



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0018195
(43) 공개일자 2012년02월29일

- | | |
|---|---|
| <p>(51) Int. Cl. <i>H01L 31/042</i> (2006.01) <i>H01L 31/0352</i> (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2011-7029915</p> <p>(22) 출원일자(국제출원일자) 2010년05월18일 심사청구일자 없음</p> <p>(85) 번역문제출일자 2011년12월14일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/US2010/035231</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2010/135309 국제공개일자 2010년11월25일</p> <p>(30) 우선권주장 12/468,540 2009년05월19일 미국(US)</p> | <p>(71) 출원인 이노바라이트, 잉크. 미국 캘리포니아주 94085 쉐니베일 이스트 아크스 애비뉴 965</p> <p>(72) 발명자 마이젤, 안드레아스 미국 94043 캘리포니아주 마운틴 뷰 시에라 비스타 애비뉴 237 부로우스, 마이클 미국 95014 캘리포니아주 쿠페르티노 스티븐스 크릭 블루바드 아파트먼트 넘버 3 22731 안토니아디스, 호머 미국 94040 캘리포니아주 마운틴 뷰 몬탈토 드라이브 1602</p> <p>(74) 대리인 양영준, 양영환</p> |
|---|---|

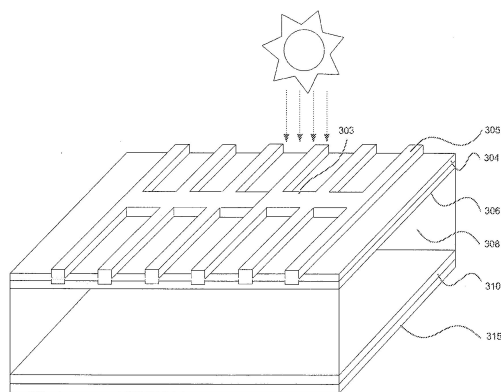
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) **규소 기관 상에 패턴의 집합을 정렬하는 방법 및 장치**

(57) **요약**

본 발명은 기관 표면을 포함하는 기관 상에 패턴의 집합을 정렬하는 방법에 관한 것이다. 본 발명의 방법은, 탄소 원자들의 집합을 포함하는 리간드 분자들의 집합을 포함하는 규소 나노입자들의 집합을 기관 표면 상에 부착하는 단계를 포함하고, 여기서 상기 나노입자들이 부착되는 영역들의 제1 집합이 형성되고, 기관 표면의 나머지 부분들은 영역들의 제2 집합을 형성한다. 또한, 본 발명의 방법은 상기 규소 나노입자들의 집합을 박막으로 치밀화하는 단계를 더 포함하고, 여기서 상기 기관 표면 상에 규소-유기 영역들의 집합이 형성되며, 상기 영역들의 제1 집합은 제1 반사율 값을 가지며, 상기 영역들의 제2 집합은 제2 반사율 값을 갖는다. 또한, 본 발명의 방법은 상기 기관 표면을 조명원으로 조명하는 단계를 더 포함하며, 여기서 상기 제1 반사율 값에 대한 상기 제2 반사율 값의 비는 약 1.1보다 크다.

대표도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

탄소 원자들의 집합을 포함하는 리간드 분자들의 집합을 포함하는 규소 나노입자들의 집합을 기관 표면 상에 부착하는 단계 (여기서, 나노입자들이 부착되는 영역들의 제1 집합 및 나노입자들이 부착되지 않는 영역들의 제2 집합이 형성됨);

규소 나노입자들의 집합을 박막으로 치밀화하는 단계 (여기서, 기관 표면 상에 규소-유기 영역들의 집합이 형성되고, 영역들의 제1 집합은 제1 반사율 값을 가지며, 영역들의 제2 집합은 제2 반사율 값을 가짐); 및

기관 표면을 조명원으로 조명하는 단계

를 포함하며,

여기서 제1 반사율 값에 대한 제2 반사율 값의 비가 약 1.1보다 큰 것인, 기관 표면을 포함하는 기관 상에 패턴의 집합을 정렬하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 조명원이 약 375 nm 내지 약 600 nm 또는 약 700 nm 내지 약 800 nm의 파장을 갖는 것인 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 조명원이 약 470 nm 또는 약 540 nm의 파장을 갖는 것인 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 규소-유기 영역이 규소 원자들의 제2 집합 및 규소 카바이드 원자들의 집합 중 하나를 포함하는 것인 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 기관 표면을 조명하는 단계 이후에, 영역들의 제1 집합과 영역들의 제2 집합 사이에서 반사되는 콘트라스트를 측정하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 규소 나노입자들의 집합을 박막으로 치밀화한 후에 기관 표면 상에 반사방지 코팅을 부착하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 기관 표면이 전면과 후면 중 하나인 방법.

청구항 8

제5항에 있어서, 영역들의 제1 집합과 영역들의 제2 집합 사이에서 반사되는 콘트라스트를 측정하는 단계 이후에, 영역들의 제1 집합 상에 유체를 부착하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 유체가 은 페이스트 및 알루미늄 페이스트 중 하나인 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 기관 표면을 조명원으로 조명하는 단계 이후에,

기관 표면을 약 50 mW/cm² 내지 약 400 mW/cm²의 제1 입사 전력 및 기관 표면 법선 벡터로부터 약 2도 내지 약 20도의 제1 입사 각도로 제1 백색 조명원으로 조명하는 단계; 및

기관 표면을 약 1 mW/cm²의 제2 입사 전력 및 기관 표면 법선 벡터로부터 약 0도 내지 약 85도의 제2 입사 각도로 제2 백색 조명원으로 조명하는 단계

를 더 포함하는 방법.

청구항 11

제9항에 있어서, 기관 표면을 조명원으로 조명하는 단계 이후에,

기관 표면을 약 50 mW/cm² 내지 약 400 mW/cm²의 제1 입사 전력 및 기관 표면 법선 벡터로부터 약 2도 내지 약 20도의 제1 입사 각도로 제1 백색 조명원으로 조명하고, 기관 표면을 약 50 mW/cm² 내지 약 400 mW/cm²의 제2 입사 전력 및 기관 표면 법선 벡터로부터 약 60도 내지 약 80도의 제2 입사 각도로 제2 백색 조명원으로 더 조명하는 단계; 및

기관 표면을 약 1 mW/cm²의 제3 입사 전력 및 기관 표면 법선 벡터로부터 약 0도 내지 약 85도의 입사 각도로 제3 백색 조명원으로 조명하는 단계

를 더 포함하는 방법.

청구항 12

제1항에 있어서, 나노입자가 도핑된 나노입자 및 고유 나노입자 중 하나인 방법.

청구항 13

제1항에 있어서, 나노입자가 붕소 및 인 중 하나로 도핑된 것인 방법.

청구항 14

제5항에 있어서, 반사되는 콘트라스트를 렌즈축을 가진 확산광 센서에 의해 측정하며, 여기서 조명원이 렌즈축에 대하여 실질적으로 평행한 것인 방법.

청구항 15

제1항에 있어서, 영역들의 제1 집합은 높은 도펀트 농도를 갖고 영역들의 제2 집합은 낮은 도펀트 농도를 갖는 것인 방법.

청구항 16

탄소 원자들의 집합을 포함하는 리간드 분자들의 집합을 포함하는 규소 나노입자들의 집합을 기관 표면 상에 부착하기 위한 수단 (여기서, 나노입자들이 부착되는 영역들의 제1 집합 및 나노입자들이 부착되지 않는 영역들의 제2 집합이 형성됨);

규소 나노입자들의 집합을 박막으로 치밀화하기 위한 수단 (여기서, 기관 표면 상에 규소-유기 영역들의 집합이 형성되고, 영역들의 제1 집합은 제1 반사율 값을 가지며, 영역들의 제2 집합은 제2 반사율 값을 가짐); 및

기관 표면을 약 375 nm 내지 약 600 nm 또는 약 700 nm 내지 약 800 nm의 파장으로 조명하기 위한 수단

을 포함하며, 여기서 제1 반사율 값에 대한 제2 반사율 값의 비가 약 1.1보다 큰 것인, 기관 상에 패턴의 집합을 정렬하는 장치.

청구항 17

제16항에 있어서, 영역들의 제1 집합과 영역들의 제2 집합 사이에서 반사되는 콘트라스트를 측정하기 위한 수단을 더 포함하는 장치.

명세서

기술분야

본 출원은 2009년 5월 19일자로 출원된 미국 특허 출원 제12/468,540호에 대한 우선권을 주장하며, 상기 특허 출원은 그 전문이 본원에 참고로 포함된다.

[0001]

배경 기술

[0002] 본 발명은 전반적으로 IV족 반도체에 관한 것이며, 구체적으로 규소 기판 상에 패턴의 집합을 정렬하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 반도체는 현대 전자 산업의 근간을 이룬다. 선택적으로 조절될 수 있고 전도 및 절연 사이에서 조절될 수 있는 물리적 특성을 갖기 때문에, 반도체는 최근 현대 전기 장치(예: 컴퓨터, 휴대폰, 태양광전지 등)에서 필수적이다. IV족 반도체는 일반적으로 주기율표의 4주기의 처음 4개의 원소들, 즉, 탄소, 규소, 게르마늄 및 주석을 말한다.

[0004] 통상적인 것이 아닌 반도체 기법, 예컨대 프린팅 기법을 사용해서 반도체 물질을 부착할 수 있는 가능성은 제작 공정을 간소화시키는 수단을 제공할 수 있으므로, 많은 현대 전기 장치(예: 컴퓨터, 휴대폰, 태양광 전지 등)의 비용을 절감할 수 있다. 페인트중의 안료처럼, 이러한 반도체 물질은 일반적으로 미시적인 입자들, 예컨대 나노입자로서 형성되며, 차후에 기판 상에 부착될 수 있는 콜로이드질 분산액에 임시로 현탁된다.

[0005] 나노입자는 일반적으로 적어도 한 치수가 100 nm 미만인 입자들이다. 크기에 상관없이 일정한 물리적 특성(예: 융점, 비등점, 밀도, 전도도 등)을 갖는 부피가 큰 물질(> 100 nm)과 비교하여, 나노입자는 크기에 의존하는 물리적 특성, 예를 들면 보다 낮은 소결 온도를 가질 수 있다.

[0006] 나노입자는 다양한 기법, 예를 들면 증발(S. Ijima, Jap. J Appl. Phys. 26, 357 (1987)), 기체상 열분해(K. A Littau, P. J. Szajowski, A. J. Muller, A. R. Kortan, L. E. Brus, J Phys. Chem. 97, 1224 (1993)), 기체상 광분해(J. M. Jasinski and F. K. LeGoues, Chem. Mater. 3, 989 (1991);), 전기화학 에칭(V. Petrova-Koch et al., Appl. Phys. Lett. 61, 943 (1992)), 실란과 폴리실란의 플라즈마 분해(H. Takagi et al., Appl. Phys. Lett. 56, 2379 (1990)), 고압 액체상 산화환원 반응(J. R. Heath, Science 258, 1131 (1992)) 등에 의해 제조될 수 있다.

[0007] IV족 반도체 나노입자 물질들의 한 가지 장점은 다양한 IV족 나노입자 잉크를 일련의 기판 물질상에 증착 부착하기 위한 고용량 저비용 공정의 가능성을 제공한다는 점이다. 프린팅 이후에, IV족 반도체 장치, 예를 들면 일련의 광전자 장치, 예컨대 태양광 소자의 적당한 제조 방법을 고용량 공정의 전반적인 목표와 양립하도록 선택하여야 한다.

[0008] 예를 들면, 태양 전지는 태양 에너지를 직접 DC(직류) 전기 에너지로 전환시킨다. 일반적으로 광다이오드로 형성될 경우, 태양 전지는 광을 금속 배선 부근내로 침투시킴으로써 발생된 전하 캐리어(전자 또는 정공(전자가 없음))를 전류로서 추출할 수 있다. 또한, 다른 대부분의 다이오드와 마찬가지로, 광다이오드는 p형 반도체와 n형 반도체를 결합시켜 접합을 형성함으로써 이루어진다. 부동화 및 반사방지 코팅을 부가한 후에, 후면 전계층(back surface field)으로서 작용하는 층과 금속 배선(방사체(emitter) 상의 핑거 및 버스바아(busbar), 및 흡수체의 후면상의 패드)을 부가하여 발생된 전하를 추출할 수 있다. 특히, 방출체 도펀트(dopant) 농도를 캐리어 포집 및 금속 전극과의 접촉에 대해 모두 최적화시켜야 한다.

[0009] 일반적으로, 방사체 영역내의 낮은 농도의 도펀트 원자는 낮은 재조합 (따라서 높은 태양 전지 효율(전기로 전환되는 태양광의 백분율))을 유발하지만, 금속 전극에 대한 전기적 접촉이 열악하다. 반대로, 높은 농도의 도펀트 원자는 높은 재조합(태양 전지 효율 감소)을 유발하지만, 금속 전극에 대한 낮은 저항의 옴 접촉(ohmic contact)을 유발한다. 많은 경우에, 제조 비용을 감소시키기 위해서, 일반적으로 단일 도펀트 확산을 사용해서 방사체를 형성하고, 도핑 농도를 재조합 감소와 옴 접촉 형성 향상 사이의 절충안으로서 선택한다. 결과적으로, 잠재적인 태양 전지 효율이 감소된다.

[0010] 한 가지 해결 수단은 이중 도핑된 또는 선택적인 방사체를 사용하는 것이다. 선택적인 방사체는 낮은 재조합에 대해 최적화된 제1의 광 도핑 영역, 및 낮은 저항 옴 접촉 형성에 대해 최적화된 제2의 고농도 도핑 영역 패턴(동일한 도펀트 유형)을 사용한다. 선택적인 방사체는 일반적으로 여러 차례의 확산 단계와 확산 방지층을 병용해서, 또는 다수의 도펀트 공급원을 사용해서 형성된다. 통상적으로, 이와 같은 영역사이의 주요 변화는 도펀트 원자 농도의 차이이므로, 일반적으로 고농도 도핑 영역과 저농도 도핑 영역 사이에 눈으로 볼 수 있는 콘트라스트(contrast)는 존재하지 않는다. 따라서, 사전에 부착된 고농도 도핑 영역 패턴상에 금속 배선 패턴

을 정렬하는 것이 주요한 기술적 과제이다.

- [0011] 예를 들면, 전반적으로 가시 콘트라스트가 존재하지 않음으로 인해서 금속 배선 패턴 배치의 정확도를 모니터링하거나 잠재적인 축방향 및/또는 각방향 정렬 불량을 검출하기가 어렵다.
- [0012] 마찬가지로, 후면 전극형 태양 전지(back-contact solar cell)에서는, 겹쳐진 금속 배선을 갖는 반대 도핑된 맞물린 고농도 도핑 패턴이 태양 전지의 후면상에 형성된다. 또한, 후면은 맞물린 고농도 도핑된 패턴에 사용된 도펀트중 1종으로 저농도 도핑되어 BSF(후면 전계층)를 형성할 수 있다. 선택적인 방사체와 같이, 고농도 도핑된 영역과 저농도 도핑된 영역 사이의 가시 경계를 확정하기가 곤란하다. 따라서, 이러한 전지 구조에 대한 금속 배선 패턴도 문제가 된다.
- [0013] 통상적인 정렬 방법은 기판 가장자리 정렬 또는 기준 표시에 대한 정렬이다. 기준 표시(또는 기준점)은 패턴 부착 장치, 일반적으로 스크린 프린터 또는 잉크젯 프린터로 하여금, 태양 전지상의 특정한 좌표에 대하여 소정의 패턴을 부착 가능하게 한다. 이와 같은 기준 표시들은 패턴닝하기 전에 독립된 단계에서 배치되므로, 추가의 공구 및 처리 단계를 필요로 한다. 중요한 것은, 각각의 기준점 정렬 단계에서 허용 오차가 가산적이라는 것이다. 즉, 먼저 선택적 방사체 패턴을 특정 허용 오차내에서 기준점에 대해 정한 후에, 역시 다른 허용 오차로 기준점에 대해 배치된 금속 부착을 수행한다. 선택적 방사체에 대한 금속 배선의 정렬을 확보하기 위해서, 이러한 허용 오차가 가산되며, 선택적 방사체 패턴을 금속 패턴보다 크게 구성하여 저농도 도핑 영역에 금속이 접촉하지 않도록 하거나, 어느 정도의 정렬 불량이 허용된다. 각 경우마다, 금속이 저농도 도핑 영역에 접촉할 때의 높은 접촉 저항에 기인하여, 또는 선택적 방사체 패턴을 큰 형상으로 구성하여 금속이 고농도 도핑 영역에 만 접촉하도록 확보할 때의 낮은 전류에 기인하여, 장치 효율 포텐셜의 희생이 따른다. 엄격한 정렬 허용 오차에 의하면 효율을 더 높일 수 있다.
- [0014] 일반적으로, 가장자리 정렬에 의한 두 패턴의 정렬 배치는, 후속하는 부착 단계들 사이에서 기판 배향을 일정하게 유지시킬 것을 필요로 하므로(기판 크기 변화에 의해 유발되는 오차를 최소화하기 위함), 기판 취급을 제한하고 복잡하게 할 수 있다. 더욱이, 후속하는 층들에 상이한 부착 공구를 사용할 경우, 비전 시스템은 일반적으로 모든 계산이 주어진 기판 상의 정확히 동일한 위치를 기준으로 할 것을 필요로 하는데, 이는 고생산량 제조(일반적으로 시간당 1500개 기판 초과)에 있어서 비현실적일 수 있다. 마지막으로, 이상적이지 못한 기판의 기하학적 구조 및 경계가 명확하지 않은 가장자리에 기인하여 정렬 정확도가 낮다.
- [0015] 이러한 점에 비추어, 규소 기판 상에 패턴의 집합을 정렬하는 방법을 제공할 필요가 있는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0016] 한 실시양태에서, 본 발명은 기판 표면을 포함하는 기판 상에 패턴의 집합을 정렬하는 방법에 관한 것이다. 본 발명의 방법은, 탄소 원자들의 집합을 포함하는 리간드 분자들의 집합을 포함하는 규소 나노입자들의 집합을 상기 기판 표면 상에 부착하는 단계를 포함하며, 여기서 상기 나노입자들이 부착되는 영역들의 제1 집합이 형성되고, 기판 표면의 나머지 부분들은 영역들의 제2 집합을 형성한다. 또한, 본 발명의 방법은 상기 규소 나노입자들의 집합을 박막으로 치밀화하는 단계를 포함하며, 여기서 상기 기판 표면 상에 규소-유기 영역들의 집합이 형성되고, 상기 영역들의 제1 집합은 제1 반사율 값을 가지며, 상기 영역들의 제2 집합은 제2 반사율 값을 갖는다. 본 발명의 방법은 상기 기판 표면을 조명원으로 조명하는 단계를 더 포함하고, 여기서 상기 제1 반사율 값에 대한 상기 제2 반사율 값의 비는 약 1.1보다 크다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 이하에서는 첨부 도면에 의거하여 본 발명을 예시하고자 하나, 첨부 도면이 본 발명의 보호범위를 제한하는 것은 아니다. 첨부 도면에서, 유사한 도면 부호들은 유사한 구성 요소를 가리킨다.
- 도 1은 본 발명에 의해 반사방지/부동화 층으로 코팅된 나노입자 박막을 갖는 텍스처(textured) 결정질 규소 기판에 대한 일련의 확산광 반사율 곡선을 간단히 도시한 다이어그램이다.
- 도 2a는 본 발명에 의해 규소 나이트라이드로 코팅된 텍스처 결정질 규소 기판 상의 고농도 도핑 영역 대 저농도 도핑 영역의 반사율의 비를 비교하여 간단히 도시한 다이어그램이다.
- 도 2b는 본 발명에 의해서 유기 규소 나노입자 박막을 먼저 규소 나이트라이드로 코팅된 텍스처 결정질 규소 기판 상에 부착하여 고농도 도핑 영역을 형성한 후에, (부분적으로) 에칭하고, 이어서 규소 나이트라이드 층을 부착한 경우에, 저농도 도핑 영역에 대한 고농도 도핑 영역의 반사율의 비를 비교하여 간단히 도시한 다이어그램

이다.

도 3은 본 발명에 의한 선택적 방사체 및 후면 전계층으로서 작용하는 추가의 층을 갖는 전면 전극형 태양 전지를 간단히 도시한 다이어그램이다.

도 4는 본 발명에 의한 후면 전극형 태양 전지를 간단히 도시한 다이어그램이다.

도 5a는 본 발명에 의해 규소 나노입자 유체를 먼저 부착하고 치밀화한 다음 (부분적으로) 제거한 경우, AES(오거 전자 분광분석(Auger Electro Spectroscopy))에 의해 분석한 피라미드 텍스처 규소 태양 전지 기관의 간단한 다이어그램이다.

도 5b는 본 발명에 의해 부착, 치밀화 및 (부분적)제거를 수행한 후 규소 나노입자 필름 두께에 대한 계조값(gray value) 콘트라스트 비 및 정규화된 효율을 비교하여 도시한 간단한 복합 다이어그램이다.

도 6a 및 도 6b는 본 발명에 의해 결정질 태양 전지 기관 상의 고농도 도핑 영역들의 집합 상에 금속 배선들의 집합을 중첩하기 위한 장치의 간단한 다이어그램들을 도시한 것이다.

도 7은 본 발명에 의해서, 계조값 콘트라스트에 대해 470 nm에서의 반사율의 비를 비교한 간단한 다이어그램이다.

도 8은 본 발명에 의해서, 계조값 콘트라스트에 대해 470 nm에서의 조명 각도를 비교한 간단한 다이어그램이다.

도 9는 본 발명에 의해서 콘트라스트에 대해 조명 파장을 비교한 간단한 다이어그램이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 이하에서는 첨부 도면에 도시된 몇 가지 바람직한 실시양태에 의거하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다. 이하에서, 본 발명의 충분한 이해를 돕기 위해 다수의 구체적인 세부사항들을 게재하였다. 그러나, 당업자라면 구체적인 세부사항중 일부 또는 전부를 사용하지 않고도 본 발명을 실시할 수 있음을 잘 알것이다. 또한, 본 발명이 불필요하게 불명료해지지 않도록 공지된 처리 단계 및/또는 구조들에 관해서는 상세한 설명을 생략하였다.
- [0019] 일반적으로, 전기 에너지로 전환시키는데 이용 가능한 광을 최대화하기 위해서, 반사방지 코팅, 예컨대 규소 나이트라이드를 규소 기관 표면 상에 부착한다. 계면이 형성되어 두 가지 위상반전(out-of-phase) 반사파들이 상쇄되기 때문에, 반사방지 코팅의 두께는 일반적으로 특정한 파장 및 특정한 표면 반사율에 대하여 최적화된다. 또한, 반사를 최소화하도록 규소 기관의 표면을 처리할 수 있다. 표면의 "거칠기"는 반사된 광이 주위 공기 밖으로가 아닌 표면상으로 다시 반사할 기회를 증가시킴으로써 반사를 감소시킨다.
- [0020] 그러나, 전술한 바와 같이, 다중 도핑 접합에서 고농도 도핑 영역과 저농도 도핑 영역 사이에 가시 경계가 일반적으로 없기 때문에 금속 배선들의 정렬이 문제가 된다.
- [0021] 유리한 방식으로, 유기 규소 잉크의 부착에 의해 형성된 제1 고농도 영역과 제2 저농도 도핑 확산 영역 사이에서 특정한 파장 범위내의 반사율을 측정함으로써, 후속하는 패턴, 예컨대 금속 배선들의 집합을 각각의 태양 전지 기관에 대해 최적화된 방식으로 부착시킬 수 있다. 더욱 구체적으로, 고농도 도핑 영역과 저농도 도핑 영역을 둘다 갖는 태양 전지 기관의 부분들을 디지털 이미징하여 그레이 스케일(gray scale) 이미지를 형성할 수 있다. 이어서, 이러한 그레이 스케일 이미지를 거의 유사한 도펀트 농도를 갖는 공통 영역들로 구획할 수 있다.
- [0022] 예를 들면, 고농도 도핑 영역을 형성하는 한 방법에서, 규소 나노입자들의 집합을 먼저 일련의 유기 용매들에 분산시키고, 패턴으로 부착하고, 치밀화하여 박막을 형성한 다음, 반사방지 코팅을 부착하기에 앞서 (부분적으로) 제거한다. 부착된 규소 나노입자들은 표준 도펀트 확산 공정, 예컨대 고온에서 POCl_3 에 노출시키는 공정을 병용할 경우, 다중 도핑된 접합을 형성할 수 있다. 태양 전지 기관은 일반적으로 대략 800°C 내지 900°C 까지 가열된다. 이어서, 발포장치를 통해 질소를 유동시켜서 POCl_3 에 대한 캐리어 가스를 형성한다. 형성된 기체상 POCl_3 는 O_2 와 혼합된 후에 태양 전지 기관 표면 상에 $\text{PSG}(\text{P}_2\text{O}_5)$ 를 부착하고, 이어서 인 원자들을 생성하여 인 원자들이 태양 전지 기관 표면 상에 형성된 SiO_2 및 결정 Si 격자내로 확산한다. 이어서, SiO_2 를 플루오르화수소산(HF) 수용액 및/또는 암모늄 플루오라이드(NH_4F) 함유 용액에 의해 선택적으로 에칭할 수 있다.
- [0023] 규소 기관 표면 상에 나노입자의 층을 부착하는 한 방법은 콜로이드질 분산액(잉크) 또는 페이스트의 사용을 통해서 부착하는 것이다. 일반적으로, IV족 나노입자들의 콜로이드질 분산액을 사용할 수 있는데, 그 이유는 입

자 표면과 용매와의 상호작용이 밀도차를 극복할만큼 충분히 강해서, 대개 액체에 가라앉거나 부유하는 물질을 형성하기 때문이다. 다시 말해서, 작은 나노입자들은 큰 나노입자들보다 더욱 용이하게 분산한다. 일반적으로, 입자 하중량은 대략 3 중량%일 수 있다. 이와는 달리, 입자 하중량이 약 10 중량%를 넘어 상당히 증가할 경우, 콜로이드질 분산액은 고점성 잉크 또는 페이스트로 증점된다.

- [0024] 일반적으로, IV족 나노입자들은 진공하에 또는 비활성의 실질적으로 산소가 없는 환경하에 콜로이드질 분산액으로 전이된다. 또한, 입자 분산 방법 및 장비, 예컨대 초음파 처리, 고전단 믹서 및 고압/고전단 균질화기를 사용해서 선택된 유기 용매 또는 용매들의 혼합물, 즉, 탄소 분자들을 함유하는 혼합물에 나노입자들을 용이하게 분산시킬 수 있다.
- [0025] 용매의 예로서는, 알콜, 알데히드, 케톤, 카르복실산, 에스테르, 아민, 유기실록산, 할로젠화 탄화수소, 및 기타 탄화수소 용매를 들 수 있다. 또한, 용매들을 혼합하여 점도, 밀도, 극성 등과 같은 물리적 특성을 최적화할 수 있다.
- [0026] 또한, IV족 나노입자들을 콜로이드질 분산액에 잘 분산시키기 위해서, 유기 화합물, 예컨대 알콜, 알데히드, 케톤, 카르복실산, 에스테르 및 아민뿐만 아니라 유기실록산을 첨가하여 나노입자 캡핑(capping) 기를 형성할 수 있다. 다른 방법으로, 기체를 플라즈마 챔버내로 첨가함으로써 캡핑기를 동일계상에서 첨가할 수 있다. 이러한 캡핑기는 차후에 소결 공정에서, 또는 소결 공정 직전 저온 예열시에 제거될 수 있다.
- [0027] 예를 들면, 캡핑된 IV족 반도체 나노입자의 제조에 사용하는데 적합한 부피가 큰 캡핑제로서는 C4-C8 분지쇄 알콜, 시클릭 알콜, 알데히드, 및 케톤, 예컨대 tert-부탄올, 이소부탄올, 시클로헥산올, 메틸시클로헥산올, 부탄알, 이소부탄알, 시클로헥산올, 및 유기실록산, 예컨대 메톡시(트리스(트리메틸실릴)실란)(MTMSS), 트리스(트리메틸실릴)실란(TMSS), 데카메틸테트라실록산(DMTS), 및 트리메틸메톡시실란(TMOS)을 들 수 있다.
- [0028] 일단 제제화된 후에, 콜로이드질 분산액을 기관에 도포하고 열처리하여 IV족 나노입자를 치밀화된 전도성 필름으로 소결함으로써, 도펀트가 기관내로 확산될 수 있도록 한다. 도포 방법의 예로서는 로울 코팅, 슬롯 다이 코팅, 그라비아 프린팅, 플렉소그래피 드럼 프린팅, 스크린 프린팅, 및 잉크젯 프린팅 방법 등을 들 수 있으나, 이들에 제한되는 것은 아니다.
- [0029] 또한, 도핑된 IV족 나노입자, 도핑되지 않은 IV족 나노입자 및/또는 상이하게 도핑된 IV족 나노입자의 선택적인 혼합에 의해서 다양한 형태의 도핑된 IV족 나노입자 콜로이드질 분산액을 제제화할 수 있다. 예를 들면, 혼합된 IV족 나노입자 콜로이드질 분산액의 다양한 제제를 제조할 수 있으며, 이 때 집합의 특정한 층에 대한 도펀트 농도는 도핑된 IV족 나노입자와 도핑되지 않은 IV족 나노입자를 혼합하여 당해 층에 대한 요건을 달성함으로써 이루어진다. 다른 방법으로, 혼합된 IV족 나노입자 콜로이드질 분산액을 사용해서 기관 결함, 예를 들면 산소 원자의 부동화를 상쇄하여 바람직하지 못한 에너지 상태를 감소시킬 수 있다.
- [0030] 그러나, 전술한 바와 같이, SiO₂를 제거하는데 사용되는 플루오르화수소산(HF) 및/또는 암모늄 플루오라이드(NH₄F) 용액은 Si-Si 결합(규소-규소) 또는 Si-C 결합(규소-탄소)보다 상당히 더 빠르게 Si-O(규소-산소) 결합과 반응하므로, 옥시드가 스트리핑되는 반면 규소와 규소 카바이드가 잔류하게 된다. 결과적으로, 규소-유기 원자 결합(규소 및/또는 규소 카바이드)의 집합들을 포함하는 얇은 비-에피택셜(non-epitaxial) 연속적 또는 불연속적 영역들의 집합이 태양 전지 기관 표면 상에 형성될 수 있다.
- [0031] 특정한 이론을 고수하려는 의도는 아니지만, 본 발명자들은 이러한 얇은 규소-유기 영역들이 다음 두 가지 메카니즘 중 하나에 의해서 고농도 도핑 영역의 반사율을 변경시킨다고 생각한다. 첫째, 규소-유기 잔류물이 없는 영역에 비해서, 얇은 유기층을 첨가하면 당해 지점에서 반사방지 코팅의 두께를 변경시키므로, 차례로 전체적인 고농도 도핑 영역 표면에 대한 반사파 간섭 패턴을 변경시킨다. 둘째, 얇은 규소-유기 잔류물 영역은 기관 표면 상부에 작은 상부구조(superstructure) 패턴을 형성한다. 기관 표면 상에 형태 일치되게 부착하는 경향이 있는 반사방지 코팅도 상부구조 패턴과 합치되는 경향을 가질 것이다. 이러한 상부구조 패턴은 텍스처 표면의 피라미드 각도의 평균 기울기를 변화시킴으로써 전체적인 고농도 도핑 영역의 총 반사 지수를 변경시킨다.
- [0032] 도 1을 참조하면, 본 발명에 의해서 태양 전지에 사용될 수 있는, 반사방지/부동화 층으로 코팅된 나노입자 박막을 갖는 텍스처 결정질 규소 기관에 대한 일련의 확산광 반사율 곡선의 간단한 다이어그램이 도시되어 있다. 입사 파장(102)를 수평축 상에 나타내었고, 측정된 반사율(%) (104)은 종축 상에 나타내었다.
- [0033] 여기서, 결정질 규소 기관을 먼저 황산 용액으로 사전 세정한다. 또한, 반사율을 감소시키기 위해서, 기관을 탈이온수(H₂O), IPA(이소프로판올) 및 KOH(수산화칼륨)의 용액으로 처리함으로써 피라미드 텍스처를 부가한다.

이어서, 규소 기판 상에 규소 나노입자 박막 패턴을 부착시키며, 이것이 차후에 고농도 도핑 영역을 형성한다. 고온에서 비활성 대기하에 건조시킨 후에, 결정질 규소 기판을 전술한 바와 같이 POCl_3 , N_2 및 O_2 의 대기 중에 확산시킨다. 다음에, 잔류하는 PSG(포스포실리케이트) 유리층을 BOE(완충된 옥시드 에칭) 세정 단계에 의해서 제거한다. 또한, PSG와 실질적으로 유사한 화학 조성으로 전환된 규소 나노입자 필름의 부분도 제거될 것이다. 그러나, 전술한 바와 같이, 규소-유기 영역은 남아 있게 된다.

- [0034] 일반적으로, 화학 에칭 기간의 길이가 불충분할 경우(약 30초 미만), 두께가 약 300 nm 내지 1200 nm인 PSG 옥시드가 태양 전지 기판 표면 상에 잔류한다. 따라서, 고농도 도핑된 영역과 저농도 도핑된 영역 사이의 콘트라스트는 패턴을 확정할만큼 충분히 좋은 상태일 수 있지만, 해당하는 태양 전지 효율은 비교적 높은 반사율뿐만 아니라 비전도성 옥시드인 PSG층의 불충분한 제거에 의해 유발되는 높은 직렬 저항에 기인하여 감소된다. 반면에, 화학 에칭 기간이 너무 길 경우(약 1시간 초과), 고농도 도핑 영역과 저농도 도핑 영역 사이의 콘트라스트가 열등하여 금속 배선 정렬 불량 가능성을 증가시킨다. 그러나, 유리한 방식으로, 화학 에칭 기간이 약 1분 내지 약 10분일 경우에는, 두께가 5 nm 내지 400 nm인 규소-유기 함유 영역들이 저농도 도핑 영역에 대한 충분한 반사 콘트라스트로 규소 기판 표면 상에 잔류한다.
- [0035] 다음 단계에서, 반사율을 최소화하고 표면 부동화를 최적화하기 위해서, 규소 나이트라이드(Si_3N_4 및 기타 Si와 N의 비화학양론적 비)의 부동화 층 및 반사방지 코팅을 실란, 암모니아, 질소 및 임의로 수소의 주위 대기하에 규소 기판 상에 부착한다. 여기서, Si_3N_4 층의 반사 지수는 약 1.90 내지 약 2.10 범위이고, 두께는 40 nm 내지 약 120 nm이다.
- [0036] 이어서, 고농도 도핑 영역의 위치를 저농도 도핑 영역에 대한 콘트라스트에 근거하여 확인하고, 부착 장치, 예컨대 스크린 프린터를 사용해서 금속 배선들을 부착한다. 여기서, 텍스처 기판 표면 상에 광을 투영하고, 이어서 확산광을 분석한다. 확산광은 일반적으로 텍스처 규소 기판과 같은 불균일한 표면으로부터의 광의 반사이다. 결과적으로, 반사된 광은 표면 주위의 반구(2π 입체각) 상으로 확산된다.
- [0037] 곡선(110)은 전술한 바와 같이 고농도 도핑 영역을 형성하는데 사용될 수 있는, 두께가 60 nm인 규소 나이트라이드 층으로 코팅되고, 두께 1200 nm의 산화된 규소 나노입자 박막을 갖는 텍스처 규소 기판의 반사율을 도시한 것이다. 470 nm에서 반사율은 18.2%이고 540 nm에서 반사율은 15.9%이다.
- [0038] 곡선(108)은 전술한 바와 같이 고농도 도핑 영역을 형성하는데 사용될 수 있는, 두께가 115 nm인 규소 나이트라이드 층으로 코팅되고, 두께 500 nm의 산화된 규소 나노입자 박막을 갖는 텍스처 규소 기판의 반사율을 도시한 것이다. 470 nm에서 반사율은 9.3%이고 540 nm에서 반사율은 9.7%이다.
- [0039] 곡선(107)은 전술한 바와 같이 고농도 도핑 영역을 형성하는데 사용될 수 있는, 두께가 115 nm인 규소 나이트라이드 층으로 코팅되고, 두께 약 30 nm 미만의 규소 나노입자 박막을 갖는 텍스처 규소 기판의 반사율을 도시한 것이다. 470 nm에서 반사율은 3.4%이고 540 nm에서 반사율은 0.85%이다.
- [0040] 곡선(105)은 전술한 바와 같이 저농도 도핑 영역을 형성하는데 사용될 수 있는, 두께가 115 nm인 규소 나이트라이드 층으로 코팅되고, 규소 나노입자 박막을 갖지 않는 텍스처 규소 기판의 반사율을 도시한 것이다. 470 nm에서 반사율은 ~2.7%이고 540 nm에서 반사율은 ~0.61%이다.
- [0041] 이로부터 알 수 있는 바와 같이, 375 nm 내지 600 nm의 제1 파장 범위(112), 및 700 nm 내지 800 nm의 제2 파장 범위(114)에 대하여, 예리한 반사율 차이가 존재한다. 예를 들면, 곡선(107)의 반사율은 곡선(105)의 반사율과 형태가 유사한데, 곡선(105)은 규소 나이트라이드 층으로만 코팅된 규소 기판을 나타낸 것으로 약간 더 높은 파장쪽으로 이동되어 있다. 특정의 이론을 고수하려는 의도는 아니지만, 본 발명자들은 규소 나이트라이드 층이 약간 더 두껍거나 피라미드 텍스처의 각도가 더 예리할 경우 유사한 결과를 예측할 수 있을 것으로 생각한다.
- [0042] 도 2a를 참조하면, 본 발명에 의해서 텍스처형의 규소 나이트라이드로 코팅된 결정질 규소 기판 상에서 저농도 도핑 영역에 대한 고농도 도핑 영역의 반사율의 비를 비교한 간단한 다이어그램이 도시되어 있다. 입사 파장(202)을 수평축에 나타낸 반면, 저농도 도핑 영역에 대한 고농도 도핑 영역의 반사율 곡선의 비(204)는 종축 상에 나타내었다.
- [0043] 곡선(212)은 두께 60 nm의 규소 나이트라이드 층으로 코팅된 텍스처 규소 기판 상에서 규소 나노입자 박막이 없는 영역에 대하여 두께가 1200 nm인 산화된 규소 나노입자 박막을 갖는 영역의 반사율을 도시한 것이다. 470 nm에서 반사율은 약 9.8%이고 540 nm에서는 약 34.2%이다.

- [0044] 곡선(210)은 두께 115 nm의 규소 나이트라이드 층으로 코팅된 텍스처 규소 기관 상에서 규소 나노입자 박막이 없는 영역에 대하여 두께가 500 nm인 산화된 규소 나노입자 박막을 갖는 영역의 반사율을 도시한 것이다. 470 nm에서 반사율은 4.0이고 540 nm에서는 20.3이다.
- [0045] 곡선(208)은 두께 115 nm의 규소 나이트라이드 층으로 코팅된 텍스처 규소 기관 상에서 규소 나노입자 박막이 없는 영역에 대하여 두께가 약 30 nm인 산화된 규소 나노입자 박막을 갖는 영역 및 규소 나노입자 박막이 없는 영역의 반사율을 도시한 것이다. 470 nm에서 반사율은 1.3이고 540 nm에서는 1.4이다.
- [0046] 도 1에 도시한 바와 같이, 375 nm 내지 600 nm의 제1 파장 범위(112), 및 700 nm 내지 800 nm의 제2 파장 범위(114)에 대하여, 저농도 도핑 영역에 대한 고농도 도핑 영역의 반사율 비가 나머지 파장에 대한 것보다 현저하게 더 커서, 파장 범위(112)에 대하여 더 높은 콘트라스트를 유발한다. 1.3 미만의 콘트라스트를 유발하는 파장, 예를 들면 태양 전지 제조에 가장 흔하게 사용되는 620 nm 내지 680 nm의 파장을 피해야 한다.
- [0047] 도 2b를 참조하면, 본 발명에 의해서 유기 규소 나노입자 박막을 먼저 부착하여 고농도 도핑 영역을 형성한 후에, 전술한 바와 같이 2분 동안 (부분적으로) 에칭하고, 이어서 규소 나이트라이드 층을 부착한 경우에, 저농도 도핑 영역에 대하여 고농도 도핑 영역의 반사율의 비를 비교하여 간단히 도시한 다이어그램이다. 입사 파장(202)을 수평축 상에 나타낸 반면, 반사율(214)은 종축 상에 나타내었다. 이를 통해 알 수 있는 바와 같이, 375 nm 내지 600 nm의 제1 파장 범위(112), 및 700 nm 내지 800 nm의 제2 파장 범위(114)에 대하여 예리한 반사율의 차이가 존재한다.
- [0048] 도 3을 참조하면, 후면 전계층(BSF)으로서 작용하는 추가의 층 및 선택적인 방사체를 갖는 전면 전극형 태양 전지의 간단한 다이어그램이 도시되어 있다. 전술한 바와 같이, 통상적인 태양 전지에서는, 고농도 도핑 방사체 영역과 저농도 도핑 방사체 영역 사이에 가시 경계를 확인하기가 곤란하므로, 금속 배선의 집합을 정렬 부착하기가 곤란하다.
- [0049] 방사체(306)는 p형(예: 붕소 도핑) 또는 n형(예: 인 도핑)일 수 있으며, 다양한 방법에 의해 형성될 수 있고, 그 방법의 예로서는 기체상 확산(예: POCl_3 기체를 인 공급원으로서 사용하거나 BBr_3 를 붕소 공급원으로서 사용), 고체 공급원 확산, 또는 일반적으로 인산과 같은 액상 도펀트 공급원을 사용하는 인라인(inline) 공정을 들 수 있으나, 이들에 제한되는 것은 아니다.
- [0050] 방사체(306)(일반적으로 반사방지 코팅(304)에 의해 코팅됨) 상부에는 전면 금속 배선이 존재하며, 이것은 핑거(305)의 집합(여기서는 폭이 약 130 μm 인 은) 및 버스바(303)의 집합(여기서는 폭이 약 1500 μm 인 은)을 포함한다. 일반적으로, 상기 전면 금속 배선은 유리 프린팅이 첨가된 은 페이스트로 만들어져서, 광이 흡수될 때 규소 기관(308)에서 발생하는 전하 캐리어(여기서는 전자)를 추출하도록 최적화된다. 또한, 전면 금속 배선도 일반적으로 감소된 수평 표면적(따라서 음영에 기인한 손실을 극소화하여 발생 전류를 감소시킴), 및 증가된 횡단면 부피(따라서 장치의 직렬 저항을 감소시켜서 장치의 효율을 증가시키는 경향이 있음)를 갖도록 형성된다.
- [0051] 일반적으로, 미처리된 규소 기관은 입사광의 30% 이상을 반사하는 경우가 많다. 따라서, 이러한 반사되는 에너지를 감소시킴으로써 직접적으로 효율을 향상시키기 위해, 규소 기관을 일반적으로 텍스처화하며 반사방지 코팅(304)(예: 규소 나이트라이드(Si_3N_4) 등)으로 최적화한다. 또한, 반사방지 코팅(304)도 방사체(306)의 표면 부동화에 도움을 주며, 두 가지 모두 외부 공급원으로부터의 기관 체적의 오염의 영향을 감소시킬뿐만 아니라 불포화 Si 결합들이나 도핑된 기관(308) 표면내의 결합에 의해 유발되는 소수 캐리어 재조합을 상당히 감소시킨다.
- [0052] 또한, 규소 기관(308)의 후면상에는 고농도 도핑 영역(기관과 동일한 유형)이 존재하는 경우가 많으며, 이것이 BSF(후면 전계층)(310)을 생성한다. 후면 재조합의 영향을 감소시킴으로써, 적절하게 형성된 BSF는 후면에 근접하여 발생된 소수 캐리어들을 접근하지 못하도록 하여, 기관 흡수체에 소수 캐리어 농도를 증가시키고 장치 효율을 증가시킨다. 예를 들면, Al(알루미늄) 또는 B(붕소)를 p형 기관에 첨가하여 BSF 층을 형성할 수 있다. 대조적으로, n형 기관의 경우에는, P(인)을 첨가하여 BSF 층을 형성할 수 있다. 또한, 일반적으로 은(Ag) 또는 은/알루미늄 패드를 후면에 삽입하여 모듈내로의 배선에 대한 납땀을 용이하게 한다.
- [0053] 도 4를 참조하면, 본 발명에 의한 후면 전극형 태양 전지의 간단한 다이어그램이 도시되어 있다. 통상의 형태에서, p형(방사체) 영역들(412)의 집합과 n형 기본 배선 영역(416)들의 집합을 n형(인으로 도핑된) 규소 기관(408)내로 확산시킨다. 임의로, 규소 나이트라이드 또는 규소 옥사이드의 표면 부동화 층(410)을 상기 표면의 후면상에 부착시킬 수 있다. 전하 캐리어를 추출하기 위해서, 방사체 금속 배선(402)을 p형 영역들(412)의 집합

상에 부착시키고, 기본 금속 배선(411)을 n형 영역들(416)의 집합 상에 부착시킨다.

[0054] 또한, FSF(전면 전계층) 및 반사방지 코팅(전술한 바와 같음)으로 이루어진 전면 층(404)도 부착시킨다. FSF는 태양 전지의 전면으로부터 소수 캐리어(여기서는 전자)를 접근하지 못하게 하여 전면의 부동화 품질을 향상시킨다는 점에서 BSF와 기능이 유사하다.

[0055] 실시예 1

[0056] 결정질 규소 기판을 먼저 황산 용액중에서 사전 세정한 후에 기판을 H₂O, IPA 및 KOH의 용액으로 처리함으로써 텍스처화하였다. 각각 SC-2(H₂O, HCl(염산) 및 H₂O₂(과산화수소), 피라나(황산(H₂SO₄)과 H₂O₂의 혼합물), BOE 및 H₂O중에서 세정 및 헹굼 단계 이후에, 일련의 유기 용매 중에 4 중량%의 규소 나노입자를 포함하는 규소 나노입자 유체를 결정질 규소 기판 상에 부착하였다. 비활성 대기중에서 3분의 기간 동안 600℃의 온도에서 소성하여 필름을 치밀화하고 용매 분자를 증발시킨 후에, 결정질 규소 기판을 POCl₃, N₂ 및 O₂ 대기를 사용한 확산로에서 약 925℃의 온도하에 약 100분의 기간동안 도펀트 공급원에 노출시켰다. 이어서, 잔류하는 PSG 유리 층을 5분 동안 BOE 세정 단계에 의해서 제거하였다. 이 단계를 수행하는 동안에 규소 나노입자 박막의 두께는 약 1200 nm에서 약 30 nm로 감소되었으며, 규소-유기 잔류물의 층이 뒤에 남았다.

[0057] 다음에, 결정질 규소 기판을 오거 전자 분광분석(AES)를 사용해서 분석하였다. 일반적으로, AES는 표면으로부터 상부 5-10 nm의 구성을 측정하는 기법이다. 에너지 3-20 keV의 입사 전자들은 샘플(여기서는 규소 기판)의 상면에서 원자들로부터 고결합에너지 코어 전자들을 방출하는 경향이 있다. 이어서, 원자를 코어 상태에서 정공내로 낙하하는 저결합에너지 원자가 전자들을 통해 이완시킨다. 이와 같이 정량화된 이완 에너지는 방출되는 전자의 운동 에너지로 전이되어 이를 측정할 수가 있다. 방출되는 전자의 운동 에너지는 당해 전자를 방출한 원소의 특성이므로, 당해 원소를 식별하는데 사용될 수 있다.

[0058] 여기서는, PSG 유리 층 및 부착된 규소 나노입자 박막을 실질적으로 제거하였지만, 다량의 탄소 원자들이 검출되었으며(잔류하는 규소 나노입자와 함께), 이는 결정질 규소 기판 표면의 저농도 도핑 영역에 대한 고농도 도핑 영역의 반사율을 변경시키는데 충분하다.

[0059] 도 5a를 참조하면, AES에 의해 분석한 피라미드 텍스처를 갖는 규소 태양 전지 기판의 간단한 다이어그램이 도시되어 있으며, 여기서는 본 발명에 따라서 규소 나노입자 유체를 먼저 부착하고, 치밀화한 후에, 전술한 바와 같이 (부분적으로) 제거하였다. 일반적으로, 텍스처 규소 태양 전지 기판 표면(502)은 다양한 폭과 높이를 갖는 피라미드 형상을 갖는다. 피라미드 상단(508)의 영역에서, 약 18 원자%의 탄소가 측정되었다. 피라미드 중점(506)에서, 약 15 원자%의 탄소가 측정되었다. 또한, 피라미드 골(504)에서, 약 34 원자%의 탄소가 측정되었다. 약 5 nm의 표면 물질을 Ar를 사용한 이온 분쇄에 의해 제거한 후에, 원래의 탄소 원자 농도의 대략 67%가 여전히 잔류하므로, 이것은 탄소 신호가 유리한 표면 탄소에 기인한 것이 아니며, 표면 탄소가 AES 기법에서 이온 분쇄하기 이전의 탄소 신호에 기여할 수 있음을 입증한다.

[0060] 실시예 2

[0061] 일련의 결정질 규소 기판을 먼저 황산 용액중에서 사전 세정한 후에 기판을 H₂O, IPA 및 KOH의 용액으로 처리함으로써 텍스처화하였다. 각각 SC-2(H₂O, HCl(염산) 및 H₂O₂(과산화수소), 피라나(황산(H₂SO₄)과 H₂O₂의 혼합물), BOE 및 H₂O중에서 세정 및 헹굼 단계 이후에, 일련의 유기 용매 중에 4 중량%의 규소 나노입자를 포함하는 규소 나노입자 유체를 결정질 규소 기판 상에 부착하였다. 비활성 대기중에서 3분의 기간 동안 600℃의 온도에서 소성하여 필름을 치밀화하고 용매 분자를 증발시킨 후에, 결정질 규소 기판을 POCl₃, N₂ 및 O₂ 대기를 사용한 확산로에서 약 925℃의 온도하에 약 100분의 기간동안 도펀트 공급원에 노출시켰다. 이어서, 기판을 다양한 시간의 BOE 세정 단계에 적용하였다. 잔류하는 PSG 유리 층의 제거도 및 치밀화된 규소 나노입자 필름의 두께는 BOE에 대한 노출 시간을 0분 내지 60분으로 변화시킴으로써 조절하였다. 예칭제 노출 시간이 길수록 치밀화 규소 나노입자 필름이 더 얇아지고 PSG 유리 층이 보다 충분하게 제거된 것에 해당한다. 또한, 10분을 초과하는 예칭제 노출 시간은 얇은 규소 나노입자 필름을 실질적으로 제거한다.

[0062] 도 5b를 참조하면, 본 발명에 의해서 부착, 치밀화 및 (부분적) 제거를 수행한 후에 규소 나노입자 필름 두께에 대하여 정규화된 효율 및 470 nm에서의 조명에 대해 얻은 계조값 콘트라스트 비를 비교한 간단한 복합 다이어그램이 도시되어 있다. 정규화된 효율은 예칭제에 노출시키지 않은 치밀화 규소 나노입자 필름의 두께를 사용해서 장치의 효율을 정규화한 태양 전지 효율 값을 의미한다.

- [0063] 일반적으로, 계조값 콘트라스트 비는 당해 확산광 센서 화소의 그레이 스케일 값의 배경 화소의 해당 값에 대한 비에 의해서 정량된다. 계조값은 일반적으로 주어진 단위 시간내에 센서상에 도달하는 적절한 파장을 갖는 광자의 수와 직접 관련이 있다. 확산광 센서에 대한 주어진 구성(즉, 입사각, 조명, 광 파장)에 대하여 보다 높은 반사율을 갖는 태양 전지 기관 표면상의 영역들은 그레이 스케일상에서 보다 높게 존재할 것이다. 고반사율 및 저반사율을 갖는 영역들 사이의 경계(콘트라스트)는 그 차이가 최대일 때 가장 잘 정의된다.
- [0064] 수평축 상에 두께 (510)(nm 단위)를 나타내었고, 470 nm에서의 조명후에 얻은 저농도 도핑 영역에 대한 고농도 도핑 영역의 계조값 콘트라스트 비(514)를 좌측 종축 상에 나타낸 한편, 정규화된 전지 효율(전원 없음 대비 전 원 있음) (512)을 우측 종축 상에 나타내었다. 곡선(516)은 계조값 콘트라스트 비를 두께와 비교한 것인 반면, 곡선(518)은 정규화된 효율을 치밀화 구조 나노입자 필름의 두께와 비교한 것이다. 알 수 있는 바와 같이, 두께가 약 1200 nm에서 약 10 nm로 감소함에 따라서, 정규화된 효율이 증가하는(금속 배선과의 오믹 접촉을 더 잘 형성하는 능력에 기인함) 반면, 저농도 도핑 영역(전술한 바와 같이 얇은 구조 유기 필름 잔류물에 해당함)에 대한 고농도 도핑 영역의 콘트라스트 비는 감소한다.
- [0065] 도 6을 참조하면, 본 발명에 의해서 결정질 태양 전지 기관 상에서 고농도 도핑 영역들의 집합 상에 금속 배선들의 집합을 중첩시키는 장치의 간단한 다이어그램이 도시되어 있다.
- [0066] 먼저, 고농도 도핑 영역들의 집합을 갖는 태양 전지 기관(604), 예컨대 선택적인 방사체 또는 후면 전극형 태양 전지를 기관 유입 이송 장치(603)(예: 컨베이어 벨트 등) 상에 배치한다. 이어서, 태양 전지 기관(604)을 패턴 검출 장치(606)에 배치하여 고농도 도핑 영역들의 패턴내에서 공지의 표식들의 축방향(x 및 y) 및 각방향 위치(θ)를 측정한다. 예를 들어서, 상기 고농도 도핑 영역들의 집합이 버스바와 핑거의 집합으로서 패턴화된 경우, 상기 공지의 표식들의 집합은 경계가 명확한 위치에서 핑거에 대한 버스바의 특이적인 교차점이 될 수 있다. 다른 예로서, 고농도 도핑 영역들의 패턴에 고유한 표식을 부가할 수도 있다. 이러한 표식은 이미지 인식 단계에서 고농도 도핑 영역들이 패턴 내의 고유 형상으로서 사용될 수 있다.
- [0067] 일단 측정된 다음에는, 고농도 도핑 영역들의 집합내의 표식 위치를 금속 부착 장치(610)(예: 고무롤러(612)를 포함할 수 있는 스크린 프린터)로 전송한다. 태양 전지 기관(604)을 금속 부착 장치(610)에 배치한 후에(여기서는 턴테이블(608) 경유), 금속 부착 장치(610)의 프린팅 스크린을 축방향 및 각방향으로 조정하여 금속 배선들의 집합이 고농도 도핑 영역들의 집합 상에 부착되도록 정렬한다. 고무롤러(612)를 사용해서 금속 배선을 고농도 도핑 영역들의 집합 상에 부착한 후에, 금속 배선들의 집합을 가진 태양 전지 기관(도시 생략)을 기관 배출 이송 장치(611) 상에 배치하며, 여기서 추가의 처리를 위해 기관을 이송할 수 있다.
- [0068] 한 실시양태에서, 기관(604)을 3개의 고분해능 카메라 및 이미지 인식 소프트웨어를 기반으로 하는 어플라이드 매터리얼즈 바시니(Applied Materials Baccini) 스크린 프린터 기기의 패턴 검출 장치(606)에 놓는다. 먼저, 이미지 인식 소프트웨어를 특정한 집합의 패턴 또는 표식을 찾도록 지정한다. 여기서, 이미지 인식 소프트웨어 비전 라이브러리는 코그넥스 비전 프로(Cognex Vision Pro)를 기반으로 하며, 몇 개의 알고리즘, 예컨대 "패턴 매칭(Pattern Matching)", "패트맥스(PatMax)" 및 "패트캐드(PatCAD)"를 기반으로 한다. 처음 두 가지 알고리즘은 얻을 수 있는 최상의 품질의 모델 패턴의 이미지를 기록하고, 그것을 이미지 인식에 사용되는 특징적인 기하학적 형상(즉, 선, 원)으로 처리하는 한편, 마지막 알고리즘은 이상적인 경우의 모델 패턴을 나타내는 CAD 소프트웨어로 발생된 디자인의 로딩을 가능하게 한다.
- [0069] CAD 패턴 알고리즘이 특히 유리할 수 있는데, 그 이유는 상기 알고리즘이 패턴 인식 소프트웨어로 하여금 수동으로 정해진 조사 영역이 아닌 경계가 명확한 CAD 패턴을 찾게 함으로써, 배치 정확도 및 콘트라스트와 패턴 변화에 대한 복원력을 증가시키기 때문이다. 또한, 필요한 스크린 회전의 계산을 위해서, 일반적으로 전체 패턴의 중심에 대한 각각의 조사 영역의 중심 좌표를 정확히 알아낼 필요가 있다. 유리한 방식으로, 상기 좌표는 CAD 패턴에 대하여 용이하게 정의되는 반면에, 나머지 알고리즘 및 조사 영역의 수동 선택에 의하면 중심 좌표를 추정해야 하므로 추가의 배치 오차를 유발하게 된다.
- [0070] 일반적으로, 식별을 위해서, 패턴들의 집합은 상기 비전 시스템에 사용된 각각의 카메라의 시야내에 위치하도록 선택되어야 한다. 패턴 인식은 일반적으로 상기 패턴 내부의 고유한 형상의 이용 가능성을 필요로 하며, 상기 형상은 x방향과 y방향으로 뚜렷한 위치를 한정한다. 상기 형상은 제1 패턴 자체에 함유되거나, 장치 성능에 영향을 미치는 일 없이 고유한 정렬 형상으로서 부가될 수 있다. 이어서, 유리한 방식으로, 태양 전지 기관을 약 375 nm 내지 약 600 nm, 700 nm 내지 800 nm, 가장 바람직하게는 470 nm 또는 540 nm의 파장하에 조명한다.
- [0071] 본 발명자들은 이와 같은 파장 범위가 결정질 태양 전지 기관의 저농도 도핑 영역(배경)에 대한 고농도 도핑 영

역의 최대 콘트라스트에 최적화된 것으로 생각한다. 얻을 수 있는 계조값 콘트라스트 및 반사율은 540 nm인 경우보다 더 높지만(도 7 참조), 통상적인 용도에서, 기관 텍스처링 및 반사방지 코팅은 절대 반사율이 상기 파장에 최소로 근접하도록 최적화된다. 그러므로, 540 nm는 470 nm에 비해 탁월한 콘트라스트 비를 갖지만, 470 nm가 탁월한 신호 대 노이즈(noise) 비를 갖는다. 최적의 실시양태에서는, 이러한 요인들이 유리한 방식으로 기관의 절대 반사율 및 조명도에 따라서 균형을 이룬다. 또한, 녹색 LED의 효율은 일반적으로 청색 LED의 효율보다 낮아서, 470 nm가 바람직한 조명 파장이 된다. 일반적으로, 700 내지 800 nm의 파장도 상당한 콘트라스트를 제공하지만, 통상의 CCD(전하 결합 장치) 카메라가 상기 파장 범위내에서 상당한 감도를 가짐에도 불구하고, 피이크 응답은 일반적으로 500 내지 550 nm에 존재하며, 상기 파장 영역은 덜 유리하다.

[0072] 또한, 조명원의 각도는 확산광 센서로 관찰했을 때 조명원이 최대 콘트라스트에 대해 최적화되도록 조정할 수 있다. 이러한 구성에서, 확산광 센서의 렌즈 축에 대한 조명원의 수직 배향이 최선의 결과를 제공하지만, 다른 실시양태에서는 (기관 표면, 확산 특성 등에 따라서) 상기 각도가 기관 표면에 대해 90도 내에서 달라질 수 있다.

[0073] 확산광 센서의 각도는 확산광 센서가 태양 전지 기관 상의 저농도 도핑 영역에 대한 고농도 도핑 영역의 최대 콘트라스트를 얻는데 최적화되도록 조정될 수 있다. 이러한 실시양태에서, 기관 표면에 대해 광 센서가 실질적으로 수직 배향되는 것이 최선의 결과를 제공하지만, 다른 실시양태에서는 (기관 표면, 확산 특성 등에 따라) 각도가 기관 표면에 대하여 90도까지 달라질 수 있다.

[0074] 또한, 조명원의 강도는 충분한 콘트라스트를 얻도록 조정할 수 있다. 이러한 실시양태에서, 470 nm의 청색 LED의 4개의 직선형 바아가 각각의 바아에 4x96개의 LED로 조정 가능한 총 광 강도 최대 15.5W로 사용되고 있다. 녹색 컬러 필터로 덮인 백색 LED의 유사한 직선형 바아를 사용해서 540 nm에서 조명을 생성하고 있다. 다른 실시양태에서, 각각의 카메라 렌즈 주위의 환형 조명원 및 동축 조명을 기능성 대안으로서 사용할 수 있는데, 그 이유는 두 가지가 기관 법선 평면에 거의 평행한 입사광 및 반사광 경로를 유지하기 때문이다.

[0075] 일반적으로, 확산 광 센서는 적절한 조명원의 파장에 대하여 감수성을 갖도록 선택된다. 이러한 실시양태에서, 비디오 카메라를 적절한 CCD 칩과 함께 사용한다. 해상도는 정렬에 사용된 패턴의 모든 관련 형상들을 해상하기에 충분할 필요가 있다. 시야 범위는 정렬에 사용된 패턴의 모든 관련 형상들을 이미지화할만큼 충분히 클 필요가 있다. 이러한 실시양태에서, 소니(SONY) XCD-SX90 CCD 카메라를 탐론(Tamron) 렌즈 CCTV 21HA(초점 길이 50 mm)와 함께 사용하였다. 해상도는 1280 x 960 화소였다. 시야 범위는 대략 155 mm의 작동 거리에서 약 20 mm x 15 mm였다. 조명원의 파장 범위에 대해 최적화된 밴드 패스 필터(band pass filter)를 사용해서 배경광을 여과 제거하여 보다 우수한 콘트라스트를 얻을 수 있다.

[0076] 일반적으로, 패턴을 함유하는 기관의 배치 정확도에 대한 요건은 당해 면적이 카메라의 시야 범위내에 존재한다는 것이다. 본 발명의 경우에, 이것은 20 mm x 15 mm의 면적에 해당한다. 이미지 인식에 사용된 형상의 크기는 5 mm X 5 mm이다. 그러므로, 기관을 양 방향에서 ±7.5 mm내에 배치할 수 있다.

[0077] 일반적으로, 비전 시스템 소프트웨어는 기록된 이미지에서 당해 모델 패턴을 검출하기 위해 필요한 파라미터들을 갖는다. 예를 들면, 노출, 휘도, 콘트라스트를 최대 콘트라스트를 얻기 위해 조정할 필요가 있을 수 있다. 일반적으로, 그 값들은 주어진 조명원과 위치, 카메라 유형과 위치, 기관 표면, 패턴 조성 등에 좌우된다. 또한, 그 값들을 그레이 스케일 콘트라스트 비가 패턴 인식이 가능할 정도로 충분히 크도록 더 조정할 수 있다. 이러한 실시양태에서, 성공적인 패턴 인식을 위해서는 상기 비가 1.3보다 클 필요가 있다. 1.1 정도로 낮은 값이 성공적인 패턴 인식을 가능하게 하는데 충분할 수 있다.

[0078] 일반적으로, 비전 소프트웨어는 검출된 이미지에 대한 모델 패턴의 적합 여부를 조사한다. 모델의 기하학적 구속을 조정하여 비대칭 또는 대칭 크기 조정을 할 수 있다. 이러한 실시예에서, 크기조정은 0.8 내지 1.6 사이에서 가능하고, 프린트된 패턴의 패턴 정확도에 따라서 대칭 및 비대칭 크기조정을 사용하였다.

[0079] 또한, 수득치는 기록된 이미지의 이미지 품질에 따라서 조정할 수 있다. 그레이는 일반적으로 그 이상에서 두 영역 사이에서의 전이가 일어날 가능성이 있는 화소의 수로서 정의된다. 또한, 저 콘트라스트 기관은 소프트웨어에서 높은 노출 및 콘트라스트 세팅을 필요로 하므로 선명하지 못한 이미지를 제공한다. 그레이인 조정은 각 경우에 대하여 패턴 인식을 가능하게 할 수 있다. 본 발명의 경우에 세팅은 1 내지 12 범위이다.

[0080] 또한, 특정 각도를 초과하는 회전에 대한 패턴 인식을 배제하기 위해서 각도 조정이 이루어질 필요가 있을 수 있다. 이 경우에, ±10도내의 패턴을 조사하였다.

[0081] 다음 단계에서, 앞서 부착된 패턴에 대한 스크린 병진/회전 및 정렬을 계산한다. 일반적으로, 패턴 정렬을 위

해서, 스크린 병진 및 회전 계산을 위해 2개 이상의 좌표를 정의할 필요가 있지만, 제3의 좌표를 부가하는 것이 정렬 과정의 정확도를 향상시킬 수 있다. 이러한 구성에서, 정렬은 3개의 좌표를 기준으로 한다. 패턴 정렬 계산에 사용된 좌표는 모델 이미지에 의해, 또는 CAD 드로잉에 의해 결정된 모델 패턴의 기하학적 중심으로서 정의된다.

- [0082] 이어서, 기관을 광학 비전 기기(예컨대 광학 현미경 또는 마이크로뷰 버텍스(Micro-Vu Vertex) 320를 사용해서 검사하고, 전술한 바와 같은 표식 형상 각각의 좌표를 측정할 수 있으며, 이어서 이를 공칭 위치로서 소프트웨어에 전송하거나 소프트웨어내로 입력할 수 있다. 일반적으로, 비전 소프트웨어는 이러한 공칭 위치를 이미지 인식 과정에서 측정한 위치와 비교하고 두 패턴의 정렬을 확보하도록 스크린에 대한 병진 및 회전을 계산한다.
- [0083] 이러한 실시예에서, 테스트 샘플을 프린트하고 동일한 비전 기기를 사용해서 검사하였다. 기계적인 파라미터(스크린 위치, 고무롤러 위치 등)에 좌우되는 임의의 잔류 축방향 및 각방향 오프셋(offset)을 비전 소프트웨어에서 보정할 수 있다. 일단 측정한 다음에는, 고농도 도핑 영역의 집합내의 공지의 표식의 위치를 금속 부착 장치(610)에 전송하며, 상기 장치는 전술한 바와 같이 고무롤러(612)를 포함하였다. 이미지 인식 및 패턴 정렬 과정을 위해 셋업 및 파라미터를 조정한 후에, Si₃N₄ 층을 통해 소성되는 은 함유 유리 프린트의 층을 앞서 부착된 고농도 도핑 영역을 한정하는 층의 상부에 프린트하였다. 따라서, 비전 시스템의 가능한 정확도내에서 연속적인 샘플들을 프린트할 수 있다. 여기서, 샘플간 정확도는 ±16μm보다 우수한 것으로 밝혀졌다.
- [0084] 과량의 용매를 제거하기 위한 제1 건조 단계 이후에, 전지의 배면에 Ag/Al 배선층을 프린트하고, 한번 더 건조 단계를 수행한 후에, 알루미늄으로 이루어진 BSF 층을 프린트하였다. 이어서, 태양 전지 기관(604)을 제3 건조 단계에서 처리한 후에, 전지를 벨트로에서 동시 소성함으로써 배선 형성을 수행할 수 있다.
- [0085] 다음에, 결정질 태양 전지 기관을 태양 전지 기관 가장자리 분리 장치에 의해 처리하였으며, 상기 장치는 일반적으로 레이저를 포함하고, 상기 레이저에 의해서 방사체 층을 완전히 관통하여 홈이 연속적으로 새겨진다.
- [0086] 임의로, 실제 금속 부착의 품질을 조사하기 위해서, 고농도 도핑 영역 패턴에 대한 부착된 금속 패턴의 정렬을 확인할 수 있다. 일반적으로, 금속 부착 장치(610)(여기서는 고무롤러(612))의 부착 메카니즘은 초기의 공지된 위치 및 각도로 물리적으로 정렬 및 배치되는 것이어야 한다. 차후에 상기 금속 부착 장치(610)은 시야 소프트웨어에서 유래한 패턴 정보에 따라 상기 위치 및 각도로부터 오프셋을 수행하여 실제로 금속을 고농도 도핑 영역상에 부착한다. 그러나, 실제 위치 및 각도는 제조 조건, 예컨대 마모 및 온도 변동에 기인하여 달라지는 경향이 있으며, 이로써 형성되는 부착 패턴의 위치를 이동시킨다. 일반적으로, 제조하는 동안에 ±5 μm내에서 기계 오프셋 변화 속도의 2배 이상인 속도로 패턴 정렬을 분석하는 것이 바람직하다.
- [0087] 유리한 방식으로, 비전 장치, 예컨대 마이크로뷰 버텍스를 사용해서, 부착된 금속과 고농도 도핑 영역 사이의 실제 이동을 광원의 조명 각도 및 강도를 변화시킴으로써 자동으로 측정할 수 있다. 예를 들면, 마이크로뷰 버텍스는 최대 콘트라스트를 제공하도록 최적화된 광원을 투영한다. 이러한 실시양태에서, 비전 시스템의 표준 적색 광원을 백색 LED로 대체하였으며, 백색 LED는 600 nm 미만, 특히 470 nm 및 540 nm 범위의 필수 파장에 강하게 기여하는 경향이 있다.
- [0088] 여기서, 기관 표면을 약 50 mW/cm² 내지 약 400 mW/cm²의 입사 전력 및 기관 표면 법선 벡터로부터 2-20도의 각도로 제1 백색 조명원으로 조명하여 고농도 도핑 영역의 공지의 표식을 검출하였다. 또한, 실험을 통해서 가변적인 각도의 링 조명을 사용하는 자동화된 비전 기기에 대하여 고농도 도핑 영역의 검출이 기관 표면 법선 벡터로부터 60-80도의 입사 각도하에 추가의 광원을 동시에 조명함으로써 향상될 수 있는지 여부를 확인하였다. 이어서, 기관 표면을 약 1 mW/cm² 내지 약 20 mW/cm²의 입사 전력 및 기관 표면 법선 벡터로부터 0-85도의 입사 각도로 광원을 사용해서 조명하여 부착된 금속의 공지의 표식을 검출하였다. 선택적 방사체 패턴 및 금속 배선 둘다로부터 공지의 표식들을 인식한 후에, 선택적 방사체와 금속 배선 패턴 사이의 실제 축방향 및 각방향 위치를 확인할 수 있다.
- [0089] 도 6b를 참조하면, 본 발명에 의한 도 6a의 패턴 검출 장치의 한 실시양태의 간단한 다이어그램이 도시되어 있다. 여기서, 일련의 LED(발광 다이오드) बैं크(624)를 일련의 확산광 검출기(예: 카메라 등)(630A-C) 주위에 배치하였다. 태양 전지 기관(604)을 일련의 LED बैं크(624) 아래에 배치하였을 때, 파장이 약 375 nm 내지 약 600 nm인 광을 기관 표면상으로 투영하였다. 전술한 바와 같이, 불균일한 표면의 태양 전지 기관(604)은 반사광(622)을 확산시킨다. 일련의 확산광 검출기(630A-C) 중 각각의 검출기를 전술한 바와 같이 상응하는 공지의 표식(620A-C)에 대하여 배치하였다. 이러한 실시양태에서, 일련의 LED बैं크(624) 중 각각의 बैं크는 조명 파장이 470 nm이고 최대 강도가 15.5W인 96개의 청색 LED를 가졌다.

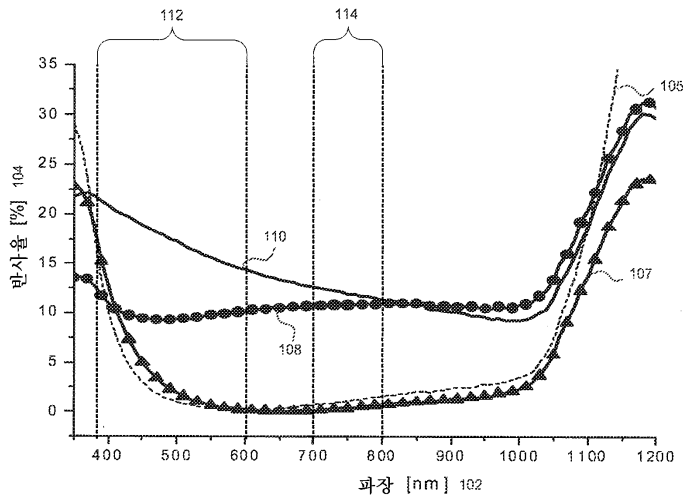
- [0090] 또한, 시스템은 탐론 렌즈 CCTV 21HA(축점 길이 50 mm)를 구비한 확산광 검출기(F30A-C 소니 XCD-SX90 CCD 카메라)를 포함하였다. 각각의 카메라를 해상도 약 1280 x 960 화소, 및 시야 범위 약 20 mm x 15 mm와 작동 거리 약 155 mm로 구성하였다. 또한, 광학 필터를 사용해서 저농도 도핑 영역에 대한 고농도 도핑 영역의 집합의 콘트라스트를 최적화할 수 있다. 경우에 따라서는, 롱 패스, 쇼트 패스 또는 밴드 패스 필터를 사용하는 것이 유리하다. 일반적으로, 이러한 필터들은 조명원의 파장을 통과시키는 반면에, 배경광에 기인하는 파장들은 여과해낼 수 있다. 여기서, 470 nm 밴드 패스 필터를 470 nm 조명에 사용하였다.
- [0091] 도 7을 참조하면, 본 발명에 의해서, 각각 470 nm 및 540 nm에서 조명에 대하여 반사율과 계조값 콘트라스트를 비교한 간단한 다이어그램이 도시되어 있다. 반사율(702)은 수평축 상에 나타내었고, 470 nm에서 계조값 콘트라스트 비(704)는 좌측 종축 상에, 그리고 540nm에서 계조값 콘트라스트 비(706)는 우측 종축 상에 나타내었다. 알 수 있는 바와 같이, 측정된 확산광 이미지상의 두 가지 인접한 화소 사이의 계조값 콘트라스트는 두 화소 사이에서 관찰된 반사율과 직접 관련이 있다.
- [0092] 도 8을 참조하면, 본 발명에 의해서 조명 각도와 계조값 콘트라스트를 비교한 간단한 다이어그램이 도시되어 있다. 일반적으로, 조명 각도는 확산광 센서의 렌즈 축에 대하여 상대적이다. 도 단위의 조명 각도(802)를 종축에 나타낸 반면, 계조값 콘트라스트 비(804)는 종축 상에 나타내었다. 일반적으로, 조명 각도가 약 0.0도일 때 상당히 높은 계조값 콘트라스트 비(1.42)가 관찰된다.
- [0093] 특정의 이론을 고수하려는 의도는 아니지만, 본 발명자들은 규소-유기 영역을 갖는 고농도 도핑 영역에서(특히 피라미드 텍스처를 갖는 표면의 골에서) 광이 주로 법선 방향으로 산란하는 반면에, 저농도 도핑 영역에서는 두드러진 광 산란 방향이 존재하지 않는다고 생각한다. 따라서, 조명 각도가 약 0.0일때 최대 콘트라스트가 측정될 수 있다.
- [0094] 도 9를 참조하면, 본 발명에 의해서 조명 파장과 콘트라스트를 비교한 간단한 다이어그램이 도시되어 있다. 광원 파장(902)은 종축에 나타낸 한편, 계조값 콘트라스트 비(904)는 종축 상에 나타내었다. 알 수 있는 바와 같이, 470 nm 및 540 nm의 파장은 둘다 규소 기관 표면 상에서 고농도 도핑 영역과 저농도 도핑 영역사이에 충분한 콘트라스트를 생성하지만, 반면에 약 655 nm의 파장은 충분한 콘트라스트를 나타내지 않는다. 후자의 파장은 태양 전지 제조에 가장 흔하게 사용되는 스펙트럼 영역에 존재한다.
- [0095] 이상에서 구체적으로 설명한 본 발명은 구체적으로 개시하지 않은 임의의 구성 요소(들), 제한 조건(들) 없이 적당히 실시할 수 있다. 따라서, 예를 들면, 용어 "포함하는", "함유하는", "구성된" 등은 제한이 없이 확장 가능한 의미로 이해하여야 한다. 또, 본 명세서에 사용된 용어와 표현은 설명할 목적으로 사용한 용어로서 제한적이지 않으며, 이와 같은 용어와 표현의 사용이 도시되고 설명한 구성요소 또는 그 일부의 등가물을 배제하고자 하는 의도가 있는 것은 아니고, 본 발명의 보호범위내에서 다양한 변형예를 실시할 수 있음을 알아야 한다.
- [0096] 따라서, 이상에서 바람직한 실시양태에 의해 본 발명을 구체적으로 개시하였지만, 본 발명의 선택적인 실시양태, 변형예, 개선예 및 개조예도 본 발명의 범위내에 포함되는 것으로 이해하여야 한다. 본 명세서에 제공된 물질, 방법 및 실시예는 바람직한 실시양태를 대표하고 예시적인 것이며 본 발명의 보호범위를 제한하려는 의도는 아니다. 예를 들면, 규소 기관은 결정질 기관 및 다결정질 기관을 포함할 수 있다.
- [0097] 당업자가 알 수 있는 바와 같이, 임의의 목적 및 모든 목적에서, 특히 기록된 명세서를 제공하는 측면에서, 개시된 모든 범위는 모든 가능한 하위 범위 및 그러한 하위 범위들의 조합도 포함한다. 제시된 범위는 당해 범위가 적어도 절반, 삼분의 일, 사분의 일, 오분의 일, 십분의 일 등으로 충분히 분할되어 기재 가능한 것으로 파악할 수 있다. 예를 들자면, 제시된 각각의 범위는 작은 쪽 삼분의 일, 중간 삼분의 일 및 큰 쪽 삼분의 일 등으로 분할될 수 있다. 당업자가 알 수 있는 바와 같이, 모든 언어, 예를 들면 "이상", "적어도", "초과", "미만"등은 인용된 수를 포함하는 것이며, 전술한 바와 같이 하위 범위로 분할될 수 있는 범위들도 언급한 것이다.
- [0098] 본 명세서에 인용된 모든 간행물, 특허 출원, 공고된 특허 및 기타 자료들은 각각의 간행물, 특허 출원, 공고된 특허 또는 기타 자료들을 구체적이고 개별적으로 그 전문을 본원에 참고로 포함시킨 것과 같이 참고로 포함된다. 참고로 포함된 내용 중에 포함된 정의는 본 발명에서의 정의와 상충하는 한도까지는 배제하였다.
- [0099] 본 명세서에서 특별한 언급이 없는한 "하나의"는 "하나 이상의"를 의미한다. 인용된 모든 특허, 출원, 참고문헌 및 간행물은 그 각각이 참고로 포함된 것과 같은 정도로 그 전문이 참고로 포함된다. 또한, 단어의 집합은 하나 이상의 항목 또는 객체의 집합을 가리킨다.

[0100] 본 발명의 장점은 패턴의 집합을 규소 기판 상에 정렬하는 방법을 포함한다. 추가의 장점으로는 효율이 증가되고 접촉 저항이 감소된 태양 전지의 제조를 포함한다.

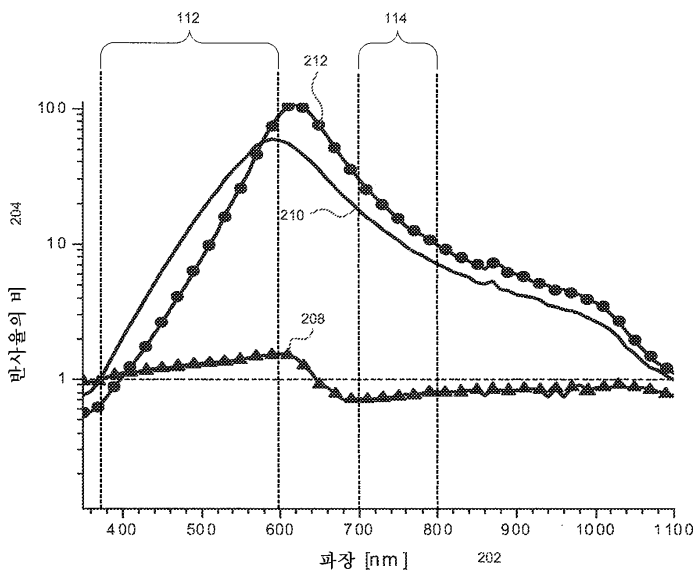
[0101] 이상에서는 예시적인 실시양태와 최선의 방식을 개시하였지만, 첨부된 특허청구의 범위에 의해 정해지는 본 발명의 기술요지 및 기술사상을 유지한 상태로 개시된 실시양태에 대하여 개조에 및 변형예를 실시할 수 있다.

도면

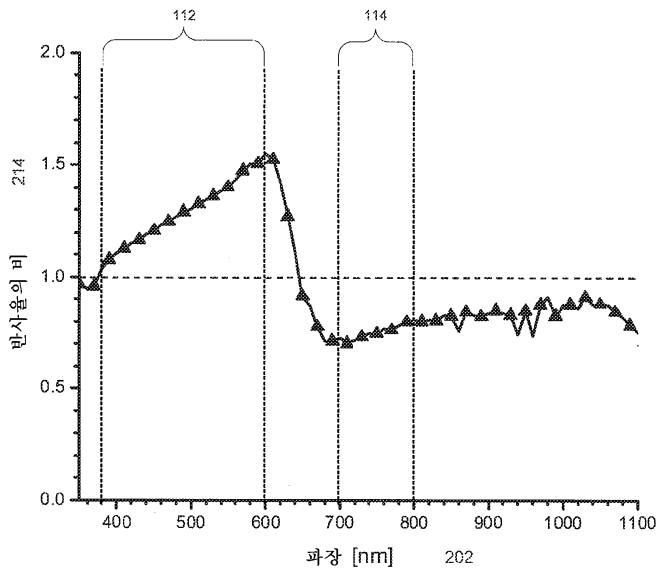
도면1



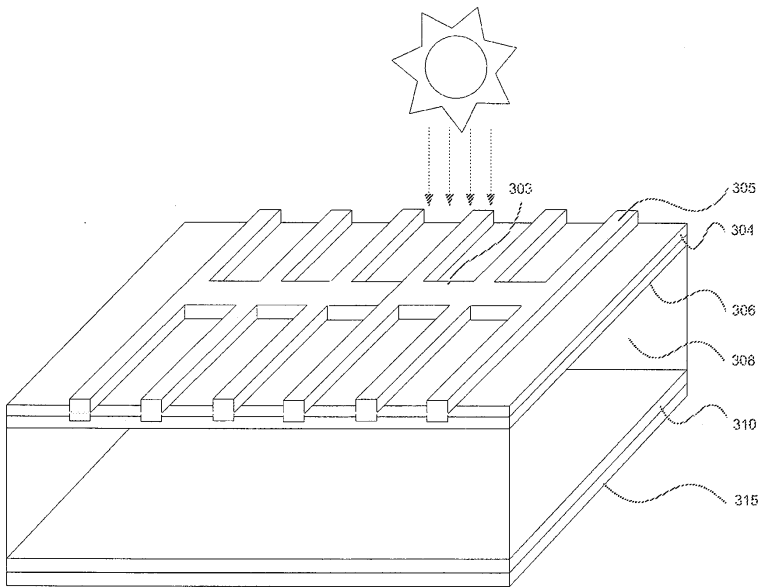
도면2a



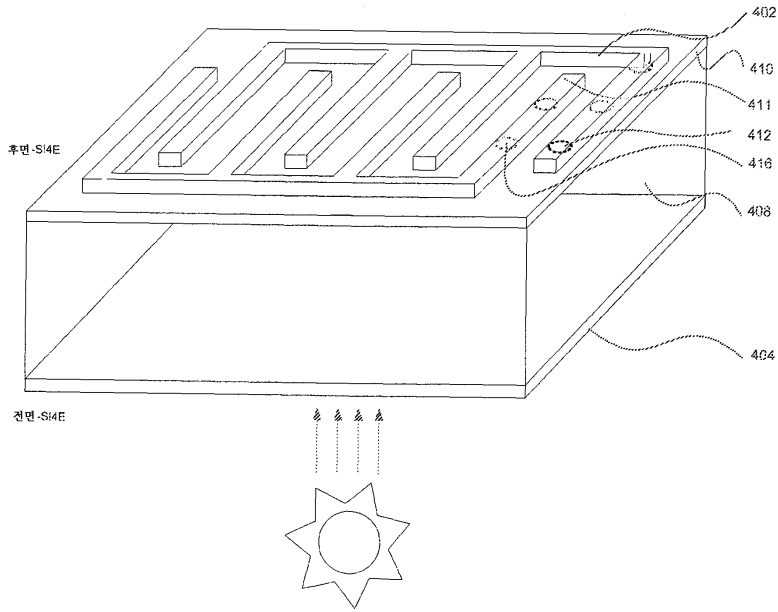
도면2b



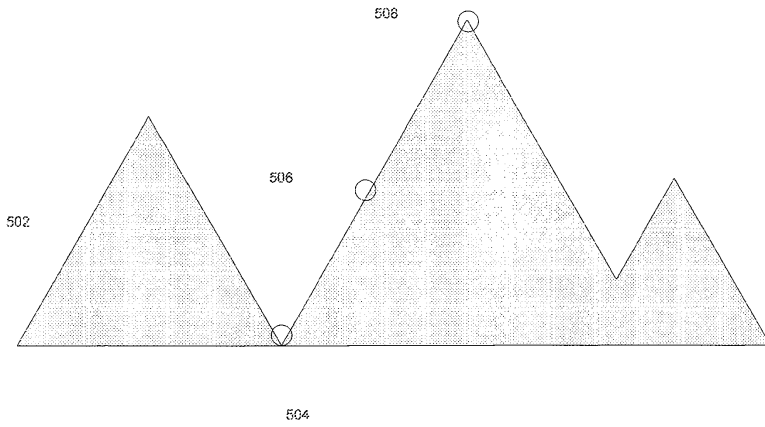
도면3



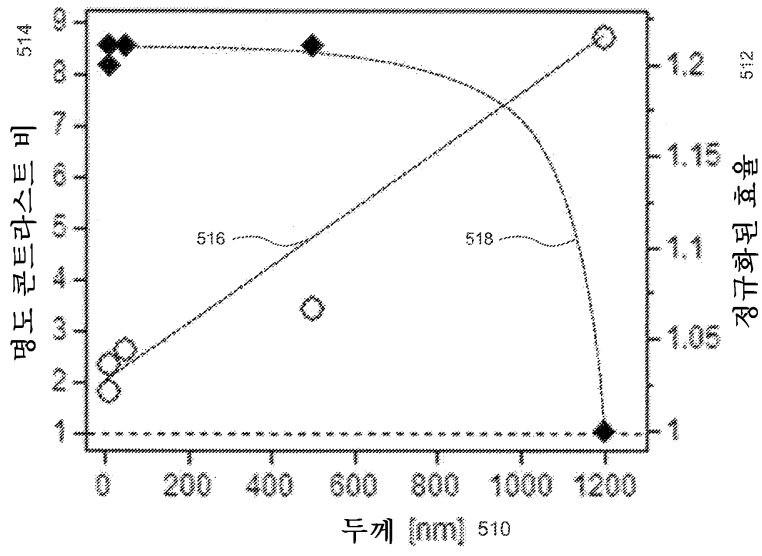
도면4



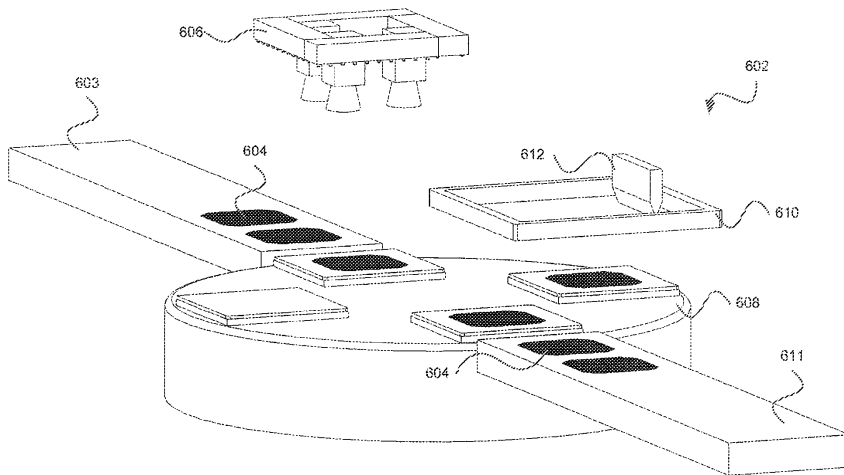
도면5a



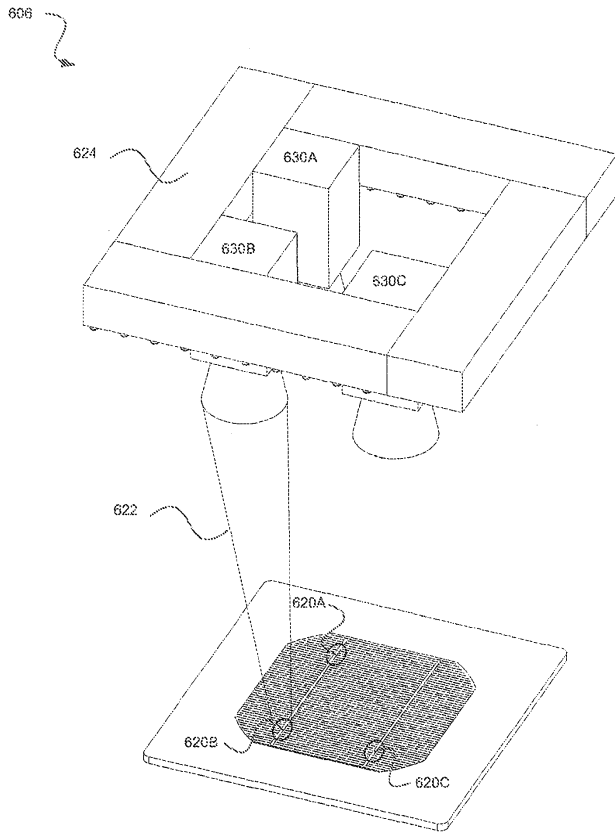
도면5b



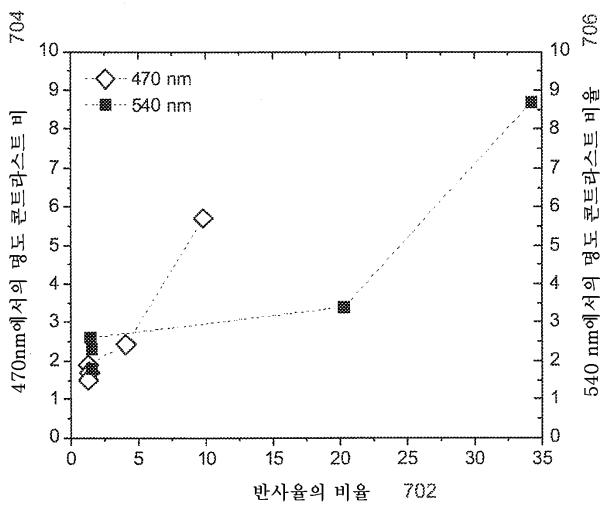
도면6a



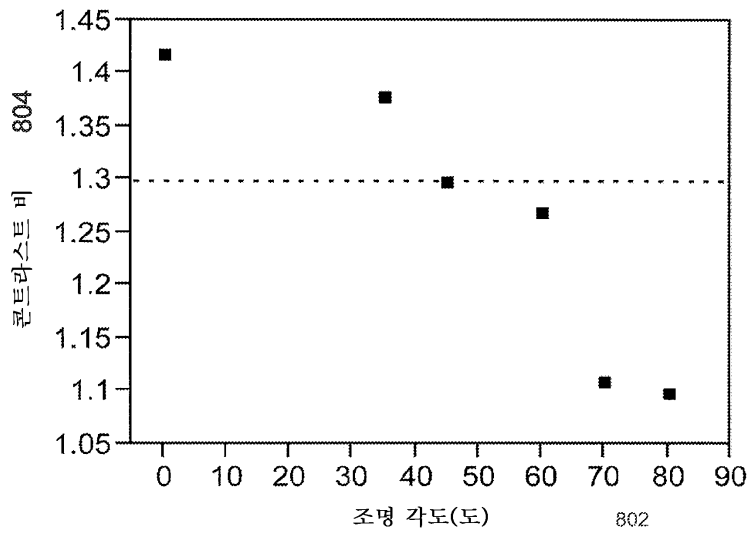
도면6b



도면7



도면8



도면9

