



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0039265
(43) 공개일자 2009년04월22일

(51) Int. Cl.

H01L 31/042 (2006.01) H01L 21/203 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0104803

(22) 출원일자 2007년10월18일

심사청구일자 2007년10월18일

(71) 출원인

한국산업기술평가원(관리부서:요업기술원)

서울 강남구 역삼동 701-7,8,9,10

세종대학교산학협력단

서울 광진구 군자동 98 세종대학교

(72) 발명자

최균

서울 마포구 성산2동 성산시영아파트 33동 208호

이수홍

서울 광진구 군자동 98

(74) 대리인

서만규, 서경민

전체 청구항 수 : 총 10 항

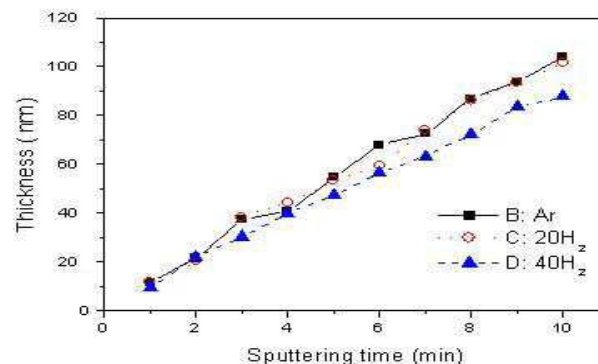
(54) RF 마그네트론 스퍼터링을 이용한 태양전지의 반사방지막 형성방법

(57) 요약

본 발명은 질화 실리콘 타겟과, 알곤 가스 또는 알곤 가스와 수소 가스의 혼합 가스를 이용하여 낮은 흡수율과 적절한 굴절을 및 낮은 표면 조도를 갖는 태양전지의 반사 방지막 형성방법에 관한 것이다.

본 발명의 RF 마그네트론 스퍼터링을 이용한 태양전지의 반사 방지막 형성방법은 태양전지의 수광면에 구비되는 반사 방지막을 형성하는 방법에 있어서, 상기 반사 방지막은 RF 마그네트론 스퍼터링 공정에 의하여 형성되며, 상기 RF 마그네트론 스퍼터링 공정은 타겟 물질이 질화 실리콘이고, 태양전지의 기판 온도가 50℃ 내지 100℃이며, 증착 분위기가 알곤 가스 분위기이며, 증착 압력이 4 mTorr보다 큰 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

태양전지의 수광면에 구비되는 반사 방지막을 형성하는 방법에 있어서,
상기 반사 방지막은 RF 마그네트론 스퍼터링 공정에 의하여 형성되는 질화 실리콘 박막으로 이루어지며,
상기 RF 마그네트론 스퍼터링 공정은
타겟 물질이 질화 실리콘이고, 태양전지의 기판 온도가 50℃ 내지 100℃이며, 증착 분위기가 알곤 가스 분위기이며, 증착 압력이 4 mTorr 보다 큰 것을 특징으로 하는 RF 마그네트론 스퍼터링을 이용한 태양전지의 반사 방지막 형성방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 증착 분위기는 알곤 가스로 이루어지는 것을 특징으로 하는 RF 마그네트론 스퍼터링을 이용한 태양전지의 반사 방지막 형성방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 증착 분위기는 알곤 가스와 수소 가스의 혼합 가스로 이루어지며,
상기 수소 가스의 함량은 부피비로 전체 혼합가스의 부피에 대하여 40 vol%보다 작은 것을 특징으로 하는 RF 마그네트론 스퍼터링을 이용한 태양전지의 반사 방지막 형성방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
상기 반사 방지막은 500nm 내지 600nm의 파장 영역에서 반사율이 10%보다 작은 것을 특징으로 하는 RF 마그네트론 스퍼터링을 이용한 태양전지의 반사 방지막 형성방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
상기 반사 방지막은 굴절율이 2.0 내지 2.4인 것을 특징으로 하는 RF 마그네트론 스퍼터링을 이용한 태양전지의 반사 방지막 형성방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
상기 반사 방지막은 흡수 계수가 0.26보다 작은 것을 특징으로 하는 RF 마그네트론 스퍼터링을 이용한 태양전지의 반사 방지막 형성방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,
상기 반사 방지막은 상기 질화 실리콘 박막의 상면에 형성되는 이산화 실리콘 박막이 더 형성되는 것을 특징으로 하는 RF 마그네트론 스퍼터링을 이용한 태양전지의 반사 방지막 형성방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,
상기 이산화 실리콘 박막이 형성되는 공정의 증착 분위기는 알곤 가스와 산소 가스의 혼합 가스로 이루어지며,

상기 산소 가스의 함량은 부피비로 전체 혼합가스의 부피에 대하여 40 vol%보다 작은 것을 특징으로 하는 RF 마그네트론 스퍼터링을 이용한 태양전지의 반사 방지막 형성방법.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 질화 실리콘 박막의 두께는 80nm 내지 95nm이며, 상기 이산화 실리콘 박막의 두께는 100nm 내지 115nm인 것을 특징으로 하는 RF 마그네트론 스퍼터링을 이용한 태양전지의 반사 방지막 형성방법.

청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 반사 방지막은 파장이 400nm에서 1100nm인 영역에서 평균 반사율이 3%보다 작은 것을 특징으로 하는 RF 마그네트론 스퍼터링을 이용한 태양전지의 반사 방지막 형성방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

<1> 본 발명은 RF 마그네트론 스퍼터링을 이용한 태양전지의 반사 방지막을 형성 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- <2> 태양전지 표면에서의 반사를 최소한으로 하기 위한 반사 방지막 코팅은 태양전지의 전체 효율에 크게 영향을 주게 된다. 일반적으로는 산화규소막이 사용되어 왔으나, 태양전지 표면에서 발생하는 열 이송자(minority carrier)의 재결합을 막기 위한 수단으로 사용되는 수소 비활성화(passivation) 공정을 동시에 진행할 수 있는 질화 실리콘 막이 일부 적용되고 있다.
- <3> 태양전지의 반사 방지막은 낮은 흡수율, 기판과 공기 사이의 적절한 굴절율, 균일한 두께, 낮은 표면조도 등이 요구된다. 상기 질화 실리콘은 2.2 정도의 굴절율을 갖는 것으로 알려져 있으나 이를 화학적으로 증착할 때는 조건과 비화합 양론 특성에 따라 굴절율이 변화되는 것으로 알려져 있다.
- <4> 상기 질화 실리콘의 반사 방지막은 플라즈마 화학증착법(Plasma-enhanced chemical vapor deposition: PECVD)이 주로 적용되고 있다. 상기 플라즈마 화학증착법에 의하면 저저항 p형 실리콘 기판을 사용할 때, 질화 실리콘을 증착하는 과정에서 생성되는 수소 원자 혹은 이온이 표면 비활성화(surface passivation)를 일으켜서 전면 전극의 표면에 존재하는 끊어진 결합을 안정화시키고 이후 열처리 과정에서도 확산을 통하여 체적 비활성화(bulk passivation)를 일으키게 된다. 이와 같은 비활성화 효과는 빛의 흡수로 생성되는 열 이송자인 정공의 소멸 혹은 퇴화를 막아서 태양전지의 효율을 재고시키게 된다.
- <5> 상기 반사 방지막은 스퍼터링에 의하여 형성될 수 있는데 이러한 경우에는 분위기 조절을 통해 산화막과 질화막으로 구성된 이중 반사방지막을 간단하게 구성할 수 있는 장점이 있다. 반면에 스텝 커버리지(step coverage)가 나빠서 텍스처링 후 산과 골의 표면에 증착되는 막의 두께가 달라질 수 있다.
- <6> 한편, 상기 반사 방지막은 반사율을 감소시키기 위하여 2층 구조로 형성될 수 있다. 2층 구조로 형성되는 반사 방지막은 특히, 층간의 굴절율 비율, 각 층의 두께와 광학적 특성의 균일성이 태양전지의 특성을 위하여 요구된다. 일반적으로 반사 방지막이 2층 구조로 형성되는 경우에는 MgF_2 와 실리콘 질화막의 이중구조로 형성된다. 그러나, MgF_2 막은 실리콘 질화막과 달리 MgF_2 타겟을 사용해야 하므로 하나의 공정에서 2층 구조를 형성하는 것이 어렵게 된다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<7> 본 발명은 질화 실리콘 타겟과, 알곤 가스 또는 알곤 가스와 수소 가스의 혼합 가스를 이용하여 낮은 흡수율과

적절한 굴절을 및 낮은 표면 조도를 갖는 RF 마그네트론 스퍼터링을 이용한 태양전지의 반사 방지막 형성방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

- <8> 또한, 본 발명은 하나의 공정에서 형성되며, 반사율이 낮은 2층 구조의 반사 방지막을 형성할 수 있는 반사 방지막 형성방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제 해결수단

- <9> 상기와 같은 과제를 해결하기 위해서 안출된 본 발명의 RF 마그네트론 스퍼터링을 이용한 태양전지의 반사 방지막 형성방법은 태양전지의 수광면에 구비되는 반사 방지막을 형성하는 방법에 있어서, 상기 반사 방지막은 RF 마그네트론 스퍼터링 공정에 의하여 형성되며, 상기 RF 마그네트론 스퍼터링 공정은 타겟 물질이 질화 실리콘이고, 태양전지의 기판 온도가 50℃ 내지 100℃이며, 증착 분위기가 알곤 가스 분위기이며, 증착 압력이 4 mTorr보다 큰 것을 특징으로 한다.
- <10> 또한, 본 발명에서 상기 증착 분위기는 알곤 가스로 이루어질 수 있다. 또한, 상기 증착 분위기는 상기 증착 분위기는 알곤 가스와 수소 가스의 혼합 가스로 이루어지며, 상기 수소 가스의 함량은 부피비로 전체 혼합가스의 부피에 대하여 40 vol%보다 작을 수 있다.
- <11> 또한, 상기 반사 방지막은 굴절율이 2.0 내지 2.4일 수 있다. 상기 반사 방지막은 흡수 계수가 0.26보다 작을 수 있다.
- <12> 또한, 본 발명에서 상기 반사 방지막은 상기 질화 실리콘 박막의 상면에 형성되는 이산화 실리콘 박막이 더 형성될 수 있다. 이때, 상기 이산화 실리콘 박막이 형성되는 공정의 증착 분위기는 알곤 가스와 산소 가스의 혼합 가스로 이루어지며, 상기 산소 가스의 함량은 부피비로 전체 혼합가스의 부피에 대하여 10 vol%보다 작을 수 있다. 또한, 상기 질화 실리콘 박막의 두께는 80nm 내지 95nm이며, 상기 이산화 실리콘 박막의 두께는 100nm 내지 115nm로 형성될 수 있다. 또한, 상기 반사 방지막은 파장이 400nm서 1100nm인 영역에서 평균 반사율이 3%보다 작을 수 있다.

효과

- <13> 본 발명에 따른 RF 마그네트론 스퍼터링을 이용한 태양전지의 반사 방지막 형성방법에 의하면 낮은 흡수율과 적절한 굴절을 및 낮은 표면 조도를 갖는 태양전지의 반사 방지막을 형성할 수 있는 효과가 있다.
- <14> 또한, 본 발명에 의하면 하나의 공정에서 형성되며, 반사율이 낮은 2층 구조의 반사 방지막을 형성할 수 있는 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <15> 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 RF 마그네트론 스퍼터링을 이용한 태양전지의 반사 방지막 형성방법에 대하여 설명한다.
- <16> 먼저 상기 태양전지의 일반적인 구조에 대하여 설명한다.
- <17> 상기 태양전지는 외부에서 들어온 빛에 의해 내부에서 전자와 정공의 쌍이 생성되고, 이러한 전자와 정공의 쌍에 의하여 pn 접합에서 발생한 전기장에 의해 전자는 n형 반도체로 이동하고 정공은 p형 반도체로 이동함으로써 전력을 생산한다.
- <18> 상기 태양전지는 실리콘 기판에 형성되는 p형 반도체층과 p형 반도체층의 전면에 형성되는 n형 반도체층을 포함하여 형성된다. 또한, 상기 n형 반도체층의 전면에는 n형 반도체층과 전기적으로 연결되는 전면 전극이 형성된다. 이때 상기 전면 전극은 n형반도체층의 일부에 형성된다. 그리고, 상기 p형 반도체층의 후면에는 후면 전극이 형성된다. 또한, 상기 태양전지는 n형 반도체층의 표면인 수광면에 형성되는 반사 방지막을 포함한다.
- <19> 상기 태양전지의 후면전극과 p형 반도체층과 n형 반도체층 및 전면 전극은 일반적인 반도체 제조 방법에 의하여 제조될 수 있으므로 여기서 상세한 설명은 생략한다.
- <20> 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 RF 마그네트론 스퍼터링에 의하여 형성되는 반사 방지막의 제조 공정을 중심으로 설명한다.
- <21> 상기 RF 마그네트론 스퍼터링 공정은 출력이 340W인 RF 마그네트론 스퍼터링 장치에서 진행된다. 상기 RF 마그

네트론 스퍼터링 공정은 타겟 물질로서 질화 실리콘(Si_3N_4) 타겟을 사용한다. 따라서, 상기 반사 방지막은 질화 실리콘 박막으로 형성된다. 상기 질화 실리콘 타겟은 순도가 높을수록 반사 방지막의 특성이 좋게 되며, 바람직하게는 99.99%이상의 순도를 갖는 타겟을 사용한다. 상기 RF 마그네트론 스퍼터링 공정은 태양전지의 기판 온도를 50°C 내지 100°C 로 유지하며 진행된다. 상기 태양전지의 기판 온도가 100°C 보다 높게 되면, 형성되는 반사 방지막의 굴절율과 이에 따른 흡수율이 상승하게 되어 태양전지의 효율이 저하된다. 한편, 상기 태양전지의 기판은 스퍼터링 공정에서 별도의 가열이 없더라도 온도가 상승하게 되어 최소 50°C 를 유지하게 된다. 따라서, 상기 태양전지의 기판 온도는 50°C 보다 높게 된다.

- <22> 상기 RF 마그네트론 스퍼터링 공정은 증착 분위기로 알곤 가스 분위기에서 진행된다. 또한, 상기 증착 분위기는 알곤 가스와 수소 가스의 혼합 가스 분위기로 형성될 수 있다. 상기 알곤 가스와 수소 가스의 혼합 가스는 전체 혼합 가스의 부피에 대하여 수소 가스의 함량이 40 vol%보다 작게 되도록 혼합되어 형성된다. 또한, 바람직하게는 상기 알곤 가스와 수소 가스의 혼합 가스는 전체 혼합 가스의 부피에 대하여 수소 가스의 함량이 20 vol%보다 작게 되도록 혼합되어 형성된다. 상기 알곤 가스의 함량이 40 vol%보다 크게 되면 수소 가스의 예칭 작용에 의하여 반사 방지막의 증착 속도가 감소하게 된다. 또한, 상기 수소 가스의 함량이 40 vol%보다 크게 되면, 전체 혼합 가스에서 스퍼터링을 일으키는 주 가스인 알곤 가스의 함량이 상대적으로 감소하게 되어 반사 방지막의 증착 속도가 감소하게 된다.
- <23> 또한, 상기 RF 마그네트론 스퍼터링 공정은 4 mTorr보다 큰 증착 압력에서 진행된다. 상기 증착 압력이 4 mTorr보다 작게 되면 반사 방지막의 흡수율이 상대적으로 커지게 된다. 한편, 상기 증착 압력이 4 mTorr보다 크게 되면 적정하며 상한치를 설정할 필요는 없게 된다. 상기 증착 압력의 상한치는 필요한 굴절율과 증착 장치의 성능에 따라 적정하게 설정될 수 있다.
- <24> 이하에서는 상기 스퍼터링 공정 조건에 따른 실시예 및 비교예를 통하여 본 발명의 반사 방지막에 대하여 보다 상세히 설명한다.
- <25> 상기 반사 방지막을 형성하는 스퍼터링 장치는 최저 도달 증착 압력은 5×10^{-7} torr이고, 증착할 수 있는 기판의 크기는 4인치까지 가능하며 온도를 조절할 수 있도록 스테인레스 몰딩형 히터가 구비되어 있다. 상기 스퍼터링 장치의 스퍼터 건으로는 6인치 형으로 증착 속도와 박막 균일성을 향상시키기 위하여 하트 형으로 배열된 고밀도 자석을 분당 20회로 편심 회전하도록 제작되었다. 상기 스퍼터링 장치의 가스 압력은 정전막 게이지 (Capacitance diaphragm gauge, MKS 2014)를 통하여 측정하였고 증착하는 동안 자동압력 조정장치 (MKS 651)을 써서 일정하게 유지되었다.
- <26> 또한, 상기 스퍼터링 장치에 장착되는 질화 실리콘 타겟은 일본 고순도 화학의 6인치 질화 실리콘 (Si_3N_4 , 99.99%)을 사용하였고, 증착 분위기 형성을 위한 반응 가스로는 고순도 아르곤 (99.998%)과 수소 (99.998%)를 사용하였다.
- <27> 상기 반사 방지막 형성을 위하여 먼저 프라임급 실리콘 웨이퍼를 1cm² 크기로 잘라 아세톤과 무수 에탄올에 담가 5분간 초음파 세척하고 스퍼터링 장치의 챔버 내로 장입하였다. 그리고 상기의 공정 조건에 따라 실리콘 웨이퍼의 표면에 반사 방지막을 형성하였다.
- <28> 얻어진 반사 방지막의 두께는 step profilometer (Kosaka Co., Ltd., ET-5000)로 측정하였고 UV-vis spectrometer (OPTIZEN-2120UV)를 이용하여 반사율을 평가하였다. 또한 미세조직을 FESEM(Field Emission Scanning Electron Microscope) (JEOL Co., Ltd., JSF-6700F)으로 관찰하였고 굴절율과 흡수율을 Spectroscopic ellipsometer(UVISEL ER AGAS, Horiba Jovin Yvon, France)를 이용하여 평가하였다. 또한, 반사 방지막의 표면 상태는 원자 현미경(Atomic Force Microscope; AFM)을 이용하여 평가하였다.
- <29> 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 반사 방지막 형성방법에서 스퍼터링 시간 및 증착 분위기에 따른 반사 방지막의 두께 변화를 나타낸다.
- <30> 도 1은 5 mTorr의 증착 압력, 340W RF 출력으로 알곤 가스 혹은 알곤 가스와 수소 가스의 혼합가스 분위기 하에서 1분 간격으로 10분까지 증착한 질화 실리콘 반사 방지막의 두께를 Step profilometer를 사용하여 측정한 것이다. 상기 반사 방지막은 각각 100% 알곤 가스, 알곤 가스 80 vol%와 수소 가스 20 vol%의 혼합 가스, 알곤 가스 60 vol%와 수소 가스 40 vol%의 혼합 가스를 증착 분위기 형성을 위한 가스로 사용하여 형성되었다. 상기 100% 알곤 가스 및 알곤 가스 80 vol%와 수소 가스 20 vol%의 혼합 가스의 증착 분위기하에서는 각 증착속도가 각각 10.4, 10.1 nm/min으로 큰 차이가 없었다. 그러나, 상기 알곤 가스 60 vol%와 수소 가스 40 vol%의 혼합

가스의 증착 분위기하에서는 증착 속도가 8.8 nm/min으로 소폭으로 감소하였다. 따라서, 상기 스퍼터링 공정에서는 반사 방지막의 적정한 증착 속도를 위하여 증착 분위기를 위하여 혼합 가스를 사용하는 경우에 수소 가스의 함량은 전체 가스의 함량을 기준으로 40 vol%보다 작은 것이 바람직하다. 상기 수소 가스가 혼합 가스에서 40 vol%보다 크게 되면 수소 가스의 에칭 작용과 함께 스퍼터링을 일으키는 중요 원소인 아르곤 가스 농도의 감소 때문에 혼합 가스의 분위기 하에서 증착 속도가 감소된다.

- <31> 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 반사 방지막 형성방법에서 반사 방지막의 위치에 따른 특성 변화를 나타낸다.
- <32> 도 2는 기관의 온도가 100℃이며, 증착 분위기가 알곤 분위기이며, 증착 압력이 5mTorr이며, 증착 시간을 6분으로 하여 형성된 반사 방지막의 위치에 따른 두께 변화, 굴절율 및 흡수 계수의 변화를 나타낸다.
- <33> 상기 반사 방지막은 기관의 중심으로부터 멀어질수록 상대적으로 두께가 감소하는 경향을 보이고 있으나, 54nm 내지 56nm로 균일한 두께를 나타내고 있다. 또한, 상기 반사 방지막의 굴절율은 기관의 중심으로부터 위치에 관계없이 2.35정도의 균일한 값을 나타내고 있다. 또한, 상기 반사 방지막의 흡수 계수는 기관의 중심으로부터 멀어질수록 상대적으로 증가하는 경향을 보이고 있으나, 0.21 내지 0.22의 사이에서 균일한 값을 나타내고 있다.
- <34> 따라서, 상기 반사 방지막은 기관의 위치에 관계없이 두께, 굴절율, 흡수 계수에 있어서 균일한 값을 나타내고 있다.
- <35> 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 반사 방지막 형성방법에서 기관의 온도에 따른 반사 방지막의 반사율 변화를 나타낸다.
- <36> 도 3은 반사 방지막의 증착 시간을 6분으로 고정하고, 100% 알곤 가스의 증착 분위기 하에서 5 mTorr의 증착 압력, 340W RF 출력으로 실리콘 기관의 온도를 50℃에서 200℃까지 50℃ 간격으로 변화시키면서 반사율(reflectivity)을 측정한 UV-vis 반사 스펙트럼이다. 상기 실리콘 기관은 별도로 가열하지 않은 경우에도 플라즈마에 의한 가열 효과로 인하여 증착 시간에 따라서 실리콘 기관의 온도가 서서히 증가하게 되는데 대략 10분 정도의 스퍼터링 동안에 50℃ 근처까지 올라가는 것을 확인하였다. 따라서 상기 실리콘 기관을 별도로 가열하지 않은 경우를 50℃로 하였으며, 실리콘 기관의 온도를 올려가면서 특성을 비교하였다. Step profilometer로 측정한 반사 방지막의 두께는 각각 67.8, 66.6, 61.7, 59.5 nm로 온도의 증가와 함께 조금 씩 두께가 감소하였다. 또한, 상기 반사 방지막은 도 2의 UV-vis 스펙트럼에서 확인할 수 있듯이 600nm 근처의 파장 대에서 최소 반사율을 나타내고 있다. 또한, 상기 반사 방지막의 최소 반사율은 실리콘 기관의 온도에 따라 조금 씩 차이를 보였으며, 50℃와 100℃에서 형성되는 반사 방지막의 최소 반사율은 각각 8.5, 7.9%의 낮은 반사율을 나타내었다. 또한, 상기 반사 방지막은 500nm 내지 600nm의 파장 영역에서 반사율이 10%보다 작게 나타나고 있다. 그러나, 상기 실리콘 기관의 온도가 150℃와 200℃인 경우에 형성되는 반사 방지막은 최소 반사율이 10.5, 11.3%로서 높은 반사율을 나타내었다. 상기 반사 방지막의 반사율이 높은 경우에 태양전지의 효율이 저하된다.
- <37> 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 반사 방지막 형성방법에 따라 형성된 반사 방지막의 단면 사진을 나타낸다. 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 반사 방지막 형성방법에 따라 형성되는 반사 방지막의 표면 상태에 대한 이미지이다.
- <38> 도 4는 실리콘 기관의 온도를 100℃로 하며, 알곤 100%의 증착 분위기하에서 증착한 반사 방지막의 단면을 FESEM으로 촬영한 사진이다. 또한, 도 5는 도 4의 반사 방지막의 표면 상태를 AFM으로 측정한 이미지이다. 도 4과 도 5에서 볼 수 있는 바와 같이 반사 방지막의 표면이 매끈하며 코팅 막이 치밀하고 계면 상태가 고른 것을 확인할 수 있다. 상기 반사 방지막의 표면 거칠기(rms)는 1.87 nm로 측정되었으며, 표면 거칠기가 충분히 작아서 확산 반사(diffuse reflection)에 의한 광 손실이 무시할 수 있는 정도이다.
- <39> 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 반사 방지막 형성방법에서 기관의 온도에 따른 굴절율과 흡수율 변화를 나타낸다.
- <40> 도 6은 증착 압력이 5 mTorr로 유지된 상태에서 실리콘 기관의 온도를 50℃에서 200℃로 변화시키면서 반사 방지막의 굴절율과 흡수 계수를 측정한 결과이다. 이때, 스퍼터링 시간은 6분으로 하였다. 상기 굴절율(Refractive index; n)과 흡수 계수(Extinction coefficient; k)는 100% 알곤 가스, 80 vol%알곤 가스와 20 vol% 수소 가스의 혼합 가스 및 60 vol%의 알곤 가스와 40 vol% 수소 가스의 혼합가스의 증착 분위기하에서 형성되는 반사 방지막에 대하여 각각 측정되었다. 상기 반사 방지막은 증착 분위기보다는 증착 온도에 따라 민감하게 변화하는 양상을 나타내고 있다. 상기 반사 방지막의 굴절율은 실리콘 기관의 온도가 상승함에 따라 증가하는 경향을 나타내고 있다. 상기 실리콘 기관의 온도가 50℃인 경우에 증착 분위기에 따라 2.22에서 2.35 사이

에서 변화하고 있다. 그러나, 상기 실리콘 기관의 온도가 150℃ 이상인 경우에는 2.5 이상으로 증가하였다. 또한, 상기 반사 방지막의 흡광 계수의 경우에는 100℃에서 최소값을 나타내는 것을 알 수 있었다.

<41> 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 반사 방지막 형성방법에서 증착 압력에 따른 굴절율과 흡수 계수의 변화를 나타낸다.

<42> 도 7은 실리콘 기관의 온도를 50℃로 고정하고, 증착 압력이 2 mTorr, 5 mTorr 및 10 mTorr인 경우에 대하여 반사 방지막을 형성하여 반사 방지막의 굴절율과 흡수 계수를 측정한 결과이다. 이때, 상기 증착 시간은 3분으로 하였다. 또한, 상기 증착 분위기는 100% 알곤 가스, 80 vol%알곤 가스와 20 vol% 수소 가스의 혼합 가스 및 60 vol%의 알곤 가스와 40 vol% 수소 가스의 혼합가스로 하였다.

<43> 상기 증착 압력이 증가하면서 굴절율이 감소하는 경향을 나타내었고 흡광 계수의 경우는 5 mtorr에서 최소값을 나타내고 있다. 상기 증착 압력이 2 mTorr인 경우에는 굴절율이 2.4 이상으로 측정되어 상대적으로 높은 굴절율을 나타내고 있다. 그러나, 상기 증착 압력이 5 mTorr인 경우에 굴절율이 2.05 내지 2.3을 나타내고 있어 적절한 굴절율을 나타내고 있으며, 증착 압력이 5 mTorr보다 증가되는 경우에도 상대적으로 굴절율의 변화가 작게 나타내고 있다.

<44> 한편, 상기 반사 방지막의 이상적인 두께와 굴절율은 반사 방지막 앞뒤의 계면에서 각각 반사되는 반사파가 정확히 소멸 간섭을 일으키도록 다음의 수학적 식 1을 만족해야 한다.

수학적 식 1

$$\text{<45> } nd = \lambda/4 \quad \text{and} \quad n = \sqrt{nsi}$$

<46> 여기서, d는 반사 방지막의 두께, λ는 태양광 스펙트럼의 중심 파장인 635nm, n은 반사 방지막의 굴절율, nsi는 실리콘 기관의 굴절율을 나타낸다.

<47> 따라서, 상기 반사 방지막의 반사율을 최소화하기 위한 굴절율과 두께는 각각 1.97과 81 nm이 된다.

<48> 한편, 본 발명의 실시예에 따른 반사 방지막 형성방법에서 실리콘의 기관 온도가 100℃이며, 알곤 가스의 증착 분위기하에서 형성되는 반사 방지막은 굴절율 2.35인 박막의 경우, 이상적인 두께는 67 nm가 되고 이때의 이론 반사율은 3.06%가 된다. 이때 상기 반사 방지막의 흡수 계수는 0.21을 나타낸다. 따라서, 상기 증착 압력이 5 mtorr이며, 실리콘 기관의 온도가 100℃인 조건에서 굴절율과 흡광 계수 측면에서 가장 이상적인 반사 방지막을 얻을 수 있게 된다. 상기 반사 방지막은 도 2를 참조하면 최소의 반사율을 나타내는 결과와 일치하고 있다.

<49> 다음은 본 발명의 다른 실시예에 따른 반사 방지막의 형성방법에 대하여 설명한다.

<50> 본 발명의 다른 실시예에 따른 반사 방지막은 질화 실리콘 박막의 상면에 이산화 실리콘(SiO₂) 박막이 더 형성되어 2층 구조로 형성될 수 있다.

<51> 상기 이산화 실리콘 박막이 형성되는 RF 마그네트론 스퍼터링 공정은 질화 실리콘 박막을 형성하는 공정과 증착 분위기를 제외하고는 동일하게 진행된다. 즉, 상기 RF 마그네트론 스퍼터링의 타겟 물질은 질화 실리콘 타겟이며, 태양전지의 기관 온도가 50℃ 내지 100℃이며, 증착 압력이 4 mTorr보다 큰 상태를 유지하게 된다.

<52> 상기 RF 마그네트론 스퍼터링 공정의 증착 분위기는 알곤과 산소의 혼합 가스에 의하여 이루어진다. 이때, 상기 전체 혼합 가스는 산소 가스의 함량이 전체 혼합 가스의 전체에 대하여 부피비로 40vol%보다 작게 된다. 상기 산소 가스의 함량이 전체 혼합 가스 함량 대비 40vol%보다 크게 되면 스퍼터링을 일으키는 중요 원소인 아르곤 가스 농도의 감소되어 이산화 실리콘 박막의 증착되는 속도가 작아지게 된다.

<53> 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 반사 방지막 형성방법에서 2층 구조로 형성되는 반사 방지막의 파장에 따른 반사율을 나타낸다.

<54> 상기 반사 방지막은 기관 온도가 100℃이며, 알곤 가스와 산소 가스 분위기에서 증착 압력은 5mTorr로 유지하였다. 상기 반사 방지막은 2층 구조로 형성되었으며, 공정 시간을 조정하여 질화 실리콘 박막과 이산화 실리콘 박막의 두께를 달리하였다.

<55> 표 1은 2층 구조로 형성되는 반사 방지막에서 질화 실리콘 박막과 이산화 실리콘 박막의 두께와 반사 방지막의 굴절율 및 흡수 계수를 나타낸다. 상기 질화 실리콘 박막의 두께는 80nm 내지 95nm로 형성되며, 이산화 실리콘

박막의 두께는 100nm 내지 115nm로 형성된다.

표 1

<56>

실시예	박막 두께(nm)		광학 특성	
	질화 실리콘	이산화 실리콘	굴절율(n)	흡수 계수(k)
1	92.6	111.6	1.481	0.0021
2	92.1	105.5	1.476	0.0027
3	85.2	107.9	1.477	0.0027
4	84.7	108.4	1.477	0.0024

<57>

상기 반사 방지막은 도 8을 참조하면 반사율이 전체적으로 낮게 나타나고 있다. 상기 반사 방지막은 400nm 내지 1100nm의 영역에서 평균 3% 이하의 반사율을 나타내고 있다. 특히 상기 반사 방지막에서 질화 실리콘의 두께와 이산화 실리콘의 두께가 각각 85nm와 107nm인 경우에 550nm 내지 950nm의 파장 영역에서 반사율이 0%에 가까운 값을 나타내고 있다. 한편, 상기 반사 방지막은 질화 실리콘 박막으로만 형성되는 경우에 비하여 상대적으로 낮은 반사율을 나타내고 있다.

<58>

또한, 상기 반사 방지막은 전체적으로 균일한 굴절율(n)과 흡수 계수(k)를 나타내고 있다.

<59>

상기에서 살펴 본 바와 같이 본 발명의 실시예에 따른 RF 마그네트론 스퍼터링을 이용한 태양전지의 반사 방지막 형성방법은 태양전지의 수광면에 형성되어 입사되는 태양광의 반사를 효과적으로 차단하여 태양전지의 효율을 증가시키게 된다.

<60>

이상 설명한 바와 같이, 본 발명은 상술한 특징의 바람직한 실시예에 한정되지 아니하며, 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형의 실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 특허청구범위 기재의 범위 내에 있게 된다.

<61>

본 발명은 서울시에서 지원하는 "서울시 산학연 협력사업"인 "결정질 실리콘 태양전지의 산업화를 위한 핵심기술의 개발 및 응용시스템 구현(과제번호: 10556)"의 결과로부터 출원되었음.

도면의 간단한 설명

<62>

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 반사 방지막 형성방법에서 스퍼터링 시간 및 증착 분위기에 따른 반사 방지막의 두께 변화를 나타낸다.

<63>

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 반사 방지막 형성방법에서 반사 방지막의 위치에 따른 특성 변화를 나타낸다.

<64>

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 반사 방지막 형성방법에서 기판의 온도에 따른 반사 방지막의 반사율 변화를 나타낸다.

<65>

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 반사 방지막 형성방법에 따라 형성된 반사 방지막의 단면 사진을 나타낸다.

<66>

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 반사 방지막 형성방법에 따라 형성되는 반사 방지막의 표면 상태에 대한 이미지이다.

<67>

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 반사 방지막 형성방법에서 기판의 온도에 따른 굴절률과 흡수율 변화를 나타낸다.

<68>

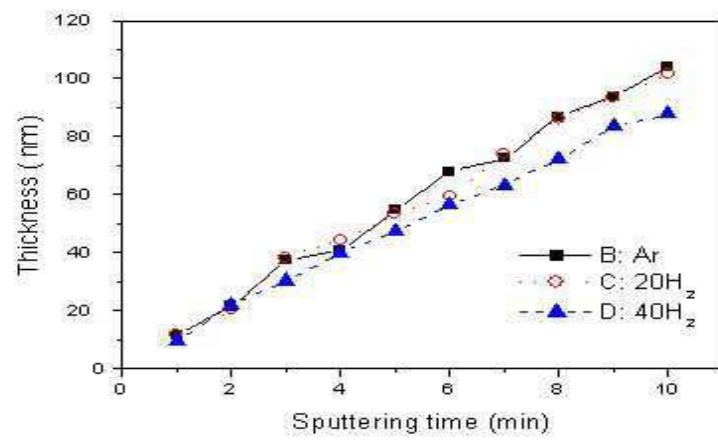
도 7은 본 발명의 실시예에 따른 반사 방지막 형성방법에서 증착 압력에 따른 굴절률과 흡수율 변화를 나타낸다.

<69>

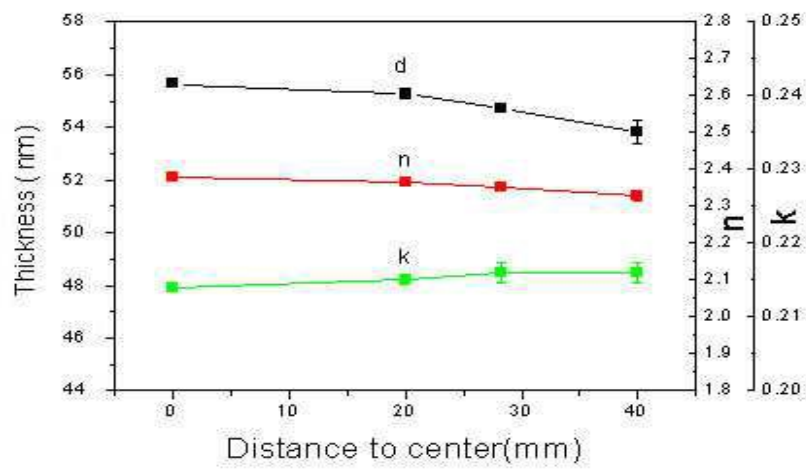
도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 반사 방지막 형성방법에서 2층 구조로 형성되는 반사 방지막의 파장에 따른 반사율을 나타낸다.

도면

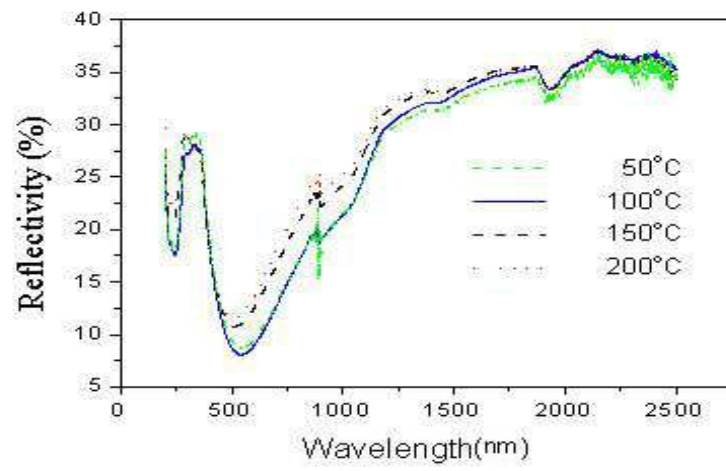
도면1



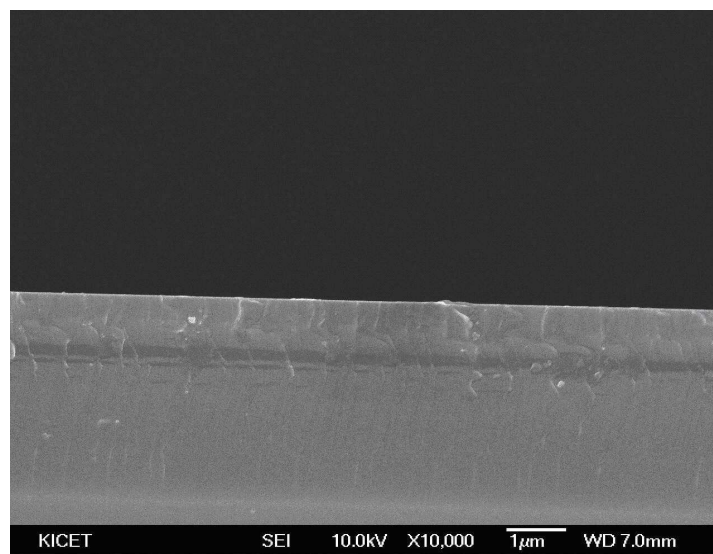
도면2



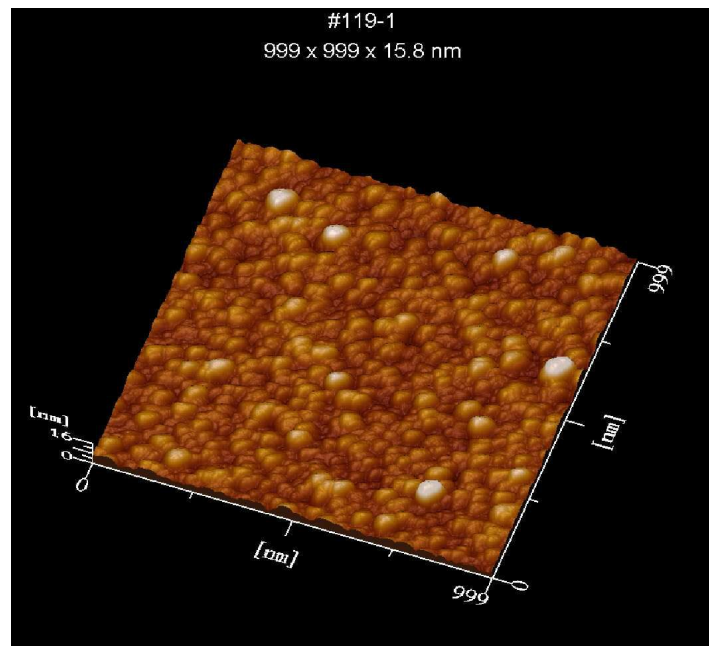
도면3



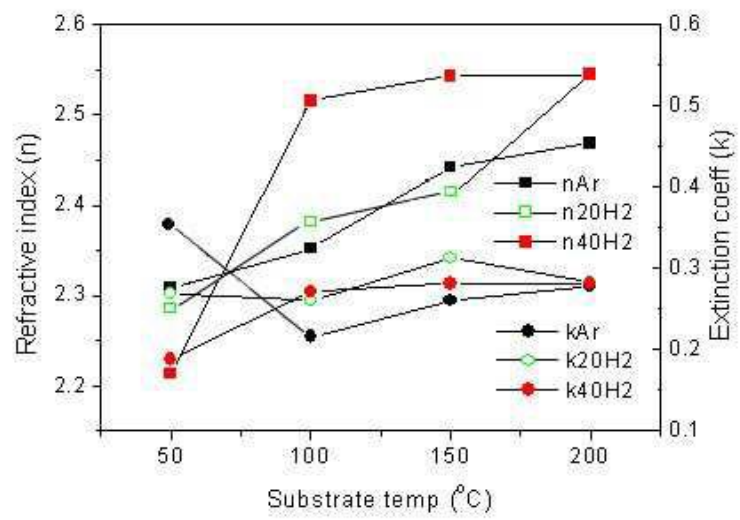
도면4



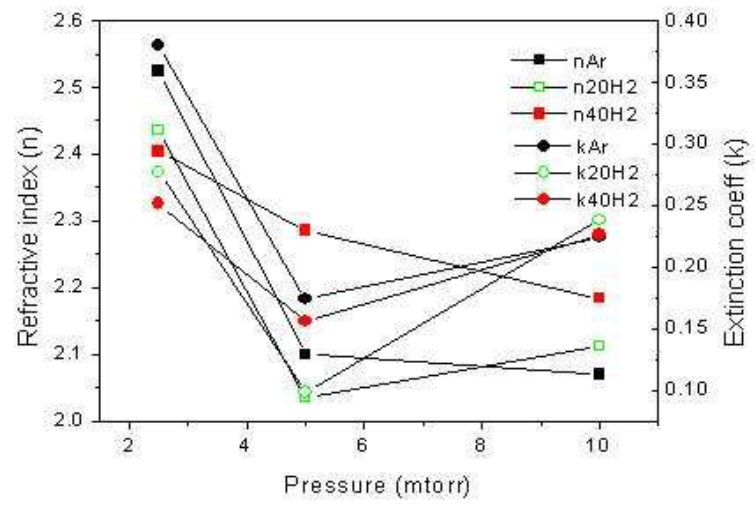
도면5



도면6



도면7



도면8

