



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년10월26일
(11) 등록번호 10-1077046
(24) 등록일자 2011년10월20일

(51) Int. Cl.

H01L 31/02 (2006.01) *H01L 31/0264* (2006.01)

H01L 31/032 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-7002893

(22) 출원일자(국제출원일자) 2004년08월09일

심사청구일자 2009년08월07일

(85) 번역문제출일자 2006년02월10일

(65) 공개번호 10-2006-0115990

(43) 공개일자 2006년11월13일

(86) 국제출원번호 PCT/SE2004/001173

(87) 국제공개번호 WO 2005/015645

국제공개일자 2005년02월17일

(30) 우선권주장

0302206-8 2003년08월12일 스웨덴(SE)

(56) 선행기술조사문헌

K. Herz et al., "Diffusion barriers for CIGS solar cells on metallic substrates", Thin Solid Films Vol. 431-432, 1 May 2003, pages 392-397, ZSW, Stuttgart, Germany

전체 청구항 수 : 총 13 항

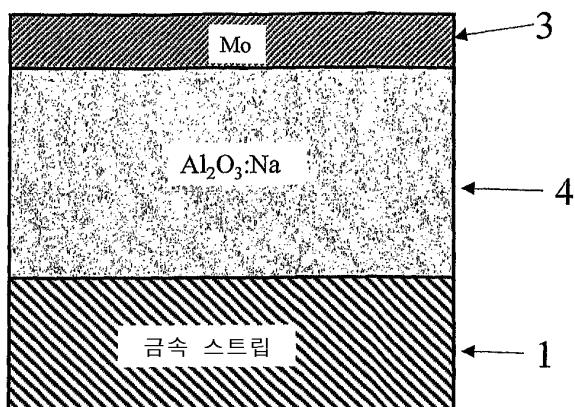
심사관 : 박성웅

(54) 신규한 금속 스트립 제품

(57) 요 약

코팅강 제품은, 나트륨 도핑된 전기 절연층을 포함하는 코팅을 갖는 금속 스트립 재료를 포함한다. 상기 금속 스트립 재료의 열팽창 계수는, $0\text{--}600^{\circ}\text{C}$ 온도 범위에서 $12 \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$ 미만이다. 상기 제품은 전기 전도성 몰리브덴 층으로 코팅 가능하다. 코팅강 제품은 가요성 Cu(In, Ga)Se₂(CIGS) 태양전지용 기판으로서 유용하다.

대 표 도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

금속 스트립 재료를 포함하는 코팅강 제품으로서, 상기 스트립은 알칼리 금속 또는 알칼리 금속들의 혼합물로 도핑된 전기 절연층을 포함하는 코팅을 가지고, 상기 금속 스트립 재료의 열팽창계수는 $0\text{--}600^{\circ}\text{C}$ 의 온도 범위에서 $12 \cdot 10^{-6}\text{K}^{-1}$ 미만이고, 상기 전기 절연층은 하나 이상의 산화물 층을 포함하고, 그리고 상기 산화물층은 Al_2O_3 , TiO_2 , HfO_2 , Ta_2O_5 , Nb_2O_5 및 이들 산화물의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택된 하나 이상의 유전체 산화물로 구성되는 것을 특징으로 하는 코팅강 제품.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 금속 스트립 재료가 5 내지 $200\mu\text{m}$ 의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 코팅강 제품.

청구항 3

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 전기 절연층이 효과적인 전기 절연을 확보하도록 2 내지 10층의 다층 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 코팅강 제품.

청구항 4

제 3항에 있어서,

각 개별 산화물층이 0.01 내지 $2\mu\text{m}$ 의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 코팅강 제품.

청구항 5

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

금속 스트립 기판로부터 가장 원위에 있는 층 또는 두 층만이 알칼리 금속(들)으로 도핑되는 것을 특징으로 하는 코팅강 제품.

청구항 6

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 산화물 코팅의 총 두께가 $20\mu\text{m}$ 이하인 것을 특징으로 하는 코팅강 제품.

청구항 7

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 전기 절연층이, 몰리브덴으로 만들어진, 전도층으로 코팅되는 것을 특징으로 하는 코팅강 제품.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 몰리브덴층이 0.01 내지 $5\mu\text{m}$ 의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 코팅강 제품.

청구항 9

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 알칼리 금속이 Li , Na 또는 K , 또는 이의 혼합물인 것을 특징으로 하는 코팅강 제품.

청구항 10

제 3항에 있어서,

상기 다층 구조 내 개별 층이 동일한 금속 산화물 또는 상이한 금속 산화물로 만들어지고, 그리고 상기 각 개별 층이 하나의 금속 산화물 또는 둘 이상의 금속 산화물들의 혼합물로 만들어지는 것을 특징으로 하는 코팅강 제품.

청구항 11

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

가요성 $\text{Cu}(\text{In},\text{Ga})\text{Se}_2$ (CIGS) 태양 전지의 제조를 위한 기판 재료로서 사용되는 것을 특징으로 하는 코팅강 제품.

청구항 12

전기 절연층(들) 및 전기 전도층(들)이 롤-투-롤 전자 빔 증착 공정으로 모두 증착되는 것을 특징으로 하는, 제 1항 또는 제 2항에 따른 코팅강 제품의 제조 방법.

청구항 13

제 1항 또는 제 2항에 따른 코팅강 제품을 포함하는 것을 특징으로 하는, 가요성 $\text{Cu}(\text{In},\text{Ga})\text{Se}_2$ (CIGS) 태양 전지.

명세서

기술 분야

[0001]

본 발명은, 가요성 태양전지(flexible solar cells)의 제조에 적합한, 코팅된 금속 기판 재료, 및 롤-투-롤(roll-to-roll) 공정으로 금속 산화물 코팅된 금속 스트립 제품을 제조하는 방법에 관한 것이다. 이는 금속 스트립을 특허청구범위 제 1항에 따른 전기 절연 내층, 및 또한 선택적으로 전기 전도 표면 층으로 코팅함으로써 얻어진다.

배경 기술

[0002]

박막 $\text{Cu}(\text{In}, \text{Ga})\text{Se}_2$ (CIGS로 약칭) 태양 전지의 제조업자에 의해 현재 사용되는 가장 일반적인 기판 재료는 소다석회 유리이다. 유기 기판을 갖는 태양전지의 두가지 예가 DE-A-100 24 882 및 US-A-5 994 163에 기재되어 있다. 소다석회 유리의 사용에 따른 유리한 효과는, 유리로부터 알칼리 금속(주로 나트륨)이 CIGS 층으로 확산됨으로 인해, 태양 전지의 효율이 증가하는 것이다. 이 사실은, 예를 들어 본 개시내용에 참조병합되어 있는 문헌(Thesis by Karin Granath(1999): The Influence of Na on the Growth of $\text{Cu}(\text{In},\text{Ga})\text{Se}_2$ Layers for Thin Film Solar Cells, Acta Universitatis Upsaliensis, Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 491, Uppsala ISBN 91-554-4591-8)에 공지되어 있다. 그러나, 유리 기판 상에 CIGS를 배치-형(batch-like)으로 제조하면 비용이 많이 들며, 그리고 따라서 제조 비용을 낮추는, 태양 전지의 롤-투-롤 제조를 이용하는 것이 유리하다. 또한, 롤-투-롤 공정으로 제조된 가요성 태양 전지를 사용하면 몇가지 기술적 장점이 있는데, 예를 들어 가요성 태양 전지가 콤팩트 패키지(compact package) 내에 폴딩(folded) 또는 압연(rolled)될 수 있으며, 그리고 이들은 휴대용, 우주용(spatial) 및 군용 적용에 바람직한 경량 태양 전지의 제조에 사용될 수 있다.

[0003]

이들 모두가 특정 기준을 충족시켜야만 한다는 것을 유념하면서, 폴리이미드와 같은 중합체, 및 몰리브덴, 알루미늄 및 티탄 호일과 같은 금속을 포함하는 몇가지 재료를, 가요성 CIGS 태양 전지용 기판 재료로서 시험하였다. 따라서, 기판 재료는, 내열성이어서 박막 가요성 CIGS 태양 전지 제조의 추가 처리 단계를 견뎌야 하며, 그리고 이는 부식 대기 하에서 600°C 까지의 온도에서 열처리를 포함할 수 있다. 집적화된 일련 커넥션(integrated series connections)을 갖는 CIGS 모듈을 제조하려는 경우, 가요성 금속 기판은 전기 배면 콘택트(electrical back contact)로부터 절연되어야 한다. 따라서, 필수적으로, 기판 재료의 열팽창계수(TEC)는, 절연 금속 산화물층의 열 크래킹(thermal cracking) 또는 파쇄(spallation)를 피하기 위하여, 전기 절연 금속 산화물층(들)의 TEC에 가능한 한 가까워야 한다.

[0004] CIGS 태양 전지를 제조하기 위한 일반적인 통상 기판 재료는 :

- [0005] - 배치-형 공정에서 소다석회 유리 기판을 사용하고;
- [0006] - 기판을 구성하는 금속 스트립 상에 직접 몰리브덴 배면 콘택트 재료를 증착하고(depositing);
- [0007] - 배치 탑입 증착 공정에서 금속 스트립들 상에 절연 실리콘 산화물(SiO_x 또는 SiO_2) 층을 증착한다.
- [0008] 공지된 태양 전지의 일례는, 본 개시내용에 참조병합되어 있는 문헌(Thin Solid Films 403-404(2002) 384-389, K. Herz et al.: "Dielectric barriers for flexible CIGS solar modules")에 기재되어 있다. 이 내용에 따르면, SiO_x 및/또는 Al_2O_3 배리어 층을 사용함으로써, 금속 기판 상에 CIGS 태양 모듈을 제조하기 위해 우수하게 전기 절연되었다. 그러나, 나트륨 결핍으로 인해, 태양 전지에 의한 전압은 열등하였다.
- [0009] 스테인리스강 기판을 태양 전지 제조에 사용하는 공지된 것은 추가적으로 예를 들어, 본 개시내용에 참조병합되어 있는 문헌(Solar Energy Materials & Solar Cells 75 (2003) 65-71, Takuya Satoh et al.: "Cu(In,Ga)Se₂ solar cells on stainless steel substrates covered with insulating layers")에 개시되어 있다. 그러나, 이 내용에 따르면, 스테인리스 강 상의 CIGS 태양 전지는, 소다석회 유리 기판 상의 전지에 비해 개방-회로 전압이 감소되었다.
- [0010] 또한, WO 03/007386(본 개시내용에 참조병합되어 있음)에는 박막 태양 전지가 기재되어 있다. 이는 제 1 표면 및 제 2 표면을 갖는 가요성 금속 기판을 포함한다. 배면 금속 콘택트층은 가요성 금속 기판의 제 1 표면 상에 증착되어 있다. 반도체 흡수재(abosrber) 층은 배면 금속 콘택트 상에 증착되어 있다. 반도체 흡수재 층 상에 증착된 광활성 막은 헤테로접합 구조를 형성하며, 그리고 그리드 콘택트가 헤�테로접합 구조 상에 증착된다. 가요성 금속 기판은 알루미늄 또는 스테인리스강으로 구성될 수 있다. 또한, 태양 전지의 구성 방법이 개시되어 있다. 이 방법은 알루미늄 기판을 제공하고, 알루미늄 기판 상에 반도체 흡수재 층을 증착하고, 그리고 알루미늄 기판 및 반도체 흡수 층 간의 반응을 저해하기 위하여 반도체 흡수재 층으로부터 알루미늄 기판을 절연하는 단계를 포함한다.
- [0011] 비록 이 공지된 태양 전지는, 만족스럽게 작동한다 할지라도, 나트륨 도핑 결핍으로 인해 소다석회 유리 기판을 갖는 태양 전지의 개방-전압(open-voltage) 수준에 이르지 못한다.
- [0012] 이와 같이, 모든 이러한 통상적인 방법은 각각 단점을 갖는다. 배치-타입 제조에 기초한 모든 공정은 항상 비용을 증가시킬 것이며, 그리고 따라서 비용 감소를 위해 롤-투-롤 공정 상에서 제조하는 것이 필수적이다.
- [0013] 그러나, 소다석회 유리를 사용하면, 가요성 CIGS를 제조할 수 없고, 그리고 배치-타입 공정은 비용이 많이 듦다. 또한, Mo 배면 콘택트를 가요성 금속 스트립 기판 상에 직접 증착하면, 집적된 일련 커넥션을 갖는 CIGS 모듈의 제조가 제한될 것이다. 또한, SiO_x 또는 SiO_2 절연층은 지나치게 낮은 TEC를 가지며, 이로 인해 이후의 처리 단계 동안 크랙 및 편홀이 형성될 수 있다. 또한, SiO_2 층 내에 알칼리 금속을 첨가하지 않아, 고효율 CIGS를 제조하려는 경우에, 이후의 제조 단계에서 이를(주로 나트륨) 첨가해야 한다. 제조 라인에 처리 단계를 하나 이상 추가하는 것은 항상 비용 추가와 연관된다.

발명의 상세한 설명

- [0014] 따라서, 본 발명의 일차 목적은, 절연 금속 산화물 층(들)과 가능한 한 유사한 열팽창계수를 갖는 태양 전지를 제조하기 위해 가요성 및 경금속 기판(flexible and light metallic substrate)를 제공하는 것이다.
- [0015] 본 발명의 또 다른 목적은, 연속 롤-투-롤 공정으로 제조가능하고 저렴한, 태양 전지용 가요성 기판을 제공하는 것이다.
- [0016] 본 발명의 또 다른 목적은, 달성 전압과 관련하여 효율이 증가된 가요성 태양 전지의 제조를 가능하게 하는 것이다.
- [0017] 이들 및 다른 목적은, 특히 청구범위 제 1항의 특징부에 따른 특성을 갖는 코팅강(coated steel) 제품을 제조함으로써 놀라운 방식으로 달성되었다. 추가적인 바람직한 실시형태는 종속항에 정의된다.
- [0018] 따라서, 상기 목적 및 추가적인 장점은, 알루미늄 산화물과 같은, 얇고 연속적이며 균일한 전기 절연 금속 산화물 층을, 기판 역할을 하는 금속 스트립의 최상부에 적용함으로써 달성된다. 절연 금속 산화물에, 소량의 알칼리 금속을 첨가하여 태양 전지의 효율을 증가시킨다. 금속 산화물 층은, 그렇지 않으면 재료가 추가 처리될 때 전기 전도용 통로(pathways)로서 작용할 수 있는, 임의의 편홀(pinholes)을 배제시키기 위해 매끄럽고 그리고

치밀해야 한다. 필요시, 및 금속 스트립 기판로부터의 안전한 전기 절연을 보장하기 위해, 다층(ML)의 금속 산화물을 증착할 수 있다. ML 구조의 장점은, 이에 의해 절연 산화물 층을 통한 임의의 핀홀 또는 전도 통로가 배제된다는 점이다. 또한, 금속 기판의 최상부 상에 연속적인 균일하고 치밀한 금속 산화물 층을 증착함으로써, 예를 들어 금속 스트립 상의 애노드화된 산화물 층에 비해, 금속 산화물 층의 두께와 절연 특성이 쉽게 조절된다. 또한, 금속 산화물 층은 또한, 열 성장(thermally grown) 산화물 층에 비해, 기판에 대한 부착이 증진될 것이다. 첨가된 알칼리 금속(일차적으로 나트륨)은, CIGS 제조의 추가 처리 단계동안 CIGS 층 내에 확산될 것이다. 또한, 필요시, 상기 금속 산화물 층의 최상부 상에, 몰리브덴층이 증착될 수 있으며, 이것은 박막 가요성 태양 전지 제조용 배면 전기 콘택트를 얻기 위한 것이다.

[0019] 몇 층의 금속 산화물(들)이 증착되는 경우, 이들 층은 동일한 금속 산화물 또는 상이한 금속 산화물이 될 수 있다.

코팅되는 금속 스트립

[0021] 기초(underlying) 금속 스트립의 중요한 논점 중 하나는, 증착된 금속 산화물 층의 크래킹 또는 파쇄를 피하기 위하여, 이것은 낮은 열팽창계수(TEC)를 가져야 한다는 것이다. 따라서, 금속 스트립의 TEC는 0 내지 600°C의 온도 범위에서 $12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 미만인 것이 바람직하다. 이는 철함유(ferritic) 크롬강, 티탄 및 일부 니켈 합금과 같은 재료를 포함할 것이다. 금속 스트립 내 재료는, 태양 전지가 작동할 환경을 견디도록 충분히 내부식성인 것이 또한 바람직하다. 금속의 물리적 형태는, 두께가 5 내지 200 μm , 바람직하게는 10 내지 100 μm 범위 내에 있어야 하는 스트립 또는 호일이다. 또다른 중요한 파라미터는 금속 스트립의 표면 거칠기(roughness)이며, 이는 가능한한 매끄러워야 한다; 0.2 μm 미만의 Ra 값이 적합하며, 바람직하게는 0.1 μm 미만이다.

절연 산화물 층

[0023] 전기 절연 산화물 층은, 태양 전지의 가능한 가장 높은 가요성을 보증하도록, 금속 스트립에 잘 부착되어야 한다. 이는, 우선 이를 적합한 방식으로 세정하여, 코팅 공정의 효율, 및 코팅의 접착 및 품질에 영향을 줄 수 있는 오일 잔류물 등을 제거함으로써, 코팅 전에 금속 스트립을 주의깊게 전처리하여 달성된다. 이어서, 금속 스트립은 직렬 이온 보조 에칭 공정(in-line ion assisted etching process)으로 처리된다. 또한, 산화물층은 또한, 금속 스트립 및 몰리브덴 배면 콘택트 간의 임의의 전기 커넥션을 피하기 위하여, 우수한 전기 절연체가 되어야 한다. 이는, 치밀하고 그리고 매끄러운 산화물층을 증착하여 더 우수한 절연 특성을 갖도록 함으로써 달성될 수 있으며, 이를 반복하여 다층화된 구조를 또한 증착할 수 있다. 다층화된 구조의 개별 산화물 층의 수는 10 이하가 될 수 있다. 상기된 바와 같이, 다층화된 산화물 구조는, 전체 금속 산화물 층을 통한 임의의 핀홀 또는 전기 통로를 차단하고(terminate) 그리고 금속 스트립의 우수한 전기 절연을 보장할 것이다. 이 사실은 도 3에서 설명하며, 여기서 핀홀은 인접 산화물 층에 의해 차단된다. 하나 이상의 절연 금속 산화물 층이 존재하는 경우, 각 개별 산화물 층의 두께는 10nm 내지 2 μm 까지, 바람직하게는 0.1 내지 1.5 μm 가 될 수 있다. 전체 금속 산화물 층의 총 두께는, 단일 모노 층 및 다층(2 내지 10층)의 경우에 모두, 20 μm 이하, 바람직하게는 1 내지 5 μm 가 될 수 있다.

[0024] 산화물층의 화학 조성물은 임의의 유전체 산화물이, 이를테면 Al_2O_3 , TiO_2 , HfO_2 , Ta_2O_5 및 Nb_2O_5 또는 이들 산화물의 혼합물, 바람직하게는 TiO_2 및/또는 Al_2O_3 , 가장 바람직하게는 Al_2O_3 이 화학량론적 및 비화학량론적인 것 모두 될 수 있으며, 다른 산화물 층도 가능하다.

[0025] 또한, 금속 산화물 코팅은 다수의 층(다층)으로 구성되는 경우, 이 때 각 개별 층은 동일한 금속 산화물 또는 상이한 금속 산화물이 될 수 있다. 개별 층은 또한 금속 산화물의 혼합물로 구성될 수 있다.

[0026] 또한, 본 발명에 따르면, 산화물층은 다량의 알칼리 금속, 적합하게는 리튬, 나트륨 또는 칼륨, 바람직하게는 나트륨으로 도핑된다. 증착된 산화물 층 내의 알칼리 금속 농도는, 소다석회 유리 상에 증착된 CIGS에서 관찰되는 것과 유사한 방식으로 배면 콘택트층을 통해 Na가 확산되어 CIGS 태양 전지 효율이 개선되도록, 0.01 내지 10 중량%, 바람직하게는 0.1 내지 6 중량%, 및 가장 바람직하게는 0.2 내지 4 중량%이 되어야 한다. 알칼리 금속 도핑된 산화물 층 내 알칼리 금속이 배면 콘택트층을 침투하고 그리고, 결정적인 방식으로 CIGS층의 성능에 영향을 미친다는 것은 당업자에게 참으로 놀라운 일이다.

[0027] 나트륨을 사용하는 경우, Na 공급원은 임의의 나트륨-함유 화합물이 될 수 있으며, 그리고 Na 화합물은 바람직하게는 증착 전에 산화물 공급원 재료와 혼합되거나, 또는 Na가 개별 처리 단계에서 산화물 코팅에 개별적으로 첨가될 수 있다. 산화물 공급원 내 Na의 농도는 상기된 농도가 되어야 한다. 이하 Na 화합물이 산화물층의 Na

공급원으로서 유용하다: Na, Na₂O, NaOH, NaF, NaCl, NaI, Na₂S, Na₂Se, NaNO₃ 및 Na₂CO₃ (일부만 기재).

[0028] 본 발명의 일실시형태에 따르면, 다수의 금속 산화물층이 기판 상에 증착되는 경우, 가장 원위의 층 또는 아마도 가장 원위의 두 층만이 알칼리 금속으로 도핑된다. 그 이유는 물론, 주로 이 층 또는 이들층이, 알칼리 금속이 몰리브덴층 내부로 지나고 그리고 태양 전지의 CIGS 층 내부로 확산되는 데 기여하기 때문이다.

[0029] 배면 콘택트 층의 설명

[0030] 추가 처리 단계와 그리고 개별 고객이 지시한 특정 조건에 따라, 실질적으로 몰리브덴으로 구성되는 최상부층이 산화물 층의 최상부에 적용된다. 이 최상부층은 치밀하고, 그리고 기초를 이루는 이전 증착된 산화물 층에 잘 부착되어야 하며, 동시에 알칼리 금속(들)의 침투가 가능해야 한다. 몰리브덴 최상부 층의 두께는 0.01 내지 5.0 μ m, 바람직하게는 0.1 내지 2.0 μ m, 가장 바람직하게는 약 0.5 μ m이 되어야 한다.

[0031] 코팅 방법의 설명

[0032] 유리하게는, 코팅 방법은 롤-투-롤 스트립 제조 라인에 포함된다. 이 롤-투-롤 제조 라인에서, 제 1 제조 단계는, 금속 스트립 표면을 이온-보조 에칭하여, 인접 절연 산화물 층을 우수하게 접착시키는 것이다. 절연 산화물층은 롤-투-롤 공정에서 전자 빔 증착(electron beam evaporation)(EB)으로 증착된다. 이 공정은 당업자에게 주지되어 있으며, 그리고 예를 들어 본 개시내용에 참조병합되어 있는 문헌(Electron Beam Technology by Siegfried Schiller, Ullrich Heisig and Siegfried Panzer, Verlag Technik GmbH Berlin 1995, ISBN 3-341-01153-6)에 포괄적으로 기재되어 있다.

[0033] 절연 산화물 층은 단일 또는 모노 층, 또는 다수의 층, 말하자면 다층이 될 수 있다. 모노층은 일반적으로 만족스럽게 작동하지만, 다층 실시형태가 크랙 및 핀홀에 대하여 더 만족스럽다. 몇개의 EB 증착 챔버를 직렬(in-line) 통합함으로써, 또는 동일한 EB 증착 챔버를 통해 스트립을 수회 통과시킴으로써(running), 다층을 형성시킬 수 있다. 화학량론적 산화물이 필요하다면, 챔버 내에 반응성 가스로서 산소의 부분압을 갖는 감압 하에 산화물을 증착시켜야 한다. 이러한 제조 라인에서, 최종 챔버는 배면 콘택트층용 몰리브덴을 증착시키기 위한 EB 챔버가 되어야 한다. Mo의 증착은, $1 \cdot 10^{-2}$ mbar의 최대압에서 환원 대기 하에 수행되어야 한다.

실시 예

[0038] 우선, 상기된 바와 같은 화학 조성으로 통상적인 야금 제강(metallurgical steelmaking)을 통해 기판 재료를 제조한다. 그리고나서, 이를 중간 크기까지 열간 압연한 후, 최종 두께 약 0.042mm 및 폭 최대 1000mm까지 몇 단계로 냉간 압연하되, 상기 압연 단계들 사이에 재결정 단계를 다수 포함한다. 그리고나서, 압연으로부터의 모든 오일 잔류물을 제거하기 위하여, 기판 재료 표면을 적당한 방법으로 세정한다.

[0039] 도 1에, 박막 CIGS 태양 전지를 제조하기 위한 가요성 금속 기판의 전형적인 단면을 도시한다. 기판 재료는 가요성 금속 스트립(1)이며, 이는 스테인리스강, 또는 0-600°C 온도 범위에서 12×10^{-6} K⁻¹ 미만의 TEC를 갖는 임의의 다른 금속 또는 합금으로 구성될 수 있다. 금속 스트립의 표면 거칠기는 가능한한 낮게 유지되어야 한다. 금속 스트립의 두께는, 우수한 가요성이 보장되도록 5-200 μ m, 바람직하게는 10-100 μ m 범위가 되어야 한다.

[0040] 금속 스트립 기판(1) 표면의 최상부 상에서, 단일 충화된 알칼리 금속(이 경우 나트륨) 도핑된 알루미늄 산화물(4)을, 도 2에 도시된 바와 같은 가요성 금속 스트립의 최상부 상에 직접 롤-투-롤 EB 공정으로 증착시킬 수 있다. 전기 절연된 단일 충화 알칼리 금속 도핑 알루미늄 산화물의 최상부 상에, 롤-투-롤 공정의 전자 빔 증착을 통해 몰리브덴층을 또한 증착시킬 수 있다.

[0041] 도 2에 따른 단일 또는 모노 층(4)에 대한 대체물로서, 전기 절연 알루미늄 산화물 다층 구조(2)를, 롤-투-롤 공정의 EB 증착으로 또한 증착시킬 수 있다. 알루미늄 산화물 다층 구조는 금속 스트립에 대한 부착성이 우수하고, 치밀하고 매끄러워야 한다.

[0042] 증착된 알루미늄 산화물은 소량의 알칼리 금속, 바람직하게는 나트륨으로 도핑한다. CIGS 태양 전지용 배면 콘택트를 생성하기 위하여, 몰리브덴층(3)을 전기 절연된 금속 스트립의 최상부 상에 증착시킬 수 있다. 크래킹 또는 파쇄를 막기 위해, 몰리브덴층은 치밀하고 금속 산화물 코팅에 잘 부착되어야 한다. 또한, 몰리브덴층은 0.1-5 μ m, 바람직하게는 0.4-2 μ m의 두께를 가져야 한다.

[0043] 상기된 두 실시예에 대한 다른 변형에는, 롤-투-롤 공정의 EB 증착으로 증착된, 전기 절연 알루미늄 산화물 다층 구조(2) 또는 전기 절연 알루미늄 산화물 단일 층(4)의 최상부 상에 몰리브덴 배면 콘택트 층을 증착시키지

않는 것이다. 이는 도 3에 도시한다. 이 도면에서, 금속 산화물 다층을 통해 임의의 펀홀(5) 및/또는 전기 통로(5)가 차단됨에 따른, 다층 금속 산화물 구조의 잇점이 설명된다.

[0044] 롤-투-롤 전자 빔 증착 공정을 도 4에 도시한다. 이러한 제조 라인의 제 1 부분은 진공 챔버(7) 내 언코일러(6)이고, 이어서 직렬 이온 보조 에칭 챔버(8), 이어서 일련의 EB 진공 챔버(9)이며, 이것이 원하는 다층화된 금속 산화물 구조를 갖도록, 필요한 EB 진공 챔버의 수를 1 내지 10 챔버로 변화시킬 수 있다. 모든 금속 산화물 EB 증착 챔버(9)에는 증착을 위한 EB 건(guns)(10) 및 수-냉각 구리 도가니(water-cold copper crucibles)(11)를 장착한다. 다음의 챔버는 몰리브덴 최상부 층의 EB 증착을 위한 개별 챔버(12)이며, 이 챔버는 또한 몰리브덴 용융물에 대한 EB 건(13) 및 도가니(14)를 장착한다. 금속 산화물만 코팅된 스트립을 제조하려는 경우에는, 몰리브덴에 대한 개별 EB 증착 챔버는 불필요할 수 있다. 이 챔버 후에는, 코팅된 스트립 재료에 대한 출구 진공 챔버(15) 및 리코일러(16)가 있으며, 리코일러는 진공 챔버(15) 내에 위치된다. 진공 챔버(7, 15)는 또한 입구 진공 락(lock) 시스템 및 출구 진공 락 시스템으로 각각 대체될 수도 있다. 후자의 경우, 언코일러(6) 및 코일러(16)는 옥외에 위치시킨다.

도면의 간단한 설명

[0034] 도 1은 본 발명의 제 1 실시형태의 개략 단면도를 도시한다.

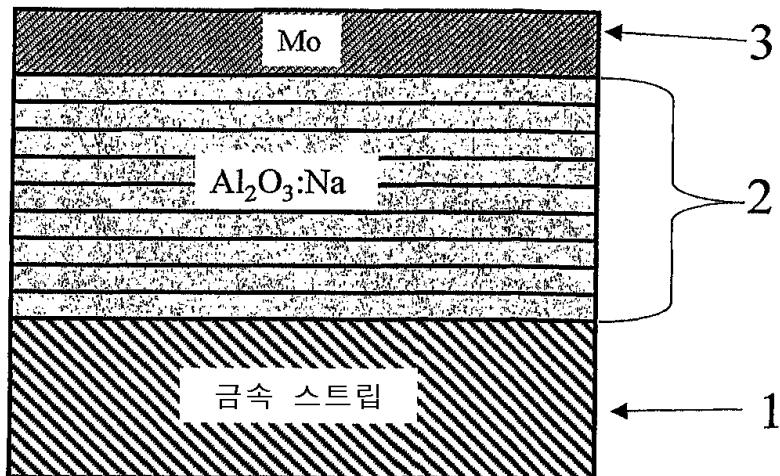
[0035] 도 2는 본 발명의 제 2 실시형태의 개략 단면도를 도시한다.

[0036] 도 3은 본 발명의 두 추가 실시형태의 개략 단면도를 도시한다.

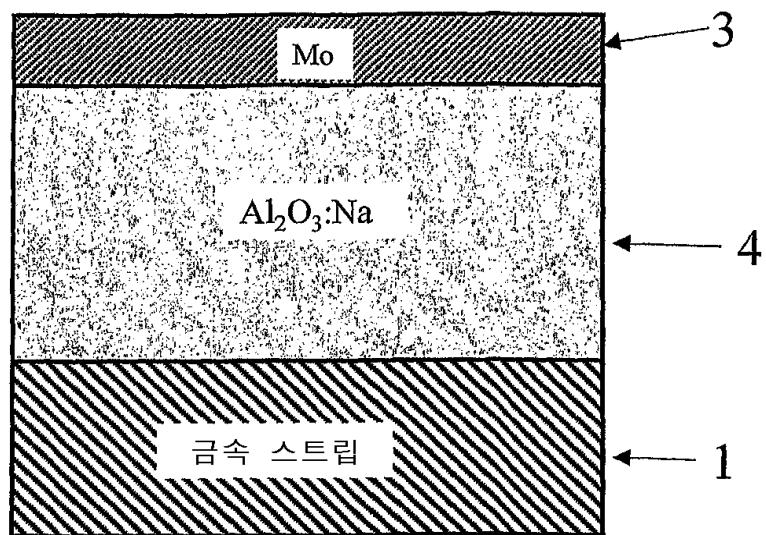
[0037] 도 4는 본 발명에 따른 코팅된 금속 스트립 재료를 제조하기 위한 제조 라인을 개략적으로 도시한다.

도면

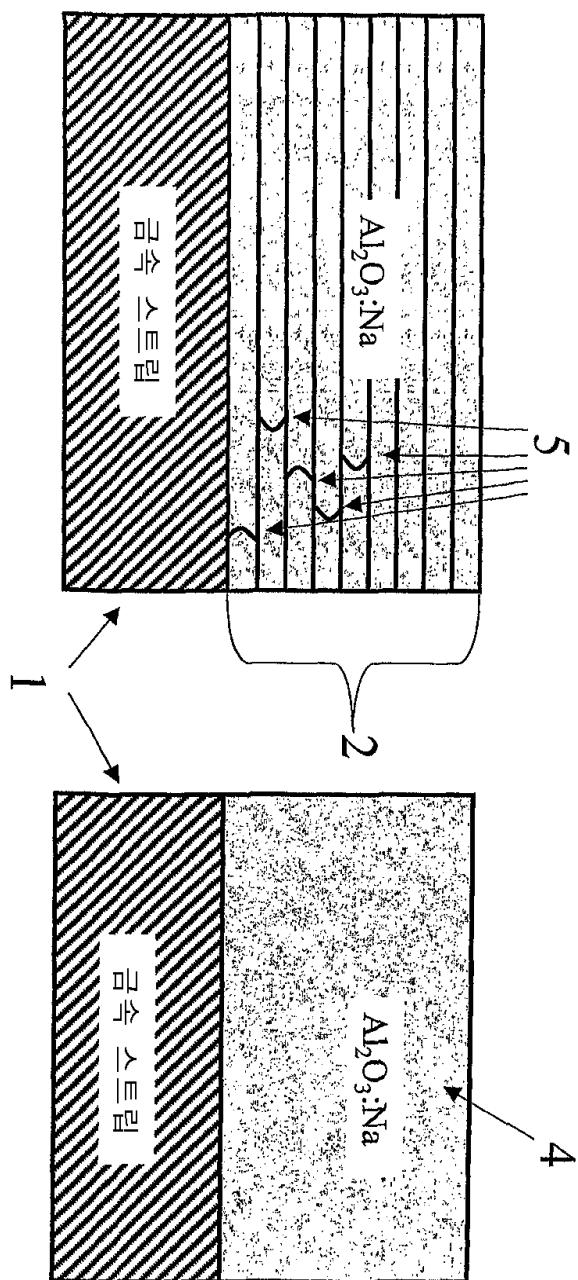
도면1



도면2



도면3



도면4

