(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.[6]
H01L 31/00

(11) 공개번호 특1998-024745
(43) 공개일자 1998년07월06일

(21) 출원번호 특1997-047673
(22) 출원일자 1997년09월19일
(30) 우선권주장 96-248217 1996년09월19일 일본(JP)
(71) 출원인 캐논 가부시끼가이샤 미따라이 후지오
일본 도꾜도 오오따꾸 시모마루꼬 3쪼메 30방 2고
(72) 발명자 니시다 쇼지
일본 도꾜도 오오따꾸 시모마루꼬 3쪼메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤내
(74) 대리인 주성민, 구영창, 장수길

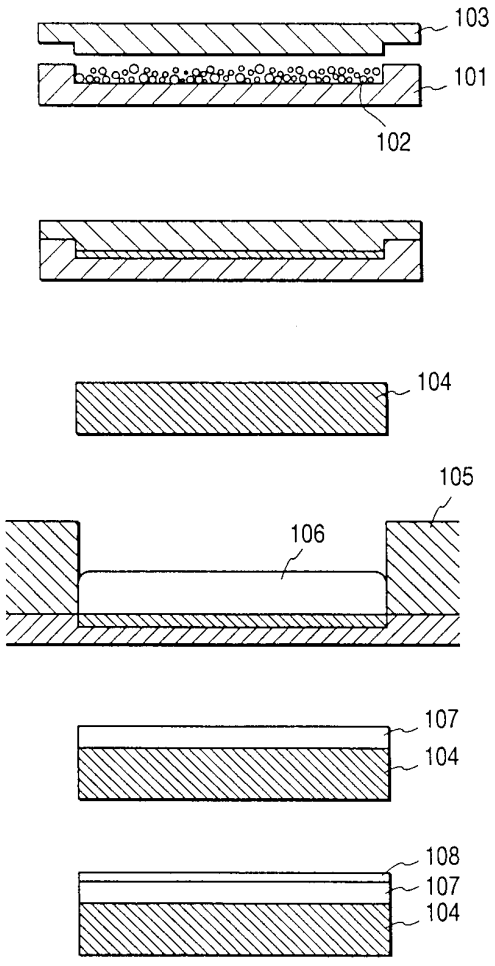
심사청구 : 있음

(54) 태양 전지 제조 방법

요약

금속급 실리콘이 주형 안에서 용융되고 응고되어 판형 실리콘층이 형성되며, 그 위에 결정 실리콘층이 형성된다. 따라서, 슬라이싱 단계 없이도 저가의 태양 전지를 제공할 수 있다.

대표도



명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 따른 태양 전지 제조 방법에서의 각 공정의 일례를 도시한 모식적인 단면도.

도 2는 본 발명에 따른 태양 전지의 제조 방법에서의 각 공정의 다른 일례를 도시한 모식적인 단면도.

도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

101, 103, 201, 203 : 주형

102, 202 : 금속급 실리콘

104, 204 : 실리콘 시트

105, 205, 210 : 탄소 보우트

106, 211 : 인듐

206 : 금속 용매

207 : 재석출 실리콘

107, 208 : 실리콘 (활성)층

108, 209 : n^+층

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 태양 전지 제조 방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는 저가의 기판 상에 적층된 다결정 실리콘 박막을 포함하는 태양 전지에 적절히 응용할 수 있는 태양 전지 제조 방법에 관한 것이다.

각종 기기의 구동 에너지원이나 상용 전원 시스템에 접속된 전원으로서 태양 전지가 널리 연구되고 있으며 몇몇은 실제 사용되고 있다.

태양 전지는 비용적 측면에서 금속과 같은 저가 기판 상에 소자를 형성할 수 있는 것이 요구된다. 한편, 태양 전지를 구성하는 반도체로서는 일반적으로 실리콘이 이용된다. 그 중에서도 광 에너지를 기전력으로 변환하는 효율 즉 광전 변환 효율의 관점에서 단결정 실리콘이 가장 우수하다. 그러나, 대면적화 및 저가화의 관점에서는 비정질 실리콘이 유리하다고 되어 있다. 또한, 최근에는 비정질 실리콘의 저비용과 단결정 실리콘의 고 에너지 변환 효율을 얻을 목적으로 다결정 실리콘의 사용이 검토되고 있다. 그런데, 이러한 단결정이나 다결정 실리콘에서 종래 제안되고 있는 방법은 괴형의 결정을 슬라이싱하여 판형의 기판으로 하기 때문에, 그 두께를 0.3㎜ 이하로 하는 것은 곤란하였다. 따라서, 기판은 광량을 충분히 흡수하는 데 필요 이상의 두께를 갖기 때문에 재료의 효율적인 이용이 충분하지 않았다. 즉, 저가화를 꾀하기 위해서는 한층 더 박형화가 필요하게 된다.

저가화를 목표로 한 다결정 실리콘 기판의 제작 방법으로서 용융한 Si의 액적을 주형으로 유입시키는 스핀법에 의해 실리콘 시트를 형성하는 방법이 제안되고 있지만, 두께는 최저라도 0.1㎜ 내지 0.2㎜ 정도가 되어 결정 Si로서 광 흡수에 필요충분한 막 두께(20㎛ 내지 50㎛)에 비교해서 아직 박형화가 충분하지 않았다. 덧붙여, 이러한 박형화로는, 이미 실리콘 시트 자체가 기판으로서의 강도를 갖는 것이 곤란하더라도 그 결과 필연적으로 실리콘 시트를 지지하는 별도의 염가인 기판이 요구된다고 하는 문제도 있었다.

그래서 금속급 실리콘(metal-grade silicon)으로 이루어진 기판을 형성한 후, 그 위에 광 흡수에 필요 충분한 막 두께를 갖는 실리콘층을 액상 성장법으로 형성하여 태양 전지로 하는 시도가 보고되고 있다(T. F. Ciszek, T. H. Wang, X. Wu, R. W. Burrows, J. Alleman, C. R. Schwer dtfeger and T. Bekkedahl, Si thin layer growth from metal solution on single-crystal and cast metallurgical-grade multicrystalline Si substrates, 23rd IEEE Photovoltaic specialists Conference, (1993) p.65).

그러나, 전술한 방법으로는 금속 용매에 동, 알루미늄 혹은 주석을 이용하여 금속급 실리콘으로 이루어지는 저순도 실리콘 기판 상에 실리콘층을 형성하고 있지만, 어느 하나의 경우도 성장 초기에 자연 산화막 제거를 위해 에치백(etch-back)을 행하기 위해서 주로 결정립계 중에 용매인 금속이 남겨지게 되고 태양 전지로서의 특성은 충분한 것을 얻을 수 없었다. 이 점을 해결할 목적으로 동 및 알루미늄 합금을 용매에 이용하여 에치백을 행하지 않은 방법이 개시되고 있지만(T. H. Wang, T. F. Ciszek, C. R. Schwerdtfeger, H. Moutinho, R. Matson. Growth of silicon thin layers on cast MG-Si from metal solutions for solar cells. Solar Energy Mate rials and Solar Cells 41/42(1996)p.19), 양산화의 점에서는 합금의 조성 제어가 복잡하게 되는 등의 문제가 있다.

또한, 금속급 실리콘으로부터 기판을 제작하는 방법에도 캐스트법에 의해서 잉곳을 형성하고, 이것을 슬라이싱하여 판형 기판을 얻는다고 하는 종래의 다결정 프로세스와 동일하고, 염가인 재료인 금속급 실리콘의 장점이 살려지지 않았다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 특성이 양호한 박막 결정 실리콘 태양 전지의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다. 본 발명의 다른 목적은 금속급 실리콘을 주형 내에서 용융/ 응고 판형으로 하고 그 위에 결정 실리콘층을 형

성함으로써 슬라이스 공정의 필요가 없는 염가인 태양 전지를 제공하는 것에 있다.

본 발명은 전술한 종래 기술에서의 문제를 해결하고, 상기한 목적을 달성해야 하고 본 발명자가 예의 연구를 중첩한 결과 완성에 이른 것이고 특성이 양호해서 염가인 결정 태양 전지의 제조 방법에 관한 것이다.

즉, 본 발명의 태양 전지의 제조 방법은 결정 실리콘 기판 상에 금속 용매를 이용한 액상 성장법에 의해 실리콘층을 형성하는 공정을 포함하는 태양 전지의 제조 방법으로서 상기 결정 실리콘 기판 표면의 불순물 농도의 총량이 10ppm 이상이고 상기 금속 용매가 인듐인 것을 특징으로 한다.

또한, 본 발명의 별도의 태양 전지의 제조 방법은 주형에 넣은 금속급 실리콘의 입자를 용융 및 응고하여 판형의 금속급 실리콘 기판을 형성하는 공정과 인듐을 이용한 액상 성장법에 의해 상기 금속급 실리콘 기판의 표면에 실리콘층을 형성하는 공정을 갖는 것을 특징으로 한다.

또한, 본 발명의 또 하나의 별도의 태양 전지의 제조 방법은 주형에 넣은 금속급 실리콘의 입자를 용융 및 응고하여 판형의 금속급 실리콘 기판을 형성하는 공정과, 상기 금속급 실리콘 기판의 표면을 금속 용매에 의해 용해한 후, 상기 금속 용매 중의 실리콘을 상기 금속급 실리콘 기판의 표면에 석출시켜서 제1 실리콘층을 형성하는 공정과, 또한 인듐을 이용한 액상 성장법에 의해 상기 제1 실리콘층의 표면에 제2 실리콘층을 형성하는 공정을 갖는 것을 특징으로 한다.

이하에서는 본 발명의 제조 방법에서의 주요한 공정 및 구성을 도시한 도 1 및 도 2에 기초하여 본 발명의 작용에 대해 설명한다.

① 입자형의 금속급 실리콘을 가로 방향으로 판형에 홈을 설치한 주형 내에 투입하였다(도 1a).

② 이 주형을 전기 화로 내에 넣어 실리콘의 융점(~ 1415℃) 이상으로 일정 시간 유지함으로써 금속급 실리콘을 용융하였다. 다음에 온도를 내려서 응고시킴으로써 판형의 기판을 제작하였다(도 1b 및 도 1c).

③ 얻어진 금속급 실리콘 기판을 탄소 흑연(carbon graphite) 등으로 형성된 보우트에 설치하고, 수소 분위기 속에서 인듐을 이용한 액상 성장법에 의해 이 기판 상에 실리콘층을 퇴적하였다(도 1d).

④ 이 실리콘층 표면에 접합을 형성하여 태양 전지를 제작하였다(도 1e).

또한 본 발명의 별도의 제조 방법으로는,

⑤ 입자형의 금속급 실리콘을 가로 방향으로 판형에 홈을 설치한 주형 내에 투입하였다(도 2a).

⑥ 이 주형을 전기 화로 내에 넣어 실리콘의 융점(~ 1415℃) 이상으로 일정 시간 유지함으로써 금속급 실리콘을 용융하였다. 다음에 온도를 내려서 응고시킴으로써 판형의 기판을 제작하였다(도 2b 및 도 2c).

⑦ 얻어진 금속급 실리콘 기판을 탄소 흑연 등으로 형성된 보우트 내에 설치하고, 예를 들면 인듐 등의 금속 용매를 금속급 실리콘 기판 상에 접촉시켜서 전기 화로 내에 넣고 금속급 실리콘 기판 표면층을 용매 중에 용해시켰다. 계속해서온도를 내려서 용매 중의 실리콘 농도를 포화 혹은 과포화 상태로 하여 다시 금속급 실리콘 기판 표면 상에 실리콘을 석출시켰다. 이 때 석출된 실리콘은 p형(p^+)이 되었다(도 2d 및 도 2e).

⑧ 얻어진 금속급 실리콘 기판을 탄소 흑연 등으로 형성된 보우트에 설치하고, 수소 분위기 속에서 인듐을 이용한 액상 성장법에 의해 이 기판 상에 실리콘층을 퇴적하였다(도 2f).

⑨ 이 실리콘층 표면에 접합을 형성하여 태양 전지를 제작하였다(도 2g).

이들의 방법에 의하면, 금속급 실리콘 기판 표면에 인듐을 접촉시켜서 액상 성장을 행함으로써 불순물 혼입이 적고, 태양 전지에 적합한 실리콘층을 형성할 수 있다. 또한, 주형을 이용하여 직접 판형의 금속급 실리콘 기판을 형성함으로써, 종래의 캐스트법에서 기판을 슬라이스하는 시간이 걸리는 번거로운 공정이 불필요해진다. 또한 인듐으로 액상 성장하기 전에 기판 표면층을 금속 용매에 의해 용해한 후, 재석출시킴으로서 편석 효과에 의해 대부분의 불순물을 표면층으로부터 제거해 둘 수 있다. 그 때문에, 이 위에 액상 성장함으로써 양질인 실리콘층을 형성할 수 있다. 이 때, 재석출시킨 층 내에는 기판에 포함된 불순물 중 붕소 B가 남기 쉽기 때문에, 재석출 실리콘층은 p형(p^+)이 된다. 이 p형(p^+)층은 태양 전지 제작 시에 BSF(Back Surface Field)층으로서 이용할 수 있다.

발명의 구성 및 작용

본 발명자는 수 많은 실험을 중복함으로써 금속급 실리콘과 같은 저순도 실리콘 기판의 표면에 인듐을 이용한 액상 성장법에 의해 실리콘층을 퇴적시킴으로써 특성이 양호한 박막 결정 태양 전지가 형성할 수 있는 것을 발견하였다. 또한 주형 내에서 용융/ 응고시킨 판형 금속급 실리콘의 표면에 인듐을 이용한 액상 성장법에 의해 실리콘층을 퇴적시킴으로서 특성이 양호한 박막 결정 태양 전지를 형성할 수 있는 것을 발견하였다. 또한 주형 내에서 용융/ 응고시킨 판형 금속급 실리콘의 표면층을 금속 용매로 용해/ 재석출시킨 후에 그 위에 인듐을 이용한 액상 성장법에 의해 실리콘층을 퇴적시킴으로써 양호한 태양 전지가 형성할 수 있는 것을 발견하고, 본 발명의 완성에 이르렀다. 이하에 본 발명에 따른 태양 전지의 제조 방법에 대해 상술한다.

본 발명에 사용되는 액상 성장법은 실리콘 기판 표면에 존재하는 자연 산화막을 제거할 목적으로 수소 분위기 하에서 행해진다. 성장 온도는 500 내지 1100℃의 범위가 바람직하고 보다 적합하게는 700 내지 1050℃의 범위가 선택된다.

본 발명에 사용되는 인듐으로서는 99.9% 내지 99.9999%의 고순도의 것이 이용된다.

또한, 본 발명에 사용되는 액상 성장법으로서는 서냉법이나 온도 차법이 일반적으로 이용되지만, 본 발명

자에 의한 항온법(특개평 6-191987)도 이용할 수 있다.

본 발명의 태양 전지용 기판에 사용되는 금속급 실리콘으로서는 저순도, 구체적으로는 불순물 원소를 0.1% 내지 2% 포함하는 것이 염가로 용이하게 이용된다. 입자형 혹은 분말형으로 하고나서 용융되기 전에 필요에 따라서 미리 염산 등의 산에 의한 처리를 행하고 불순물의 양을 경감해 두는 것도 가능하다.

본 발명에 사용되는 주형으로서는 가로 방향 혹은 세로 방향으로 판형에 홈을 설치한 것이고, 이러한 홈이 하나의 주형 속에 복수개 있더라도 좋다. 주형의 재질로서는 가공의 용이성이나 가격의 점으로부터 탄소 흑연이 이용되지만, 용융/ 응고한 실리콘을 이형시키는 재료가 도포될 수 있고 게다가 융점이 실리콘의 그것 보다도 높은 것이면 무엇이나 좋고, 실리콘·카바이트나 질화 규소 혹은 질화 붕소 등도 사용 가능하다. 또한, 주형은 가로 방향의 홈에 대해서는 수직 방향으로 세로 방향의 홈에 대해서는 수평 방향으로 각각 비대칭으로 형성하거나 방열판을 붙이거나 함으로서 응고 시의 열의 유동을 제어함으로서 금속급 실리콘에 포함되는 불순물을 시트 표면한 쪽으로 편석시키면서 동시에 결정 입자 지름을 확대시키는 것도 가능하다.

본 발명에 사용되는 주형 내에 도포되는 이형제로서는 용융한 실리콘에 대해 반응을 일으키지 않고 접촉각이 큰 것이 선택된다. 구체적으로는 Si_3N_4를 주성분으로 한 것이 이용되고, 필요에 따라서 SiO_2 등이 첨가된다. 이형제의 주형 내로의 피막의 방법으로는 분말형의 Si_3N_4를 분산시킨 유기 용액 혹은 실라놀 용액을 주형 내에 스프레이하고, 400℃ 이상의 열처리로 해서 피막을 형성한다.

본 발명에서 사용되는 금속급 실리콘 기판의 표면을 용해/ 재석출시키는 금속 용매로는 비교적 융점이 낮고, 실리콘 기판의 표면층을 충분히 용해하는 것이 선택된다. 이러한 것으로는 예를 들면 인듐, 갈륨, 주석 등이 적합하다.

또한 본 발명에서 사용되는 인듐에 의한 액상 성장할 때의 보우트나 금속 및실리콘 시트 표면을 금속 용매로 용해/ 재석출시킬 때의 보우트로는 주로 탄소 흑연이 이용되지만, 실리콘· 카바이트나 질화 규소 등도 사용 가능하다. 금속 용매를 실리콘 시트 표면에 접촉시키는 방법으로는 주로 슬라이드 방식이나 tipping 방식이 이용된다.

본 발명에서 사용되는 화로로서는 전기 화로가 제어성 상에서 바람직하고, 실리콘의 융점 이상의 온도까지 안정되게 유지할 수 있는 것이 이용되고, 응고시키는 경우 형성되는 시트의 결정성의 유지의 점으로부터 약 -30℃/min 이하의 속도로 온도를 내릴 수 있는 것이 바람직하다. 또한, 금속 용매로 시트 기판 표면을 용해/ 재석출시키는 경우에 이용되는 화로도 전술한 전기 화로에 준거한다.

이하에서는 상술한 태양 전지의 제조 방법을 얻기 위해서, 본 발명자가 행한 실험에 대해 상술한다.

<실험 1>

본 실험에서는 단결정 기판 표면의 불순물 농도와 단결정 기판 상에 액상 성장시킨 실리콘층을 활성층(발전층)으로서 태양 전지를 형성할 때의 특성의 관련에 대해 검토하였다.

비저항 0.01Ω·㎝의 p^+(100) 단결정 실리콘 기판을 의도적으로 Cu, Fe, Ti 등으로 불순물 오염시켜서, 4단계의 불순물 농도를 갖는 기판을 준비하고, 각각에 대해 수소 분위기 속에서 인듐 혹은 주석을 용매로서 실리콘층을 액상 성장시켜서 그 후에 태양 전지를 제작하여 특성을 조사하였다. 그 때, 불순물 오염시키지 않은 기판 상에 마찬가지로 해서 인듐 혹은 주석을 용매로서 실리콘층을 성장시킨 후에 태양 전지를 제작한 것을 표준으로서 비교하였다.

[표 1]

		불순물 총량			
		1ppm	10ppm	100ppm	1000ppm
태양 전지 특성	In 용매	◎	◎	◎	○
	Sn 용매	○	△	×	×

(◎ : 표준과 동등, ○ : 약간 나쁘다, △ : 꽤 나쁘다, × : 나쁘다)

그 결과, 표 1에 도시한 바와 같이 주석을 용매에 이용한 경우에는 불순물 농도의 총량이 10ppm 이상에서는 특성(변환 효율)이 현저하게 나빠진데 대해 인듐을 용매에 이용한 경우에는 1000ppm 정도에 기판이 오염되어 있더라도 특성에 큰 변화는 보이지 않았다.

이것으로부터, 인듐을 용매에 이용한 액상 성장법에 의해 단결정 실리콘 기판 상에 실리콘층을 성장시킨 경우, 기판의 불순물 농도가 높더라도 양호한 태양 전지 특성을 도시하는 실리콘층이 형성되는 것이 표시되었다.

<실험 2>

본 실험에서는 다결정 기판 표면의 불순물 농도와 다결정 기판 상에 액상 성장시킨 실리콘층을 활성층(발전층)으로서 태양 전지를 형성할 때의 특성의 관련에 대해 검토하였다.

캐스트 잉곳으로부터 슬라이스한 비저항 0.01Ω·㎝의 p^+(100) 다결정 실리콘 기판을 의도적으로 Cu, Fe, Ti 등으로 불순물 오염시키고, 4단계의 불순물 피복도를 갖는 기판을 준비하고, 각각에 대하여 수소 분위기 속에서 인듐 혹은 주석을 용매로서 실리콘층을 액상 성장시키고, 그 후에 태양 전지를 제작하여 특성

을 조사하였다. 그 때, 불순물 오염시키지 않은 기판 상에 마찬가지로 해서 인듐 혹은 주석을 용매로서 실리콘층을 성장시킨 후에 태양 전지를 제작한 것을 표준으로서 비교하였다.

[표 2]

		불순물 총량			
		1ppm	10ppm	100ppm	1000ppm
태양 전지 특성	In 용매	◎	◎	◎	○
	Sn 용매	○	×	×	×

(◎ : 표준과 동등, ○ : 약간 나쁘다, △ : 꽤 나쁘다, × : 나쁘다)

그 결과, 표 2에 도시한 바와 같이 주석을 용매에 이용한 경우에는 불순물 농도의 총량이 10ppm 이상에서는 특성(변환 효율)이 현저하게 나빠진데 대해 인듐을 용매에 이용한 경우에는 1000ppm 정도에 기판이 오염되어 있더라도 특성에 큰 변화는 보이지 않았다.

이것으로부터, 인듐을 용매에 이용한 액상 성장법에 의해 다결정 실리콘 기판 상에 실리콘층을 성장시킨 경우, 기판의 불순물 농도가 높더라도 양호한 태양 전지 특성을 나타내는 실리콘층이 형성되는 것이 나타났다.

실험 1 및 실험 2의 결과로부터, 인듐을 용매에 이용한 액상 성장법에 의해 10ppm 이상의 불순물 농도를 갖는 결정 실리콘 기판 상에 실리콘층을 형성하더라도 양질인 실리콘층을 얻을 수 있는 것을 알 수 있었다.

이 이유로서 ① 인듐은 금속 원소와 합금을 만들기 쉽기 때문에 기판으로부터 나온 불순물은 인듐 용매 중에 멈추는 것 및 ② 퇴적 중의 실리콘층에 인듐이 들어 가기 어려운 것(예를 들면, 950℃에서 액상 성장시킨 실리콘층 중 인듐 농도는 $5\times10^{14}/cm^3$ 이하)에 의한 것이기 때문이라고 생각할 수 있다.

<실험 3>

본 실험에서는 입자형의 금속급 실리콘을 용해/ 응고하고, 시트형의 금속급 실리콘을 형성하는 방법을 검토하였다.

도 1a에 도시한 바와 같이 가로 방향으로 판형의 홈을 설치한 탄소 제조의 주형(101)을 형성하고, 홈의 표면에 응고한 실리콘을 용이하게 추출할 목적으로 Si_3N_4막을 도포하였다. 입자형의 금속급 실리콘(102)을 주형 내의 홈에 투입하고, 덮개(주형 : 103)를 씌우고 전기 화로 내에 두었다. 실리콘의 융점 보다도 높은 일정 온도로 어느 정도의 시간 유지하고 일 입자형 금속급 실리콘을 융액으로 하였다. 다음에 전기 화로의 온도를 서서히 내려서 금속급 실리콘을 응고시켰다. 응고한 판형의 시트(104)를 주형으로부터 추출하고, 시트 표면 부근의 원소 분석을 하였다. 표 3에 원료의 금속급 실리콘 형성한 시트의 불순물 분석의 결과를 도시한다.

[표 3]

불순물	입자형 금속 및 Si	시트형 금속 및 Si
B	50ppm	60ppm
Al	4500ppm	350ppm
Ni	510ppm	20ppm
Fe	8200ppm	4ppm
Cr	370ppm	2ppm
Mn	130ppm	1ppm
Ti	250ppm	4ppm

전체적으로 불순물의 대폭적인 감소를 볼 수 있고, 총량으로 약 1/30이 되었다.

Secco 에칭에 의해 결정립계를 현재화시킨 바 얻어진 시트의 결정 입자 지름은 수㎜ 내지 수㎝까지 확대하고 있고, 통상의 캐스팅법에서 얻을 수 있는 실리콘 잉곳의 경우와 동등하였다.

<실험 4>

본 실험에서는 시트형의 금속급 실리콘 기판 즉 실리콘 시트 상에 불순물의보다 적은 p^+실리콘층을 형성하는 방법을 검토하였다. 실험 3에서 얻어진 시트를 도 2d에 도시한 바와 같은 탄소 보우트(205) 내에 설치하고, 인듐의 금속 용매(206)를 시트 상에 접촉시켜서 전기 화로 내에 넣고, 1000℃로 유지하여 금속급 실리콘 시트 표면층을 인듐 용매 중에 용해시켰다. 이 상태를 잠시 유지하고 충분히 포화한 후, 전기 화로를 제어하고 온도를 내려서, 용매 중의 실리콘을 다시 실리콘 시트 표면 상에 석출시켰다. 일정 시간 석출시킨 후, 시트에 접촉시킨 인듐 용매를 제거하여 원하는 실리콘 석출층(207)을 얻었다.

표 4는 얻어진 시트의 표면 즉 실리콘 시트의 표면에 석출한 실리콘층에 포함되는 원소를 분석한 결과이

다.

[표 4]

불순물	석출 실리콘층
B	10ppm
Al	3ppm
Ni	<5ppm
Fe	2.5ppm
Cr	0.6ppm
Mn	<0.2ppm
Ti	<1ppm

표 4로부터 석출한 실리콘층은 시트형의 금속급 실리콘에 비교해서 총량으로 1/20 이하로 또한 불순물의 량이 감소하고 있는 것이 확인되었다.

또한 열기 전력법에 의해 pn판정한 바 석출한 실리콘층(207)은 p형(p^+)인 것을 알 수 있었다.

<실험 5>

본 실험에서는 실험 3, 실험 4에서 얻어진 금속급 실리콘 시트 상에 인듐을 용매로 한 액상 성장법에 의해 실리콘층을 형성하고, 그 표면 형태 등을 조사하였다.

실험 3에서 제작한 시트 기판(104)을 도 1d에 도시한 바와 같이 탄소 흑연으로 형성된 보우트 내에 설치하고 수소 분위기 중에서 과냉각도 4℃, 성장 개시 온도 950℃로서 온도를 내리는 속도 -1℃/min에서 실리콘층(107)을 30㎛ 형성하였다. 이 실리콘층(107)이 형성된 실리콘 시트를 시트 1로 한다. 또한 마찬가지로 해서 실험 4에서 제작할 때 석출 실리콘층(p^+ : 207)을 갖는 시트 기판을 도 2f에 도시한 바와 같이 탄소 흑연으로 형성된 보우트 내에 설치하고 수소 분위기 중에서 과냉각도 4℃, 성장 개시 온도 950℃로서 온도를 내리는 속도 -1℃/min에서 시트 기판의 p^+층(207) 상에 실리콘층(208)을 30㎛ 형성하였다. 이 실리콘층(208)이 형성된 실리콘 시트를 시트 2로 한다.

실리콘층(107, 208)을 형성한 후, 실리콘층(107, 208) 표면을 광학 현미경 및 주사형 전자 현미경으로 관찰하였다. 그 결과, 어느 하나의 경우도 실리콘 시트(104)의 표면 혹은 p^+층(207)의 표면과 동등하고, 비교적 평탄한 실리콘층(107, 208)을 얻을 수 있었다. 또한, 실리콘층(107, 208)의 결정 입자 지름도 각각 기초인 실리콘 시트(104, 204)의 크기를 계승하고 있었다. 또한, 성장시킨 실리콘 중 표면(107, 208)의 표면의 에치 피트 밀도는 각각 약 1×10^5개/㎠ 및 약 2×104개/㎠였다.

<실험 6>

본 실험에서는 실험 5에서 제작한 시트(1, 2) 상의 실리콘층(107, 208)을 활성층으로서 박막 태양 전지를 형성하였다.

실리콘층(107, 208)의 표면에, 이온 주입법에 의해 80keV, 1×10^{15}/㎠의 조건으로 P를 주입하고, 950℃, 30분간의 어닐링 처리를 행하고 n^+층(108, 209)을 형성하였다.

그 후, n^+층(108, 209) 상에 투명 전극(ITO(0.085㎛))을 투명 전극 상에 집전 전극(Cr(0.02㎛)/ Ag(1㎛)/ Cr(0.004㎛))을 진공 증착에 의해 순차 형성하였다.

또한 기판인 시트(1, 2)의 이면에, Al을 증착하여 이면 전극을 형성하였다.

이와 같이 제작한 박막 결정 태양 전지에 대해 AM1.5(100㎽/㎠) 광 조사 하에서의 I-V 특성을 측정하였다. 그 결과, 시트(1)의 태양 전지에 대해 셀 면적 2㎠에서 개방 전압 0.56V, 단락 광전류 27㎃/㎠, 곡선 인자 0.75가 되고, 변환 효율 11.3%를 얻었다. 또한 시트(2)의 태양 전지에 대해 셀면적 2㎠로 개방 전압 0.57V, 단락 광전류 28㎃/㎠, 곡선 인자 0.78이 되고, 변환 효율 12.4%를 얻었다.

상술한 각 실험의 결과로부터 10ppm 이상의 불순물 농도를 갖는 결정 실리콘 기판 상에 인듐을 용매에 이용한 액상 성장법으로 실리콘층을 형성함으로써, 양질인 실리콘층을 얻을 수 있는 것, 또한 입자형의 금속급 실리콘을 용융/ 응고하여 실리콘 시트를 제작하고, 그 표면을 금속 용매로 용해/ 재석출시켜서 p형(p^+)의 실리콘층(207)을 형성한 후, 그 위에 인듐을 용매에 이용한 액상 성장법으로 실리콘층을 형성함으로서 양호한 특성을 갖는 박막 결정 태양 전지를 형성할 수 있는 것을 알 수 있었다.

또, 본 발명에서 제작되는 실리콘층의 두께는 효율이 좋은 광 흡수의 관점으로부터 바람직하게는 10㎛ 이상 보다 바람직하게는 10㎛ 이상 100㎛ 이하 더욱 바람직하게는 10㎛ 이상 50㎛ 이하로 되는 것이 바람직하다.

<실시예>

이하에서는 본 발명에 따른 태양 전지의 제조 방법을 보다 상세하게 설명하지만, 본 발명은 이들의 실시예에 의해 아무런 한정되는 것은 아니다.

<실시예 1>

본 예에서는 잉곳으로부터 슬라이스한 저순도 실리콘 웨이퍼 상에 인듐을 이용한 액상 성장법에 의해 실

리콘층을 퇴적하고, 이것을 활성층으로서 박막 태양 전지를 형성하였다.

순도 98%의 금속급 실리콘을 원료로서 CZ(Czochralski)법에 의해 잉곳을 인상하고 0.5㎜ 두께의 웨이퍼형으로 슬라이스하여 금속급 실리콘 기판을 제작하였다. 제작한 금속급 실리콘 기판의 표면 부근의 원소 분석을 행한 바 표 5의 결과를 얻었다.

[표 5]

불순물	금속 및 Si 기판
B	8ppm
Al	2ppm
Ni	< 5ppm
Fe	1ppm
Cr	0.6ppm
Mn	< 0.2ppm
Ti	< 1ppm

또한, 금속급 실리콘 기판의 결정 입자 지름은 수㎜ 내지 수㎝이고, 비저항은 0.05Ω · ㎝(p형)였다. 제작한 금속급 실리콘 기판을 탄소 보우트 내에 설치하고 인듐을 용매에 이용한 액상 성장법에 의해, 수소 분위기 중에서 과냉각도 7℃, 성장 개시 온도 950℃로서 온도를 내린 속도 -2℃/min에서 실리콘층을 50㎛ 형성하였다.

다음에, 실리콘층의 표면에 $POCl_3$를 확산원으로서 900℃의 온도로 P의 열확산을 행하여 n^+층을 형성하고 0.5㎛ 정도의 접합 깊이를 얻었다. 형성된 n^+층 표면의 데드층을 에칭에 의해 제거하고 약 0.2㎛가 적절한 표면 농도를 갖는 접합 깊이를 얻었다. 또한 n^+층 상에 투명 도전막 ITO를 약 0.1㎛ 전자빔 증착하여 형성하고, 또한 그 위에 집전 전극(Cr(0.02㎛)/Ag(1㎛)/Cr(0.004㎛))을 진공 증착에 의해 형성하였다. 또한 기판인 시트의 이면에도 Al을 증착하여 이면 전극을 형성하였다.

이와 같이 해서 제작한 박막 결정 태양 전지에 대해 AM1.5(100㎽/㎠) 광조사 하에서의 I-V 특성에 대해 측정을 행한 바 셀 면적 2㎠로 개방 전압 0.57V, 단락 광전류 31㎃/㎠, 곡선 인자 0.770이 되고, 변환 효율 13.6%를 얻었다.

< 실시예 2 >

본 예에서는 입자형의 금속급 실리콘을 용해/ 응고하고, 시트형의 금속급 실리콘을 제작하고 이 위에 인듐을 이용한 액상 성장법에 의해 실리콘층을 퇴적하고 이것을 활성층으로서 박막 태양 전지를 형성하였다. 이하에서는 도 1의 제조 공정의 순서에 따라서 설명한다.

(1) 120℃로 가열한 염산/ 과산화 수소수 혼합 용액에 분말형의 금속급 실리콘(순도 98%)을 통해서 불순물을 침지시킨 후, 수세/ 건조하고나서 도 1a에 도시한 바와 같이 탄소 흑연 제조의 주형 내의 홈에 충전하였다. 이 때, 주형의 홈의 내면에는 미리 Si_3N_4 분말을 분산시킨 실라놀 용액을 주형 내에 도포하고 400℃의 열처리로 해서 이형용 피막을 형성해 두었다.

(2) 전기 화로 내에 주형을 몰입하고 실리콘의 융점 보다도 높은 일정 온도(1500℃)로 유지하였다. 적당한 시간(30분 내지 1시간) 경과한 바 -10℃/min의 온도를 내린 속도로 서냉하여 응고시킴으로써 시트형의 금속급 실리콘(실리콘 시트 : 104)를 얻었다.

표 6은 제작한 실리콘 시트(104)의 표면 부근의 원소 분석을 행한 결과이다. 표 6으로부터 원료인 금속급 실리콘에 비교해서 실리콘 시트 내의 불순물량은 대폭 감소하고 있는 것이 확인되었다. 또한, 실리콘 시트의 결정 입자 지름은 수㎜ 내지 수㎝이고 비저항은 0.01Ω · ㎝(p형)였다.

[표 6]

불순물	석출 실리콘층
B	12ppm
Al	30ppm
Ni	< 5ppm
Fe	1ppm
Cr	0.8ppm
Mn	< 0.2ppm
Ti	< 1ppm

(3) 제작한 실리콘 시트를 도 1d에 도시한 바와 같은 탄소 보우트 내에 설치하고, 인듐을 용매에 이용한 액상 성장법에 의해 수소 분위기 중에서 과냉각도 5℃, 성장 개시 온도 950℃로서 온도를 내린 속도 -1.5℃/min에서 실리콘층을 50㎛ 형성하였다.

(4) 실리콘층의 표면에 $POCl_3$를 확산원으로서 900℃의 온도로 P의 열확산을 행하고 n^+층을 형성하고, 0.5

㎛ 정도의 접합 깊이를 얻었다. 형성된 n^+층 표면의 데드층을 에칭에 의해 제거하고 약 0.2㎛가 적절한 표면 농도를 갖는 접합 깊이를 얻었다.

(5) 또한 n^+층 상에 투명 전극으로서 약 0.1㎛ 두께의 ITO를 전자빔 증착으로 형성하였다.

(6) 투명 전극 상에 집전 전극(Cr(0.02㎛)/Ag(1㎛)/Cr(0.004㎛))을 진공 증착에 의해 형성하였다.

(7) 또한 기판인 실리콘 시트의 이면에 Al을 증착하여 이면 전극을 형성하였다.

이와 같이 제작한 박막 결정 태양 전지에 대해 AM 1.5(100㎽/㎠) 광 조사 하에서의 I-V 특성을 측정하였다. 그 결과, 셀면적 2㎠에서 개방 전압 0.56V, 단락 광전류 30㎃/㎠, 곡선 인자 0.78이 되고, 변환 효율 13.1%를 얻었다.

<실시예 3>

본 예에서는 실리콘 시트에 주석의 금속 용매(206)를 접촉시켜서 p^+실리콘층을 형성하고, 이 위에 인듐을 이용한 액상 성장법에 의해 실리콘층을 퇴적하고 이것을 활성층으로서 박막 태양 전지를 형성하였다. 이하에서는 도 2의 제조 공정의 순서에 따라 설명한다.

(1) 120℃로 가열한 염산/ 과산화 수소수 혼합 용액에 분말형의 금속급 실리콘을 통해 불순물을 침지시킨 후, 수세/ 건조하고나서 도 2a에 도시한 바와 같이 탄소 흑연 제조의 주형 내의 홈에 충전하였다. 이 때 주형의 홈 내면에는 미리 Si_3N_4 분말을 분산시킨 실라놀 용액을 주형 내에 도포하고 400℃의 열처리를 하여 이형용 피막을 형성해 두었다.

(2) 전기 화로 내에 주형을 투입하고 실리콘의 융점 보다도 높은 일정 온도(1460℃)로 유지하였다. 적당한 시간(30분 내지 1시간) 경과한 바 -6℃/min의 온도를 내린 속도로 서냉하여 응고시킴으로써 시트형의 금속급 실리콘(실리콘 시트: 204)을 얻었다.

(3) 응고한 판형의 실리콘 시트를 주형으로부터 추출한 후 제작한 실리콘시트를 도 2d에 도시한 바와 같은 탄소 보우트 내에 설치하였다. 다음에 주석으로 이루어지는 금층 용매를 실리콘 시트 상에 접촉시켜서 전기 화로 내에 넣었다. 전기화로 내를 1050℃로 유지하고 실리콘 시트의 표면층을 주석 용매 중에 용해시켰다. 이 상태에서 수시간 두고서 충분히 포화한 바 전기 화로를 제어하여 온도를 -3℃/min의 속도로 내리고 용매 중의 실리콘을 다시 실리콘 시트의 표면 상에 석출시켰다. 1시간 석출시킨 후 보우트를 슬라이드시켜서 시트 상의 동 용매를 제거하여 원하는 실리콘 석출층(207)을 얻었다.

표 7은 얻어진 시트의 표면, 즉 실리콘 시트의 표면에 석출한 실리콘층(207)에 포함되는 원소를 분석한 결과이다.

[표 7]

불순물	석출 실리콘층
B	6ppm
Al	0.4ppm
Ni	<5ppm
Fe	1.4ppm
Cr	0.03ppm
Mn	<0.2ppm
Ti	<1ppm

표 7로부터, 원료인 입자형의 금속급 실리콘에 비교해서, 석출시킨 실리콘층(207)은 현저하게 불순물 양이 감소하고 있는 것이 확인되었다. 또한 얻어진 재석출 실리콘층의 두께는 SEM/ EDX에 의한 단면 관찰로부터 약 60㎛였다.

또한, 열기 전력법에 의한 pn판정으로는 석출한 실리콘층은 p형(p^+)인 것을 알 수 있었다.

(4) 제작한 실리콘 시트를 도 2f에 도시한 바와 같은 탄소 보우트 내에 설치하고, 인듐을 용매에 이용한 액상 성장법에 의해, 수소 분위기 중에서 과냉각도 7℃, 성장 개시 온도 930℃로서 온도를 내린 속도 -25℃/min에서 실리콘층을 40㎛ 형성하였다.

(5) 실리콘층의 표면에 $POCl_3$를 확산원으로서 900℃의 온도로 P의 열확산을 행하여 n^+층을 형성하고, 0.5㎛ 정도의 접합 깊이를 얻었다. 형성된 n^+층 표면의 데드층을 에칭에 의해 제거하고, 약 0.15㎛가 적절한 표면 농도를 갖는 접합 깊이를 얻었다.

(6) 또한 n^+층 상에 투명 전극으로서 약 0.1㎛ 두께의 ITO를 전자빔 증착으로 형성하였다.

(7) 투명 전극 상에 집전 전극(Cr(0.02㎛)/ Ag(1㎛)/ Cl(0.004㎛))을 진공 증착에 의해 형성하였다.

(8) 또한 기판인 실리콘 시트의 이면에 Al을 증착하여 이면 전극을 형성하였다.

이와 같이 제작한 박막 결정 태양 전지에 대해 AM1.5(100㎽/㎠) 광 조사 하에서의 I-V 특성을 측정하였다. 그 결과, 셀면적 2㎠에서 개방 전압 0.58V, 단락 광전류 31A/㎠, 곡선 인자 0.76이 되고 변환 효율 13.7%를 얻었다.

<실시예 4>

본 예에서는 갈륨으로 이루어지는 금속 용매와 SiC 제조의 주형을 이용하여 태양 전지를 형성한 점이 실시예 3과 다르다.

이하에서는 도 2의 제조 공정의 순서에 따라 설명한다.

(1) 도 2a에 도시한 바와 같은 SiC 제조의 주형을 제작한 후, 주형 내의 홈의 내면에 Si_3N_4 분말을 분산시킨 실라놀 용액을 도포하고 600℃의 열처리로 해서 이형용 피막을 형성하였다.

(2) 120℃로 가열한 염산/ 과산화 수소수 혼합 용액에 분말형의 금속급 실리콘을 통해 불순물을 침지시킨 후, 수세/ 건조하고나서 주형 내의 홈에 충전하였다.

(3) 전기 화로 내에 주형을 투입하고, 1480℃의 일정 온도에 유지하였다. 40분 정도 경과한 바 -7.5℃/min의 온도를 내린 속도로 서냉하고 응고시킴으로써 시트형의 금속급 실리콘(실리콘 시트: 204)를 얻었다.

(4) 응고한 판형의 실리콘 시트를 주형으로부터 추출하고, 얻어진 실리콘 시트를 도 2d에 도시한 바와 같은 탄소 보우트 내에 설치하고 갈륨의 금속 용매를 시트 상에 접촉시켜서 전기 화로 내에 넣고, 650℃로 유지하여 실리콘 시트 표면층을 갈륨 용매 중에 용해시켰다. 이 상태에서 수시간 두고서 충분히 포화한 바 다음에 전기 화로를 제어 온도를 -4℃/min의 속도로 내리고 용매 중의 실리콘을 다시 실리콘 시트 표면 상일 때 석출시켰다. 30분간 석출시킨 후, 보우트를 슬라이드시켜서 시트 상의 갈륨 용매를 제거하고 원하는 실리콘 석출층(207)을 얻었다.

표 8은 얻어진 시트의 표면 즉 실리콘 시트의 표면에 석출한 실리콘층(207)에 포함되는 원소를 분석한 결과이다.

[표 8]

불순물	석출 실리콘층
B	8ppm
Al	<0.1ppm
Ni	<5ppm
Fe	0.2ppm
Cr	<0.01ppm
Mn	<0.2ppm
Ti	<1ppm

표 8로부터 원료인 입자형 금속급 실리콘에 비교해서, 석출시킨 실리콘층(207)은 현저하게 불순물 량이 감소하고 있는 것이 확인되었다. 또한 얻어진 재석출 실리콘층의 두께는 SEM/ EDX에 의한 단면 관찰로부터 약 40㎛였다.

또한 열기 전력법에 의한 pn 판정에서는 석출한 실리콘층은 p형(p^+)인 것을 알 수 있었다.

(5) 제작한 실리콘 시트를 도 2f에 도시한 바와 같은 탄소 보우트 내에 설치하고 인듐을 용매에 이용한 액상 성장법에 의해 수소 분위기 중에서 과냉각도 6℃, 성장 개시 온도 940℃로서 온도를 내린 속도 -1.0℃/min에서 실리콘층을 40㎛ 형성하였다.

(6) 실리콘층의 표면에 $POCl_3$를 확산원으로서 900℃의 온도로 p의 열확산을 행하여 n^+층을 형성하고 0.5㎛ 정도의 접합 깊이를 얻었다. 형성된 n^+층 표면의 데드층을 에칭에 의해 제거하고 약 0.2㎛가 적절한 표면 농도를 갖는 접합 깊이를 얻었다.

(7) 또한 n^+층 상에 투명 전극으로서 약 0.1㎛ 두께의 ITO를 전자빔 증착으로 형성하였다.

(8) 투명 전극 상에 집전 전극(Cr(0.02㎛)/ Ag(1㎛)/ Cr(0.004㎛))을 진공 증착에 의해 형성하였다.

(9) 또한 기판인 실리콘 시트의 이면에 Al을 증착하여 이면 전극을 형성하였다.

이와 같이 제작한 박막 결정 태양 전지에 대해 AM1.5(100㎽/㎠) 광 조사 하에서의 I-V 특성을 측정하였다. 그 결과, 셀면적 2㎠에서 개방 전압 0.56V, 단락 광전류 30㎃/㎠, 곡선 인자 0.76이 되고 변환 효율 12.8%를 얻었다.

<실시예 5>

본 예에서는 인듐의 금속 용매와 Si_3N_4 제조의 주형을 이용하여 태양 전지를 형성한 점이 실시예 3과 다르다.

이하에서는 도 2의 제조 공정의 순서에 따라서 설명한다.

(1) 도 2a에 도시한 바와 같은 Si_3N_4 제조의 주형을 제작하고, 120℃로 가열한 염산/ 과산화 수소수 혼합 용액에 분말형의 금속급 실리콘을 통해서 불순물을 침지시킨 후, 수세/ 건조하고나서 주형 내의 홈에 충전하였다. 전기 화로 내에 주형을 투입하고 1460℃의 일정 온도로 유지하였다. 1시간 경과한 바 -5℃/min의 온도를 내린 속도로 서냉하고 응고시킴으로써 시트형의 금속급 실리콘(실리콘 시트: 204)를 얻었다.

(2) 응고한 판형의 실리콘 시트를 주형으로부터 추출하고, 얻어진 실리콘 시트를 도 2d에 도시한 바와 같은 탄소 보우트 내에 설치하고, 인듐의 금속 용매를 시트 상에 접촉시켜서 전기 화로 내에 넣고, 800℃로 유지하여 금속급 실리콘 시트 표면층을 In 용매 중에 용해시켰다. 이 상태에서 수시간 두고서 충분히 포화한 바 다음에 전기 화로를 제어하여 온도를 -3℃/min의 속도로 내리고 용매 중의 실리콘을 다시 실리콘 시트 표면 상에 석출시켰다. 2시간 석출시킨 후 보우트를 슬라이드시켜서 시트 상의 인듐 용매를 제거하여 원하는 실리콘 석출층(207)을 얻었다.

표 9는 얻어진 시트의 표면, 즉 실리콘 시트의 표면에 석출한 실리콘층(207)에 포함되는 원소를 분석한 결과이다.

[표 9]

불순물	석출 실리콘층
B	5ppm
Al	<0.1ppm
Ni	<5ppm
Fe	0.1ppm
Cr	<0.01ppm
Mn	<0.2ppm
Ti	<1ppm

표 9로부터, 원료인 입자형의 금속급 실리콘에 비교해서 석출시킨 실리콘층(207)은 현저하게 불순물의 량이 감소하는 것이 확인되었다. 또한 얻어진 재석출 실리콘층의 두께는 SBM/ EDX에 의한 단면 관찰로부터 약 40㎛였다.

또한 열기 전력법에 의한 pn판정으로는 석출한 실리콘층은 p형(p^+)인 것을 알 수 있었다.

(3) 이 실리콘 시트의 표면, 즉 석출시킨 실리콘층(207) 상에 전술한 용해/ 재석출의 공정에서 사용한 인듐 금속 용매는 별도의 인듐을 용매에 이용하여 액상 성장을 행하였다. 수소 분위기 중에서 과냉각도 4℃, 성장 개시 온도 950℃로서 온도를 내린 속도 -1℃/min에서 실리콘층을 50㎛ 형성하였다.

(4) 실리콘층의 표면에 $POCl_3$를 확산원으로서 900℃의 온도에서 P의 열확산을 행하고 n^+층을 형성하고 0.5㎛ 정도의 접합 깊이를 얻었다. 형성된 n^+층 표면의 데드층을 에칭에 의해 제거하고 약 0.2㎛가 적절한 표면 농도를 갖는 접합 깊이를 얻었다.

(5) 공정 (4)에서 제작한 n^+층 상에 투명 전극으로서 약 0.1㎛ 두께의 ITO를 전자빔 증착으로 형성하였다.

(6) 투명 전극 상에 집전 전극(Cr(0.02㎛)/ Ag(1㎛)/ Cr(0.004㎛))을 진공 증착에 의해 형성하였다.

(7) 또한 기판인 실리콘 시트의 이면에 Al을 증착하여 이면 전극을 형성하였다.

이와 같이 제작한 박막 결정 태양 전지에 대해 AM1.5(100㎽/㎠) 광조사 하에서의 I-V 특성을 측정하였다. 그 결과, 셀면적 2㎠에서 개방 전압 0.58V, 단락 광전류 31㎃/㎠, 곡선 인자 0.78이 되고, 변환 효율 14.0%를 얻었다.

발명의 효과

이상 진술한 바와 같이 본 발명에 의하면, 특성이 양호한 박막 결정 실리콘 태양 전지를 잉곳으로부터 슬라이스하는 일 없이 간편한 공정에서 제조 가능해졌다. 이에 따라, 양산성이 있는 염가로 양질의 박막 태양 전지를 시장에 제공할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

금속 용매를 사용한 액상 성장법으로 결정 실리콘 기판 상에 실리콘층을 형성하는 단계를 포함하는 태양 전지 제조 방법에 있어서,

상기 결정 실리콘 기판 표면의 총 불순물 농도는 10 ppm 이상이고, 상기 금속 용매는 인듐인 것을 특징으로 하는 태양 전지 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 액상 성장법은 수소 분위기에서 이루어지는 것을 특징으로 하는 태양 전지 제조 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 결정 실리콘 기판은 10 ppm 이상의 불순물을 함유한 금속급 실리콘(metal-grade silicon)으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 태양 전지 제조 방법.

청구항 4

주형에 넣은 금속급 실리콘 입자들을 용융 및 응고시켜 판형의 금속급 실리콘 기판을 형성하는 단계; 및

인듐을 사용한 액상 성장법으로 상기 금속급 실리콘 기판의 표면 상에 실리콘층을 형성하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 태양 전지 제조 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 주형의 재질은 탄소 흑연(carbon graphite), 실리콘 탄화물, 및 실리콘 질화물로 구성된 그룹으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 태양 전지 제조 방법.

청구항 6

제4항 또는 제5항에 있어서, 상기 금속급 실리콘 기판과 접촉하는 상기 주형의 표면에는 적어도 실리콘 질화물을 함유하는 이형제(mold releasing agent)가 피막되어 있는 것을 특징으로 하는 태양 전지 제조 방법.

청구항 7

주형에 넣은 금속급 실리콘의 입자들을 용융 및 응고시켜 판형의 금속급 실리콘 기판을 형성하는 단계;

상기 금속급 실리콘 기판의 표면을 금속 용매로 용해한 후, 상기 금속 용매 중의 실리콘을 상기 금속급 실리콘 기판의 표면에 석출시켜 제1 실리콘층을 형성하는 단계; 및

인듐을 사용한 액상 성장법으로 상기 제1 실리콘층의 표면에 제2 실리콘층을 더 형성하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 태양 전지 제조 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 주형의 재질은 탄소 흑연, 실리콘 탄화물, 및 실리콘 질화물로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 태양 전지 제조 방법.

청구항 9

제7항 또는 제8항에 있어서, 상기 금속급 실리콘 기판과 접촉하는 상기 주형의 표면에는 적어도 실리콘 질화물을 함유하는 이형제가 피막되어 있는 것을 특징으로 하는 태양 전지 제조 방법.

청구항 10

제7항에 있어서, 상기 제1 실리콘층은 10 ppm 내지 100 ppm의 불순물을 함유하는 p형 실리콘인 것을 특징으로 하는 태양 전지 제조 방법.

청구항 11

제7항에 있어서, 상기 금속 용매는 인듐, 갈륨, 및 주석으로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 태양 전지 제조 방법.

청구항 12

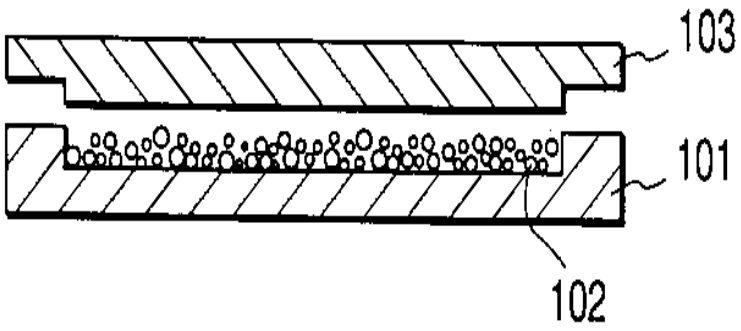
제1항에 있어서, 상기 실리콘층의 두께는 10 ㎛ 이상인 것을 특징으로 하는 태양 전지 제조 방법.

청구항 13

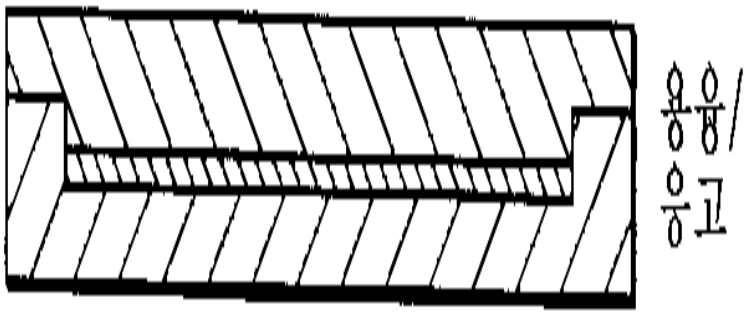
제7항에 있어서, 상기 실리콘층의 두께는 10 ㎛ 이상인 것을 특징으로 하는 태양 전지 제조 방법.

도면

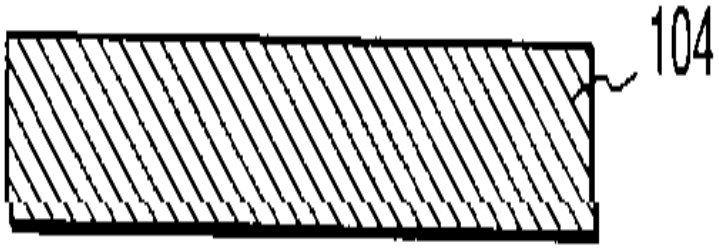
도면1a



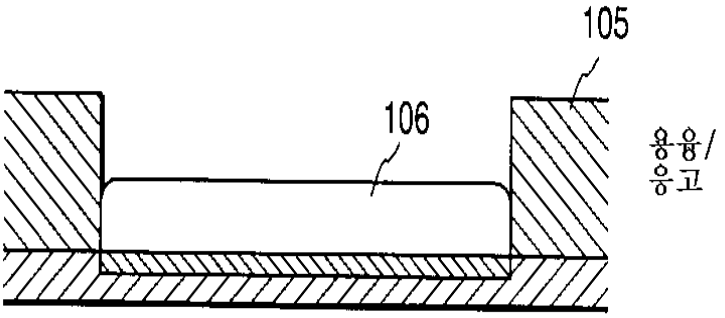
도면1b



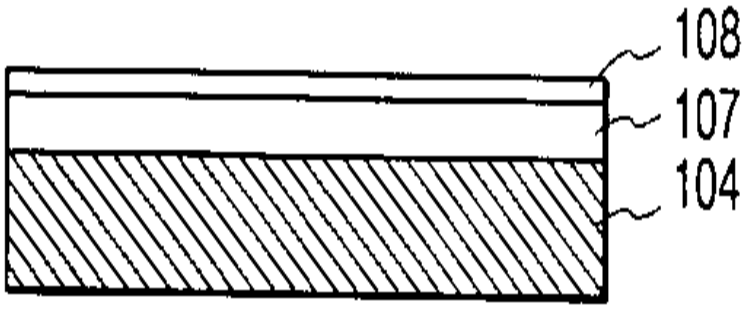
도면1c



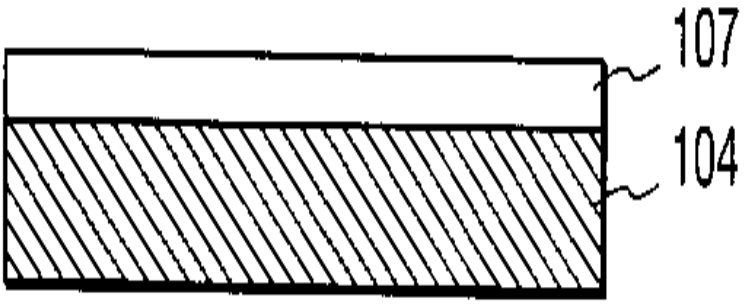
도면1d



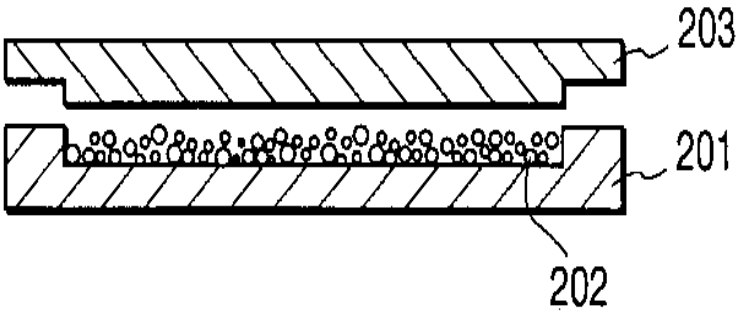
도면1e



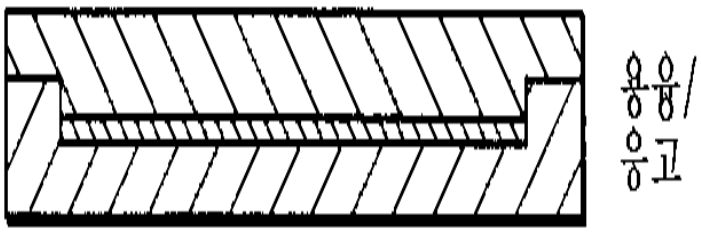
도면1f



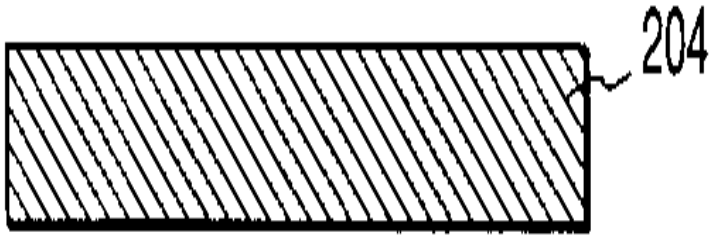
도면2a



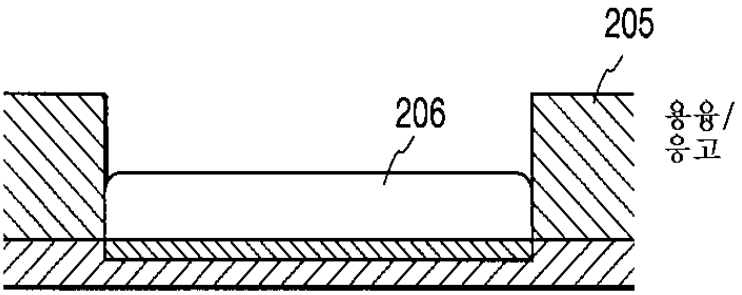
도면2b



도면2c



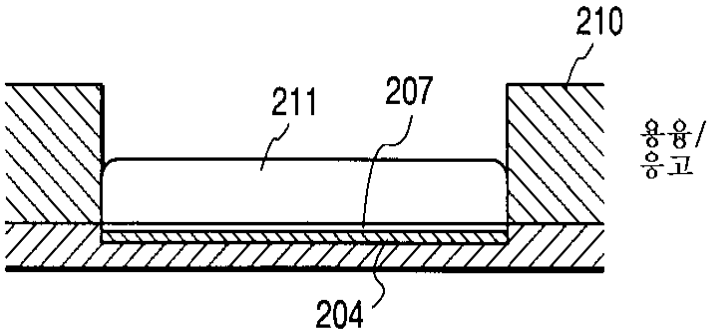
도면2d



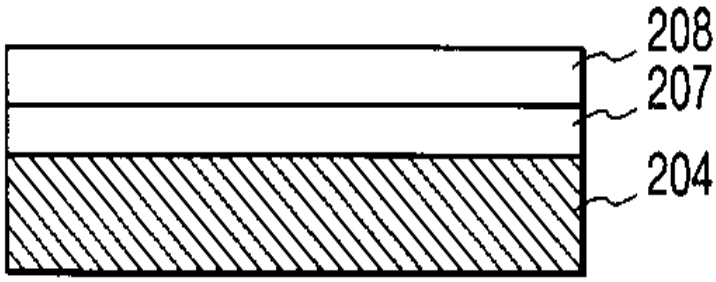
도면2e



도면2f



도면2g



도면2h

