 도 9는 본 발명의 제4 실시 예에 따른 태양전지 교류 전계발광 화상검출 장치의 측광소자를 포함하는 카메라를 사용하여 태양전지의 결함을 검출하는 방법을 설명하기 위한 도면이고, 도 10은 상기 카메라로 검출된 측광감도 스펙트럼 파형을 도시한 도면이다.

<72> 본 발명의 제4 실시 예에 따른 태양전지 교류 전계발광 화상검출 장치는 1 Hz ~ 10 KHz 범위의 변조 주파수를 제어하여 -20 V ~ +20 V의 전압 범위와 -10 A ~ +10 A 전류 범위의 사각파형 출력을 제공하는 교류 전원공급부를 포함한다.

<73> 또한, 본 발명의 제4 실시 예에 따른 태양전지 교류 전계발광 화상검출 장치는 1360x1024 해상도의 Luetron P142AM 실리콘 CCD 카메라 및 64MB, 85MHz, PCI-X를 지원하는 Camera Link 프레임 그래버와 제어 PC 및 자체 개발된 화상 처리 소프트웨어로 구성된다.

<74> 도 10에 도시한 바와 같이, 본 발명의 제4 실시 예에 따른 태양전지 교류 전계발광 화상검출 장치의 카메라로 검출된 측광감도 스펙트럼(31)은, 156 mm x 156 mm 크기의 다결정 태양전지로 순방향으로 6 A의 전류와 역방향으로 -8.5 V의 전압을 반복적으로 출력하는 순방향 전류제어-역방향 전압제어 방식의 사각 펄스 형태의 교류 전원을 인가한 경우 태양전지의 전계발광 스펙트럼을 노출시간 1000 msec로 측정한 실험 데이터이다.

<75> 이 때, 태양전지로 인가된 교류 전원의 주파수는 100 Hz이며 순방향 펄스의 듀티 비율은 80%이며, 카메라로부터 검출된 전계발광 화상에는 내부의 기계적인 균열로 추정되는 결함(51), 전극 접촉불량으로 추정되는 결함(52), 열점으로 추정되는 결함(53) 및 미세균열으로 추정되는 결함(54) 등 복수의 내부 결함이 단일 화상에서 동시에 검출될 수 있다.

【산업상 이용가능성】

<76> 본 발명의 태양전지 전계발광 화상검사 장치는 태양전지 셀 및 모듈 제조 시 최종 제품의 전수 출하검사 및 공정별 검사 장비로 사용될 수 있으며, 태양전지 소재 및 소자 개발 시 태양전지 특성을 평가하기 위한 성능 시험 및 분석 장비로 활용될 수 있다.

【청구의 범위】

【청구항 1】

태양전지의 내부결함을 판정하기 위한 화상검사 방법에 있어서,

전원공급부에서 태양전지 셀 또는 모듈의 전극 양단에 전기적으로 접속되어 소정의 주기와 파형을 갖는 교류 전력을 인가하는 단계;

상기 태양전지 셀 또는 모듈에서 발생되는 전계발광 화상을 카메라를 사용하여 검출하는 단계; 및

상기 전원공급부에서 소정 주기와 파형을 갖는 교류 전력을 인가하였을 때 태양전지 셀 또는 모듈에서 검출된 전계발광 화상으로부터 태양전지 내부결함 정보를 추출하는 단계;를 포함하는 태양전지 교류 전계발광 화상검사 방법.

【청구항 2】

제1항에 있어서,

상기 태양전지 셀 또는 모듈은 가시광선 또는 근적외선 영역에서 전계발광 특성을 나타내는 단결정, 다결정, 미세결정, 나노결정 또는 비정질 구조로 형성된 실리콘계 반도체, 갈륨아세나이드(GaAs) Ⅲ-Ⅴ족 화합물 반도체, Cd-Te 카드뮴계 화합물 반도체, Cu-In-Ga-S계 화합물 반도체, Cu-In계 화합물 반도체, TiO_2 산화물 반도체, 염료복합체 또는 유기물 반도체 중 어느 하나를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 태양전지 교류 전계발광 화상검사 방법.

【청구항 3】

제1항에 있어서,

상기 전원공급부에서 인가되는 교류 전력의 출력 파형은 정현파, 사각파, 톱니파, 램프 펄스파와 같은 주기함수인 것을 특징으로 하는 태양전지 교류 전계발광 화상검사 방법.

【청구항 4】

제1항에 있어서,

상기 전원공급부는 순방향의 전압 또는 전류와 역방향의 전압 또는 전류를 교대로 출력하는 것을 특징으로 하는 태양전지 교류 전계발광 화상검사 방법.

【청구항 5】

제1항에 있어서,

상기 전원공급부에서 인가되는 교류 출력 파형은 순방향 펄스와 역방향 펄스로 구성되어 순방향 펄스폭과 역방향 펄스폭의 듀티 비율을 조절할 수 있는 사각파

주기함수인 것을 특징으로 하는 태양전지 교류 전계발광 화상검사 방법.

【청구항 6】

제1항에 있어서,

상기 전원공급부에서 인가되는 교류 전력의 주기가 1000 msec 이하인 것을 특징으로 하는 태양전지 교류 전계발광 화상검사 방법.

【청구항 7】

제1항에 있어서,

상기 태양전지 셀 또는 모듈에서 발생되는 전계발광 화상을 카메라를 사용하여 검출하는 단계에서,

상기 전계발상 화상 검출에 사용되는 카메라는 측광 파장대역이 가시광선 영역과 근적외선 영역을 포함하는 실리콘계의 1차원 또는 2차원 배열 측광소자를 사용하는 것을 특징으로 하는 태양전지 교류 전계발광 화상검사 방법.

【청구항 8】

태양전지의 내부결함을 판정하기 위한 화상검사 장치를 구현함에 있어서,

태양전지 셀 또는 모듈의 전극 양단에 전기적으로 접속되어 소정의 주기와 파형을 갖는 교류 전력을 인가하는 전원공급부;

상기 교류 전력을 인가받은 태양전지 셀 또는 모듈에서 발생되는 전계발광 화상을 카메라를 사용하여 검출하는 화상검출부; 및

상기 검출된 전계발광 화상으로부터 태양전지 셀 또는 모듈의 내부결함 정보를 자동으로 추출하는 화상처리부;를 포함하는 태양전지 교류 전계발광 화상검사 장치.

【청구항 9】

제8항에 있어서,

상기 전원공급부에서 인가되는 교류 전력의 출력 파형은 정현파, 사각파, 톱니파, 램프 펄스파와 같은 주기함수인 것을 특징으로 하는 태양전지 교류 전계발광 화상검사 장치.

【청구항 10】

제8항에 있어서,

상기 전원공급부에서 인가되는 교류 전력은 순방향의 전압 또는 전류와 역방향의 전압 또는 전류를 교대로 출력하는 것을 특징으로 하는 태양전지 교류 전계발광 화상검사 장치.

【청구항 11】

제8항에 있어서,

상기 전원공급부에서 인가되는 교류 출력 파형은 순방향 펄스와 역방향 펄스로 구성되어 순방향 펄스폭과 역방향 펄스폭의 듀티 비율을 조절할 수 있는 사각파 주기함수인 것을 특징으로 하는 태양전지 교류 전계발광 화상검사 장치.

【청구항 12】

제8항에 있어서,

상기 전원공급부에서 인가되는 교류 전력은 주기가 1000 msec 이하인 것을 특징으로 하는 태양전지 교류 전계발광 화상검사 장치.

【청구항 13】

제8항에 있어서,

상기 화상검출부의 카메라는, 측광 파장대역이 가시광선 영역과 근적외선 영역을 포함하는 실리콘계의 1차원 또는 2차원 배열 측광소자를 사용하는 것을 특징으로 하는 태양전지 교류 전계발광 화상검사 장치.

【청구항 14】

제8항에 있어서, 상기 화상처리부는

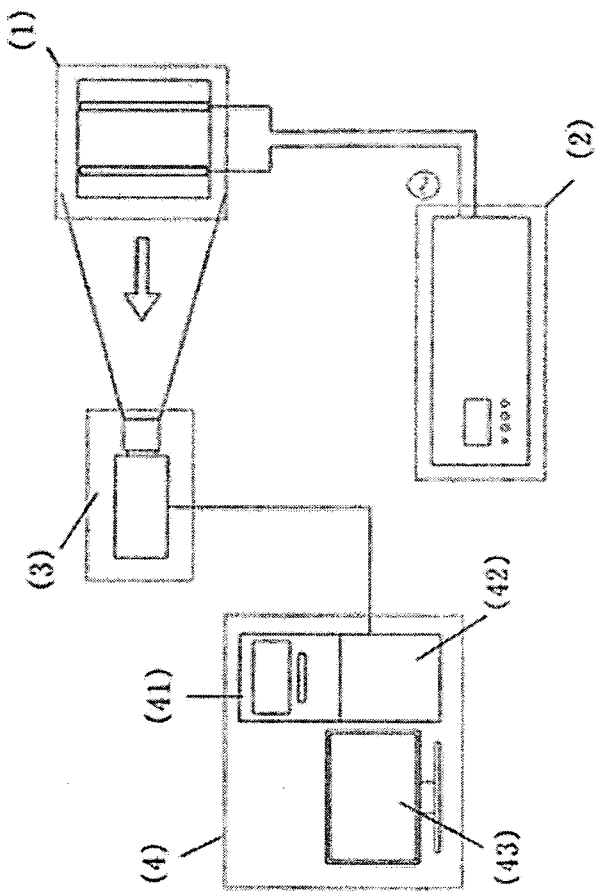
상기 화상검출부로부터 검출된 전계발광 화상을 디지털 화상 데이터로 변환하는 화상데이터 변환수단;

상기 변환된 화상 데이터를 기준 화상 데이터와 비교하여 결함정보를 자동으로 추출하고 상기 결함정보를 분석하여 상기 태양전지 셀 또는 모듈의 품질을 판정하는 결함검출수단; 및

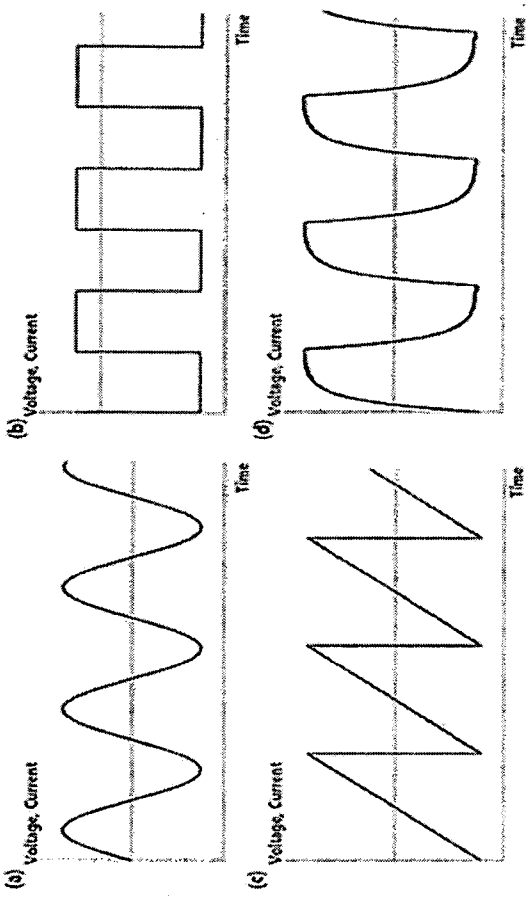
상기 추출된 결함정보와 품질판정 결과를 아날로그 또는 디지털 신호로 출력하는 결함정보출력수단;을 포함하는 태양전지 교류 전계발광 화상검사 장치.

【도면】

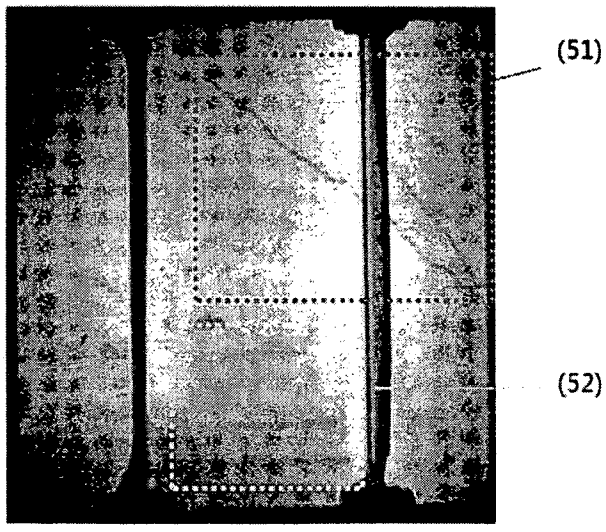
【도 1】



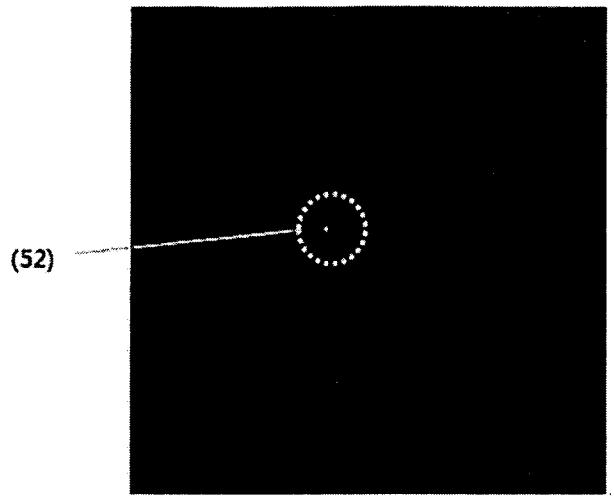
【도 2】


(b) Voltage, Current
Time
(d) Voltage, Current
Time
(a) Voltage, Current
Time
(c) Voltage, Current
Time

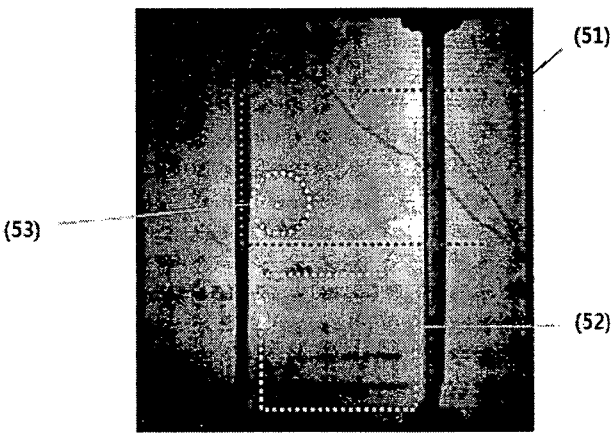
【도 3】


(51)
(52)

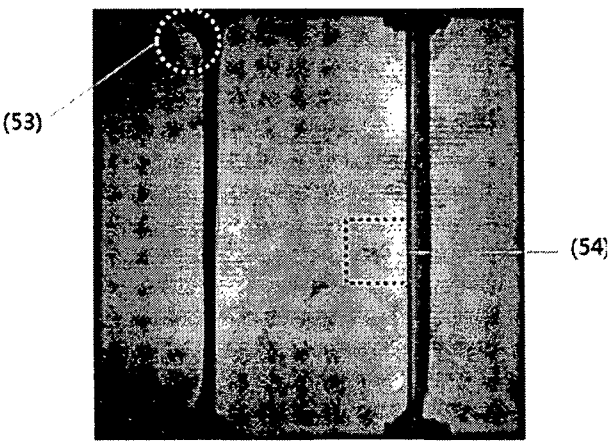
【도 4】



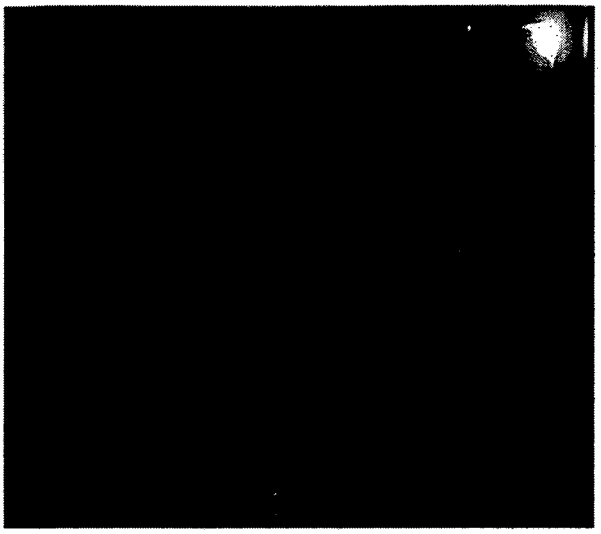
【도 5】



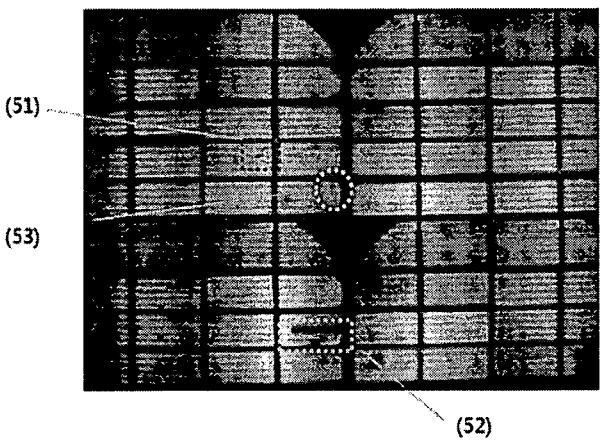
【도 6】



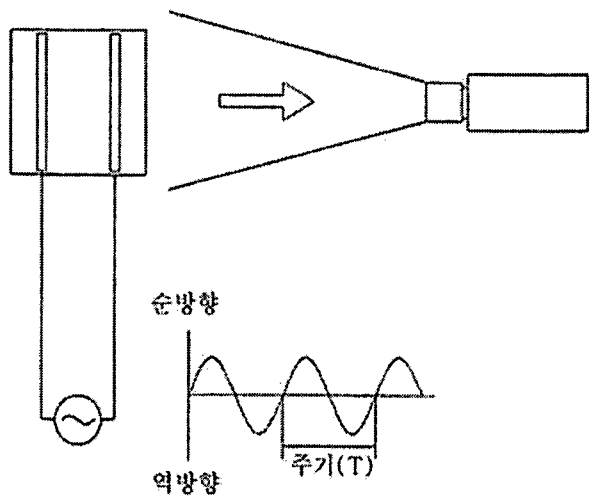
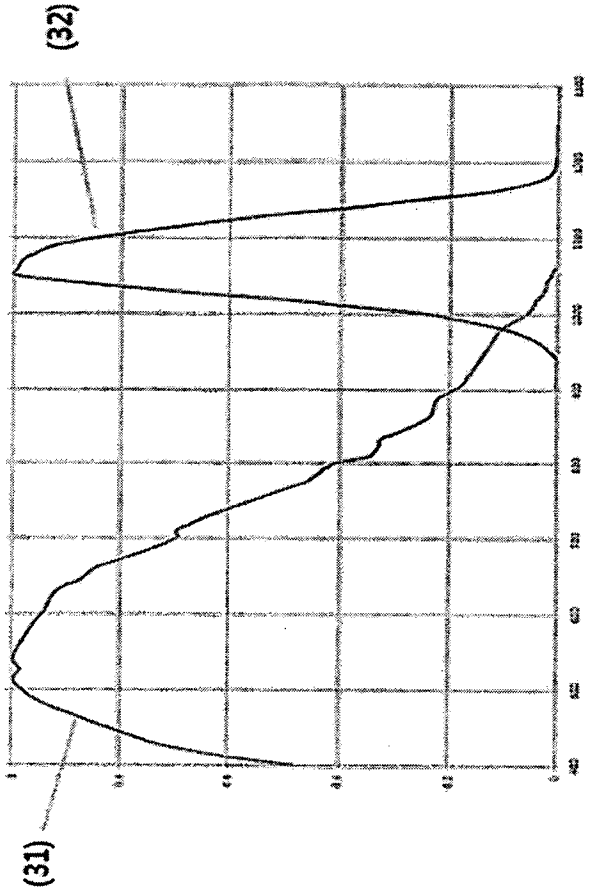
【도 7】



【도 8】



【도 9】



【도 10】