



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년12월14일
(11) 등록번호 10-1000876
(24) 등록일자 2010년12월07일

(51) Int. Cl.

G01R 31/02 (2006.01) H01L 31/042 (2006.01)

G01R 27/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0065889

(22) 출원일자 2010년07월08일

심사청구일자 2010년07월08일

(56) 선행기술조사문헌

JP07221333 A

JP2008071989 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

한밭대학교 산학협력단

대전 유성구 덕명동 산16-1

(72) 발명자

이택영

대전광역시 유성구 가정동 KIT 아파트 103동 301호

(74) 대리인

김종관, 권오식, 박창희

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 이선희

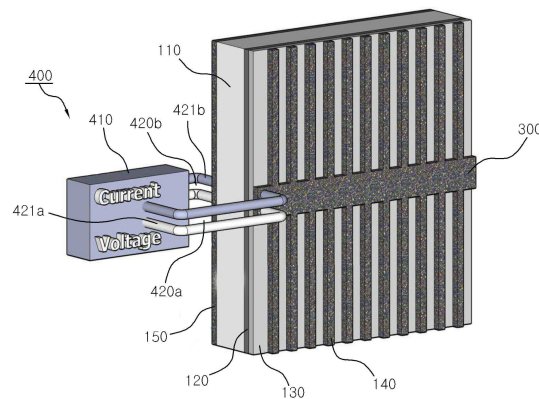
(54) 배선 소재의 전기적 접촉 측정 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 배선 소재의 전기적 접촉 측정 장치 및 방법에 관한 것으로서, 더 상세하게는, 배선 소재가 반사 방지막을 투과하는 과정을 전기 저항의 전기적 성능을 이용하여 열 처리하는 동안에 실시간으로 배선과 기관의 접촉 과정을 측정하여 생산 장비의 변수(예를 들면, 온도 정확성, 온도분포, 가스의 유량 벨트의 이동 속도 등을 들 수 있음) 변화에 신속히 대응할 수 있는 절연막으로 코팅된 기관과 배선 소재의 전기적 접촉 측정 장치 및 방법에 대한 것이다.

본 발명에 따르면, 태양전지의 전면 전극과 후면 전극 양단에 전압을 가하여 전류를 측정함으로써 배선재료의 접촉 상태를 측정할 수 있다.

대표도 - 도4



특허청구의 범위

청구항 1

후면 전극(150)과, 상기 후면 전극(150) 위에 적층되는 P형 반도체층(120)과, 상기 P형 반도체 층(120)위에 적층되는 N형 반도체층(110)과, 상기 N형 반도체 층(110)위에 적층되는 반사 방지막(130) 및 상기 반사 방지막(130) 위에 코팅되는 전극용 페이스트를 포함하는 태양전지 시편(210);

상기 태양전지 시편(210)을 이송하는 로 벨트(260);

열을 가하여 상기 로 벨트(260)에 의해 이송된 태양전지 시편(210)의 전극용 페이스트를 고화시켜 전면 전극(140)을 형성시키는 제 1 열원부(271);

열을 가하여 상기 전면 전극(140)이 상기 반사 방지막(130)을 침투하게 하는 제 2 열원부(272);

상기 태양전지 시편(210)을 냉각하는 냉각부(272);

상기 전면 전극(140)과 후면 전극(150) 양단에 전압을 인가하고 인가된 전압에 따라 흐르는 전류를 측정하는 접촉 저항 변화 측정부(400); 및

상기 접촉 저항 변화 측정부(400)로부터 측정된 전류를 이용하여 상기 전면 전극(140)과 N형 반도체층(120)간 접촉 저항 변화를 실시간으로 감지함으로써 상기 전극용 페이스트가 상기 반사 방지막(130)을 투과하여 상기 N형 반도체층(120)과 접촉하는 접촉 상태를 감지하는 열 처리 로 시스템의 변수 제어부(510)

를 포함하는 배선 소재의 전기적 접촉 측정 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 열원부(271), 제 2 열원부(272) 및 냉각부(273)는 각각 분위기 기체 투입부(281,282,283)를 포함하고,

상기 열 처리 로 시스템의 변수 제어부(510)는 상기 접촉 저항 변화에 따라 상기 태양전지 시편(210)의 이동속도, 열 처리 온도, 분위기 기체의 유량 및 종류를 포함하는 공정변수를 제어하는 배선 소재의 전기적 접촉 측정 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 접촉 저항 변화 측정부(400)는, 4-포인트 프로브 방식을 이용하는 배선 소재의 전기적 접촉 측정 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 전면 전극(140)이 N형 반도체층(120)과 전기적으로 접촉하는 경우, 상기 전면 전극(140)과 N형 반도체층(120)간의 접촉 저항값은 접촉 저항 또는 I-V 곡선을 이용하여 계산하는 배선 소재의 전기적 접촉 측정 장치.

청구항 6

로 벨트(260)가 후면 전극(150)과, 상기 후면 전극(150) 위에 적층되는 P형 반도체층(120)과, 상기 P형 반도체 층(120)위에 적층되는 N형 반도체층(110)과, 상기 N형 반도체 층(110)위에 적층되는 반사 방지막(130) 및 상기 반사 방지막(130) 위에 코팅되는 전극용 페이스트를 포함하는 태양전지 시편(210)을 이송하는 단계;

제 1 열원부(271)가 열을 가하여 상기 로 벨트(260)에 의해 이송된 태양전지 시편(210)의 전극용 페이스트를 고

화시켜 전면 전극(140)을 형성시키는 단계;

제 2 열원부(272)가 열을 가하여 상기 전면 전극(140)이 상기 반사 방지막(130)을 침투하게 하는 단계;

냉각부(272)가 상기 태양전지 시편(210)을 냉각하는 단계;

접촉 저항 변화 측정부(400)가 상기 전면 전극(140)과 후면 전극(150) 양단에 전압을 인가하고 인가된 전압에 따라 흐르는 전류를 측정하는 단계; 및

열 처리 로 시스템의 변수 제어부(510)가 상기 접촉 저항 변화 측정부(400)로부터 측정된 전류를 이용하여 상기 전면 전극(140)과 N형 반도체층(120)간 접촉 저항 변화를 실시간으로 감지함으로써 상기 전극용 페이스트가 상기 반사 방지막(130)을 투과하여 상기 N형 반도체층(120)과 접촉하는 접촉 상태를 감지하는 단계

를 포함하는 배선 소재의 전기적 접촉 측정 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 제 1 열원부(271), 제 2 열원부(272) 및 냉각부(273)는 각각 분위기 기체 투입부(281,282,283)를 포함하되,

상기 열 처리 로 시스템의 변수 제어부(510)가 상기 접촉 저항 변화에 따라 상기 태양전지 시편(210)의 이동속도, 열 처리 온도, 분위기 기체의 유량 및 종류를 포함하는 공정변수를 제어하는 단계를 포함하는 배선 소재의 전기적 접촉 측정 방법.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 접촉 저항 변화 측정부(400)는, 4-포인트 프로브 방식을 이용하는 배선 소재의 전기적 접촉 측정 방법.

청구항 10

제 6 항에 있어서,

상기 전면 전극(140)이 N형 반도체층(120)과 전기적으로 접촉하는 경우, 상기 전면 전극(140)과 N형 반도체층(120)간의 접촉 저항값은 접촉 저항 또는 I-V 곡선을 이용하여 계산하는 배선 소재의 전기적 접촉 측정 방법.

명세서

기술분야

[0001]

본 발명은 배선 소재의 전기적 접촉 측정 장치 및 방법에 관한 것으로서, 더 상세하게는, 배선 소재가 반사 방지막을 투과하는 과정을 전기 저항의 전기적 성능을 이용하여 열 처리하는 동안에 실시간으로 배선과 기판의 접촉 과정을 측정하여 생산 장비의 변수(예를 들면, 온도 정확성, 온도분포, 가스의 유량 벨트의 이동 속도 등을 들 수 있음) 변화에 신속히 대응할 수 있는 절연막으로 코팅된 기판과 배선 소재의 전기적 접촉 측정 장치 및 방법에 대한 것이다.

배경기술

[0002]

태양전지 분야 등에서 널리 사용되는 기판은 P형과 N형 반도체 접합으로 이루어져 있으며, 표면에 반사 방지막으로 사용되는 절연막을 포함하고 있다. 이 절연막은 주로 질화물계 또는 산화물계 물질이 사용되고 있다.

[0003]

따라서 반사 방지막을 포함한 기판에 배선을 형성하는 경우 전기적으로 기판과 배선이 절연막에 의해 단절된 형태를 갖게 된다. 이를 접촉시키기 위해서 고온에서 열 처리하여 배선에 포함된 전도성 물질을 절연막 내로 확산

또는 침투시키고 하부의 기판과 접촉시키게 된다.

- [0004] 도 1a 내지 도 1d는 결정질 실리콘을 기반으로 하는 태양전지의 개략도를 나타낸 단면도이다. 도 1a는 P형 반도체층(110), N형 반도체층(120)이 다이오드 형태를 갖추고 있는 태양전지 기판에 반사 방지막(130)이 증착되어 있는 개략도이다. 도 1a에서 배선 소재인 전면 전극(140)은 열 처리 이전에는 N형 반도체층(120)과 전기적으로 단락되어 있는 상태이다.
- [0005] 도 1b는 열 처리 이후 전면 전극(140)이 반사 방지막(130)을 확산 또는 침투하여 N형 반도체층(120)과 전기적으로 접촉되어 있는 상태를 나타낸다. 후면 전극(150)의 경우 반사 방지막(130)이 존재하지 않으므로 낮은 온도의 열처리에서도 P형 반도체층(110)과 전기적인 접촉을 이루는 것이 가능하다.
- [0006] 또는, 공정상에 반사 방지막(130)이 존재하더라도 후면 전극(150)이 전체에 도포되고 구성 성분이 전면 전극(140)에 비해 낮은 온도에서도 반사 방지막(130) 투과가 가능하고 P형 반도체층(110)의 두께가 N형 반도체층(120)에 비해서 매우 두꺼우므로 접촉에 큰 문제가 발생하지 않는다.
- [0007] 도 1c는 전면 전극(140)이 반사 방지막(130)을 충분히 투과하지 못한 경우 기판과 배선 재료인 전면 전극(140) 사이에 여전히 반사 방지막(130)의 절연막이 존재하여 전기적인 접촉을 이루지 못하고 있는 상태이며 열 처리가 충분하지 않은 불균일한 접촉 상태를 보여준다.
- [0008] 도 1d는 전면 전극(140)의 확산 또는 침투가 지나치게 과다하여 N형 반도체층(120)을 뚫고 P형 반도체(110)와 접촉하여 태양전지의 기능을 발휘하지 못하는 상황을 도시한 것으로 열 처리 시간 또는 온도가 지나치게 높은 경우 발생하는 불균일한 접촉 상태를 보여준다.
- [0009] 만일 도 1c 및 도 1d와 같이 전기적으로 불균일한 접촉 상태가 발생한 경우, 어느 공정에서 문제가 발생했는지 종래 기술로는 알 수가 없다.
- [0010] 이러한 불균일 접촉은 전면 전극(140)으로 쓰이는 페이스트의 조성, 열 처리 온도, 벨트의 속도, 분위기 조절을 위해서 주입되는 가스의 종류 및 양 등 다양한 변수에 의해서 결정된다.
- [0011] 종래 기술에 의할 경우, 전면 전극(140)과 같은 배선재료의 접촉 상태를 판단하기 위하여 태양전지의 열처리가 완성된 후 효율을 측정하거나 단면을 관찰하여 측정할 수밖에 없다.
- [0012] 이는 공정 변수를 최적화하기 위해서는 많은 수의 태양전지 시편이 필요하고, 열 처리 공정 변수 중에 어떤 변수에 의해서 효율 감소가 발생하는지 알기가 어렵다는 문제점이 있다.
- [0013] 또한, 만일 양산에서 이러한 문제가 발생하는 경우 많은 비용과 시간을 소비하는 결과를 야기하게 되는 문제점이 있다.
- [0014] [문헌 1] 이준신, 김경해, 태양전지공학, 서울: 도서출판 그린, 2007, ISBN 978-89-5727-087-5, p.35
- [0015] [문헌 2] Tom Markvart and Luis Castaner, Solar Cells:Materials, Manucature and Operation, Oxford:Elsevier, 2006, ISBN 1856174573, p.441
- [0016] [문헌 3] Antonio Luque and Steven Hegedus Handbook of Photovoltaic Science and Engineering, John Wiley & Sons Ltd., 2008, ISBN 0-471-49196-9, p.271 - 287

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0017] 본 발명은 종래 기술에 따른 문제점을 극복하기 위해 제안된 것으로서, 태양전지의 열처리가 완성된 후 효율을 측정하거나 태양전지를 단면으로 절개하지 않고서도 배선재료의 접촉 상태를 측정할 수 있는 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0018] 또한, 본 발명은 많은 수의 태양전지 시편을 요구하지 않으면서도, 열 처리 공정 변수 중에 어떤 변수에 의해서 효율 감소가 발생하는지를 파악하여 공정 변수를 최적화시키는 장치 및 방법을 제공하는데 다른 목적이 있다.
- [0019] 또한, 본 발명은 비용과 시간이 적게 들면서도 배선재료의 접촉 상태를 효과적으로 측정할 수 있는 장치 및 방법을 제공하는데 또 다른 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0020] 본 발명은 위에서 제기된 과제를 달성하기 위한 배선 소재의 전기적 접촉 측정 장치를 제공한다. 이 배선 소재의 전기적 접촉 측정 장치는, 후면 전극과, 상기 후면 전극 위에 적층되는 P형 반도체층과, 상기 P형 반도체층 위에 적층되는 N형 반도체층과, 상기 N형 반도체층 위에 적층되는 반사 방지막 및 상기 반사 방지막 위에 코팅되는 전극용 페이스트를 포함하는 태양전지 시편; 상기 태양전지 시편을 이송하는 로(furnace) 벨트; 열을 가하여 상기 로 벨트에 의해 이송된 태양전지 시편의 전극용 페이스트를 고화시켜 전면 전극을 형성시키는 제 1 열원부; 열을 가하여 상기 전면 전극이 상기 반사 방지막을 침투하게 하는 제 2 열원부; 상기 태양전지 시편을 냉각하는 냉각부; 및 상기 전면 전극과 후면 전극 양단에 전압을 인가하고 인가된 전압에 따라 흐르는 전류를 측정하는 접촉 저항 변화 측정부를 포함한다.
- [0021] 또한, 이 배선 소재의 전기적 접촉 측정 장치는, 상기 접촉 저항 변화 측정부로부터 측정된 전류를 이용하여 상기 전면 전극과 N형 반도체층 간 접촉 저항 변화를 감지하는 열 처리 로 시스템의 변수 제어부를 포함한다.
- [0022] 이때, 상기 제 1 열원부, 제 2 열원부 및 냉각부는 각각 분위기 기체 투입부를 포함할 수 있다.
- [0023] 여기서, 상기 열 처리 로 시스템의 변수 제어부는 상기 접촉 저항 변화에 따라 상기 태양전지 시편의 이동속도, 열 처리 온도, 분위기 기체의 유량 및 종류를 포함하는 공정변수를 제어하는 것을 특징으로 한다.
- [0024] 본 발명의 다른 실시예는 배선 소재의 전기적 접촉 측정 방법을 제공한다. 이 배선 소재의 전기적 접촉 측정 방법은, 로 벨트가 후면 전극과, 상기 후면 전극 위에 적층되는 P형 반도체층과, 상기 P형 반도체층 위에 적층되는 N형 반도체층과, 상기 N형 반도체층 위에 적층되는 반사 방지막 및 상기 반사 방지막 위에 코팅되는 전극용 페이스트를 포함하는 태양전지 시편을 이송하는 단계; 제 1 열원부가 열을 가하여 상기 로 벨트에 의해 이송된 태양전지 시편의 전극용 페이스트를 고화시켜 전면 전극을 형성시키는 단계; 제 2 열원부가 열을 가하여 상기 전면 전극이 상기 반사 방지막을 침투하게 하는 단계; 냉각부가 상기 태양전지 시편을 냉각하는 단계; 및 접촉 저항 변화 측정부가 상기 전면 전극과 후면 전극 양단에 전압을 인가하고 인가된 전압에 따라 흐르는 전류를 측정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0025] 또한, 배선 소재의 전기적 접촉 측정 방법은, 열 처리 로 시스템의 변수 제어부가 상기 접촉 저항 변화 측정부로부터 측정된 전류를 이용하여 상기 전면 전극과 N형 반도체층간 접촉 저항 변화를 감지하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0026] 이때, 상기 제 1 열원부, 제 2 열원부 및 냉각부는 각각 분위기 기체 투입부를 포함할 수 있다.
- [0027] 또한, 배선 소재의 전기적 접촉 측정 방법은, 상기 열 처리 로 시스템의 변수 제어부가 상기 접촉 저항 변화에 따라 상기 태양전지 시편의 이동속도, 열 처리 온도, 분위기 기체의 유량 및 종류를 포함하는 공정변수를 제어하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0028] 여기서, 상기 접촉 저항 변화 측정부는, 4-포인트 프로브 방식을 이용하는 것을 특징으로 한다.
- [0029] 여기서, 상기 전면 전극이 N형 반도체층과 전기적으로 접촉하는 경우, 상기 전면 전극과 N형 반도체층간의 접촉 저항값은 접촉 저항 또는 I-V 곡선을 이용하여 계산하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0030] 본 발명에 따르면, 태양전지의 전면 전극과 후면 전극 양단에 전압을 가하여 전류를 측정함으로써 배선재료의 접촉 상태를 측정할 수 있다.
- [0031] 또한, 본 발명의 다른 효과로서는 태양전지의 접촉 저항 변화량을 측정하고 이에 따른 열 처리 공정 변수를 파악하여 해당 공정 변수를 제어함으로써 공정 변수를 최적화시키는 것이 가능하다는 점을 들 수 있다.
- [0032] 또한, 본 발명의 다른 효과로서는 실시간으로 열 처리 구간별 접촉저항을 측정함으로써 기존에 사용하고 있는 시스템에 비해서 변수 제어, 공정의 안정성 확보 등이 매우 용이하여 원가 및 비용을 절감할 수 있다는 점을 들 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0033] 도 1a 내지 도 1d는 일반적인 결정질 실리콘을 기반으로 하는 태양전지의 개략도를 나타낸 단면도이다.
- 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 태양전지의 열 처리 로(Heat treatment furnace) 시스템의 개략도이다.
- 도 3a는 본 발명의 일실시예에 따른 열처리 이전의 태양전지의 배선 상태를 보여주는 사시도이다.
- 도 3b는 본 발명의 일실시예에 따른 열처리 이후의 태양전지의 배선 상태의 불균일 접촉 상태를 보여주는 사시도이다.
- 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 전면 전극(140)과 후면 전극(150)의 접촉저항을 4-포인트 프로브(410)를 이용하여 접촉 저항을 측정하는 접촉 저항 변화 측정부(400)에 대한 개략도이다.
- 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 실시간 접촉 저항을 측정하는 열 처리 로의 변수 제어 시스템 개념도이다.
- 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 600℃에서 소성하는 경우 시간-저항 그래프이다.
- 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 700℃에서 소성하는 경우 시간-저항 그래프이다.
- 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 800℃에서 소성하는 경우 시간-저항 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0034] 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.
- [0035] 따라서 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 실시예에 불과할 뿐이고, 본 발명의 기술적 사상을 모두 만족하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형 예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.
- [0036] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 일실시예에 따른 절연막으로 코팅된 기판과 배선 소재의 전기적 접촉 측정 장치 및 방법에 대하여 상세하게 설명한다.
- [0037] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 태양전지의 열 처리 로(Heat treatment furnace) 시스템(200)의 개략도이다. 도 2를 참조하면, 도 2는 열처리에 사용되는 일반적인 태양전지의 열 처리 로 시스템(200)의 단면 사시도이다.
- [0038] 태양전지 전극용 페이스트가 완전히 고체화되지 않은 태양전지 시편(210)이 열 처리 로 시스템(200)을 통과하여 열처리가 완성되면 전기적으로 연결된 태양전지 태양전지 시편을 제조하는 것이 가능하다. 이러한 태양전지 태양전지 시편의 예를 보여주는 도면이 도 3a 및 도 3b에 도시된다.
- [0039] 일반적으로 실리콘을 기반으로 하는 태양전지는 기판의 표면에 반사 방지막(130)으로 사용되는 절연막을 포함하고 P형 반도체층(110)과 N형 반도체층(120)의 접합으로 이루어진 다이오드 형태이다. 보통 다이오드는 P형 반도체에 N형 불순물을 도핑(doping)하여 얇은 N형 층을 형성하는 구조이다.
- [0040] 배선은 태양광이 입사하는 전면전극(140)과 후면전극(150)으로 이루어지며, 전면전극(140)의 하단부 즉 기판의 표면에는 질화물 또는 산화물계의 코팅층이 존재한다. 이 코팅층은 반사 방지막(130)으로서 일반적으로 절연체이며 열 처리 공정시 배선 재료로 사용되는 금속 분말을 포함하는 태양전지 전극용 페이스트가 확산 또는 투과하는 층이다. 이러한 확산 또는 투과에 의해 전면 전극(140)이 N형 반도체층(120)에 접촉되며, 이에 의해 태양광에 의해 형성되는 전자 또는 정공(hole)이 외부로 이동하는 전기적 통로가 형성된다.
- [0041] 부연하면, 도 3a는 본 발명의 일실시예에 따른 열처리 이전의 태양전지의 배선 상태를 보여주는 사시도이다. 부연하면, 도 3a는 태양전지 시편(210)이 열 처리 로 시스템(200)에서 열처리되기 전의 태양전지 전극용 페이스트(즉, 전면 전극(140))가 태양전지의 반사 방지막(130) 표면에 도포되어 일정한 모양을 유지하고 있는 상태를 도시한 것이다. 물론, 도 3a에서는 가로 전극(300)이 각 전면 전극(140)과 연결되며, 이 가로 전극(300)도 전면 전극(140)과 동일하게 태양전지 전극용 페이스트로 형성된다.

- [0042] 도 3b는 본 발명의 일실시예에 따른 열처리 이후의 태양전지의 배선 상태의 불균일 접촉 상태를 보여주는 사시도이다. 부연하면, 도 3b는 태양전지 시편(210)이 열 처리 로 시스템(200)에서 열처리 중에 태양전지 전극용 페이스트(즉, 전면 전극(140))가 반사 방지막(130)을 통해 투과하고 있는 상태를 도시한 것이다.
- [0043] 도 3a 및 도 3b에 도시된 바와 같이 반사 방지막(130)을 통해 확산되는 태양전지 전극용 페이스트의 금속 원자는 불균일하게 투과되어 접촉된다. 이는 태양전지의 효율에 매우 중요한 변수로 작용하게 된다.
- [0044] 여기서, 태양전지 전극용 페이스트는 구리, 은, 알루미늄 등의 분말 페이스트가 사용될 수 있으며, 일반적으로 반사 방지막(130) 상에 그리드 패턴으로 인쇄된 다음, 소결되어 전면 전극(140)을 형성한다. 또한, 태양전지 전극용 페이스트는 완전한 고체상태가 아니므로 열 처리 과정으로 고체화하고 반사 방지막(130)으로 침투하여 전기적인 연결을 한다. 반사 방지막(130)의 기능은 태양광의 반사를 방지하여 전지의 효율을 높이는 데 있고, 일반적으로 산화막 또는 질화막으로 이루어지며 절연 층이다.
- [0045] 도 2를 계속 설명하면, 열 처리 로 시스템(200)은 태양전지 시편(210)을 일정 속도로 이송시키는 로 벨트(260), 전열 처리 구간(230), 고온 열처리 구간(240) 및 냉각 구간(250)에서 태양전지 시편(210)을 가열/냉각시키는 열 원부(270), 시스템 내 분위기 기체를 제어하는 분위기 기체 투입부(280), 로 벨트(260)를 지지하는 지지 프레임(290) 등을 포함하여 구성된다. 도 2에서는 좌측 방향에서 우측 방향으로 태양전지 시편(210)이 이송되면서 가열/냉각 과정을 거쳐 도 3b와 같은 상태에 이르게 된다.
- [0046] 열원부(270)는 전열 처리 구간(230)을 위한 제 1 열원부(271), 고온 열처리 구간(240)을 위한 제 2 열원부(272) 및 냉각 구간(250)을 위한 냉각부(273)로 구성된다. 제 1 열원부(271), 제 2 열원부(272)는 열선 또는 히터(미도시) 등이 구비되어 열을 발생시킴으로써 태양전지 시편(210)에 열을 전달하는 역할을 한다. 이와 달리, 냉각부(273)는 냉매를 이용한 냉각 시스템(미도시)을 이용하여 태양전지 시편(210)을 냉각시키는 역할을 한다.
- [0047] 구간별로 보면, 전열 처리 구간(230)은 태양전지 시편(210) 상에 코팅된 태양전지 전극용 페이스트(즉, 전면 전극(도 3a의 140))를 고화시키는 구간이다.
- [0048] 고온 열처리 구간(240)은 전면 전극(도 3a의 140)이 반사 방지막(도 3a의 130)을 침투하는 과정을 보이는 구간이다.
- [0049] 마지막으로 냉각 구간(250)은 태양전지 시편(210)을 냉각하는 구간이다. 이때 각 구간(240, 250, 260)을 이동하는 태양전지 시편(210)의 속도는 로 벨트(260)를 제어함으로써 가능하며, 이때 구간별 열 처리 시간은 각각 다르게 제어된다. 또한, 온도는 구간별로 열원부(270)에 의해서 제어된다.
- [0050] 분위기 기체 투입부(280)는 위 열처리 구간(240, 250, 260) 중에 산화 등을 방지하기 위하여 외부에서 열원부(270) 내부로 분위기 기체를 투입하는 역할을 한다. 이 분위기 기체 투입부(280)는 제 1 열원부(271) 내부로 분위기 기체를 투입하는 제 1 분위기 기체 투입부(281), 제 2 열원부(272) 내부로 분위기 기체를 투입하는 제 2 분위기 기체 투입부(282) 및 냉각부(273) 내부로 분위기 기체를 투입하는 제 3 분위기 기체 투입부(283)로 구성된다.
- [0051] 공정변수로는 태양전지 시편(210)의 이동속도, 각 구간(240, 250, 260)의 온도, 분위기 기체 투입부(280)에 의한 분위기 기체의 유량 등이 존재한다. 이러한 공정변수들을 최적화하기 위해서는 태양전지 시편(210)을 열 처리 로 시스템(200)의 로 벨트(260)에 흘러 태양전지 시편을 제작하고, 완성된 태양전지 시편(210)의 전면 전극(도 3a의 140)이 절연막인 반사 방지막(도 3a의 130)을 침투하여 전기적으로 연결이 되었는지를 측정하여야 한다.
- [0052] 이를 위한 구조가 도 4에 도시된다. 즉, 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 전면 전극(140)과 후면 전극(150)의 접촉저항을 4-포인트 프로브(410)를 이용하여 접촉 저항을 측정하는 접촉 저항 변화 측정부(400)에 대한 개략도이다.
- [0053] 도 4를 참조하면, 접촉 저항 변화 측정부(400)는 4-포인트 프로브(410)를 포함한다. 이 4-포인트 프로브(410)에서 아래쪽의 2개의 전압 프로브(420a, 420b)는 전압계(미도시)에 연결되고, 2개의 전류 프로브(421a, 421b)는 정전류원(미도시)에 연결된다. 따라서, 2개의 전압 프로브(420a, 420b)를 각각 가로 전극(300)과 후면 전극(150) 양단에 접촉시킨 상태에서 전압을 인가한 후 가로 전극(300)과 후면 전극(150) 양단에 흐르는 전류를 2개의 전류 프로브(421a, 421b)를 이용하여 전류를 측정한다. 따라서, 다음식에 의해 저항을 측정하는 것이 가능하다.

수학식 1

$$R = \frac{V}{I}$$

[0054]

[0055]

[0056]

[0057]

[0058]

[0059]

[0060]

[0061]

[0062]

[0063]

[0064]

[0065]

여기서, R은 접촉 저항, V는 인가 전압, I는 측정 전류를 나타낸다.

4-포인트 프로브(410)는 4 포인트 프로브(probe) 방식을 이용한 것으로 보통 표면 저항 측정기로 불리며, 널리 사용되고 있다. 따라서, 더 이상의 설명은 본 발명의 명확한 이해를 위해 생략하기로 한다.

이러한 4-포인트 프로브(410)를 이용하면 열 처리 중에 전면 전극(140)과 후면 전극(150) 사이의 접촉 저항을 실시간으로 측정하는 것이 가능하다. 실제로 측정한 데이터는 도 6 내지 도 8에 도시되어 있다. 이에 대하여는 후술하기로 한다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 실시간 접촉 저항을 측정하는 열 처리 로의 변수 제어 시스템 개념도이다. 도 5를 참조하면, 열 처리 로의 변수 제어 시스템(500)은 열 처리 로 시스템(200), 이 열 처리 로 시스템(200)에서 열 처리 중인 태양전지 시편(도 2의 210)에서 접촉 저항 변화를 측정하는 측정부(400) 및 열 처리 로 시스템(200)의 공정변수를 제어하는 열 처리 로 시스템의 변수 제어부(510) 등을 포함하여 구성된다.

열 처리 로의 변수 제어부(510)는 접촉 저항 변화 측정부(400)로부터 측정된 접촉 저항 변화 정보를 바탕으로 열 처리 시스템(200)의 공정변수를 제어하는 역할을 한다. 물론, 이를 위해 열 처리 로의 변수 제어부(510)에는 마이크로프로세서(미도시), 저장 장치(미도시), 프로그램, 소프트웨어, 디스플레이(미도시) 등이 구비되어 있어 접촉 저항 변화 정보를 바탕으로 공정변수를 제어하는 역할을 한다.

물론, 이를 위해서 통신선(520, 530, 540)이 구비되어, 신호 및 데이터를 전송하는 것이 가능하게 된다. 여기서 통신선(530)은 한쪽은 접촉 저항 변화 측정부(400)에 연결되고 다른 한쪽은 도 4에 나타난 바와 같이 태양전지의 전면 전극(140)과 후면 전극(150)에 연결된다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 600℃에서 소성하는 경우 시간-저항 그래프이다. 도 6을 참조하면, 600℃에서 도 3a의 태양전지 시편(210)을 열 처리하는 경우 초기 약 1MΩ의 저항을 나타낸다. 시간이 흘러 약 500초 경과 후에 약 200Ω의 접촉 저항(600)을 나타내고 접촉이 이루어졌음을 알 수 있다. 접촉의 기준은 태양전지 시편의 크기와 종류에 따라 상이할 수 있다. 도 6의 경우에는 전면 전극(도 3a의 140)과 N형 반도체층(도 3a의 120)간에 불완전한 접촉 상태가 발생한 경우를 나타낸다.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 700℃에서 소성하는 경우 시간-저항 그래프이다. 도 7을 참조하면, 700℃에서 소성하는 경우 약 320초 후에 80Ω의 접촉 저항(700)을 나타내고 접촉이 이루어졌음을 알 수 있다.

도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 800℃에서 소성하는 경우 시간-저항 그래프이다. 도 8을 참조하면, 800℃에서 소성하는 경우 약 250초 후에 20Ω의 접촉 저항(800)값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 도 8의 상태는 전면 전극(도 3a의 140)과 N형 반도체층(도 3a의 120)간에 정상적인 접촉 상태가 발생한 경우를 나타낸다.

또한, 본 발명의 다른 실시예로서는 전면 전극(도 3a의 140)이 N형 반도체층(도 3a의 120)을 뚫고 들어갔는지 여부는 전류(I)와 전압(V) 특성 평가를 실시간으로 진행하여 정방향 전압과 역방향 전압을 인가하여 오옴 접합이 되었는지 아니면 다이오드 접합이 되었는지를 확인하는 방식으로도 가능하다.

또한, 본 발명의 다른 실시예로서는 수학식 1과 달리 I-V 곡선을 이용하여 미리 I-V곡선에 따라 매칭된 접촉 저항값을 읽어 내는 방식도 가능하다.

부호의 설명

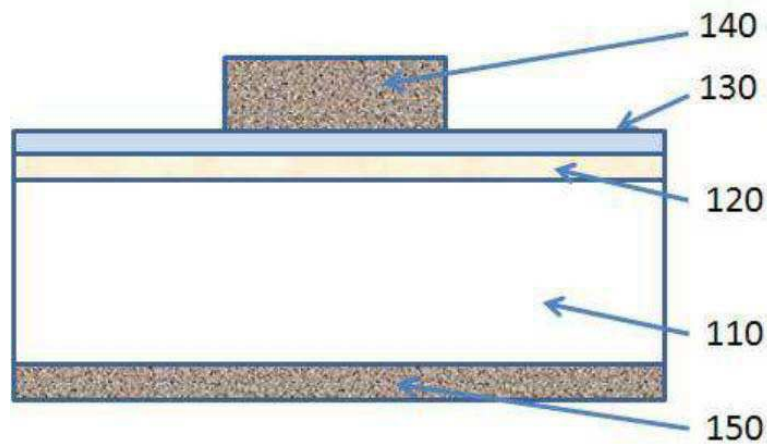
[0066]

110: P형 반도체	120: N형 반도체
130: 반사 방지막	140: 전면 전극

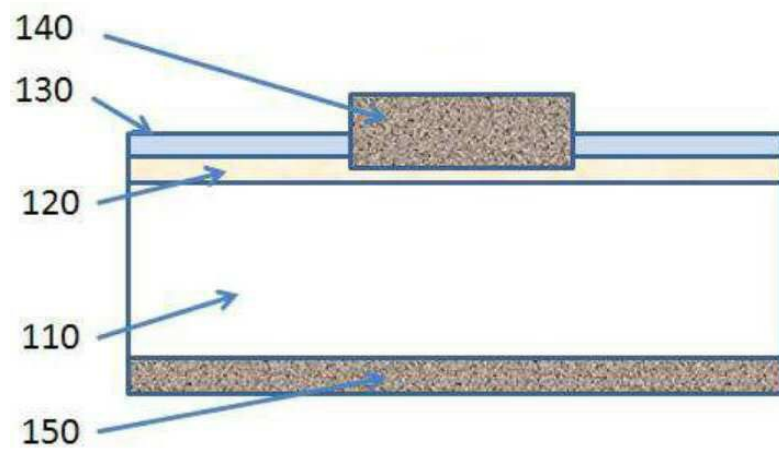
- | | |
|---------------------|-----------------|
| 150: 후면 전극 | 200: 열 처리 로 시스템 |
| 210: 태양전지 시편 | 230: 전열 처리 구간 |
| 240: 고온 열 처리 구간 | 250: 냉각 구간 |
| 260: 로 벨트 | 270: 열원부 |
| 271: 제 1 열원부 | 272: 제 2 열원부 |
| 273: 냉각부 | 280: 분위기 기체 투입부 |
| 281: 제 1 분위기 기체 투입부 | |
| 282: 제 2 분위기 기체 투입부 | |
| 283: 제 3 분위기 기체 투입부 | |
| 290: 지지 프레임 | |
| 400: 접촉 저항 변화 측정부 | |
| 420a,b: 전압 프로브 | |
| 421a,b: 전류 프로브 | |
| 520,530,540: 통신선 | |

도면

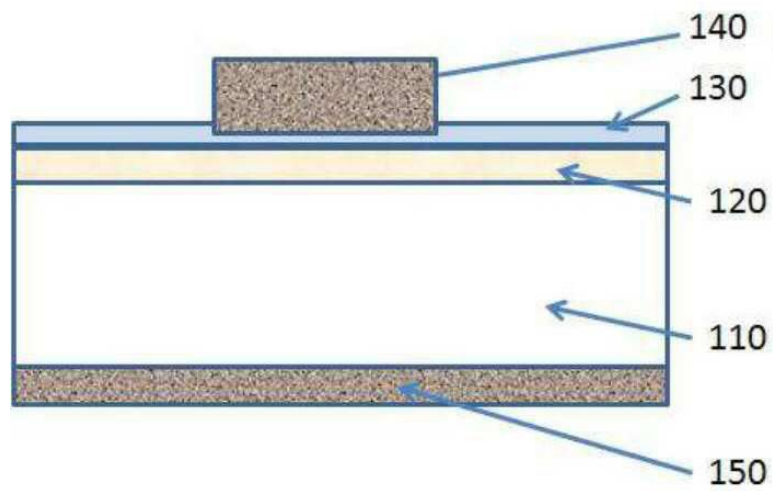
도면1a



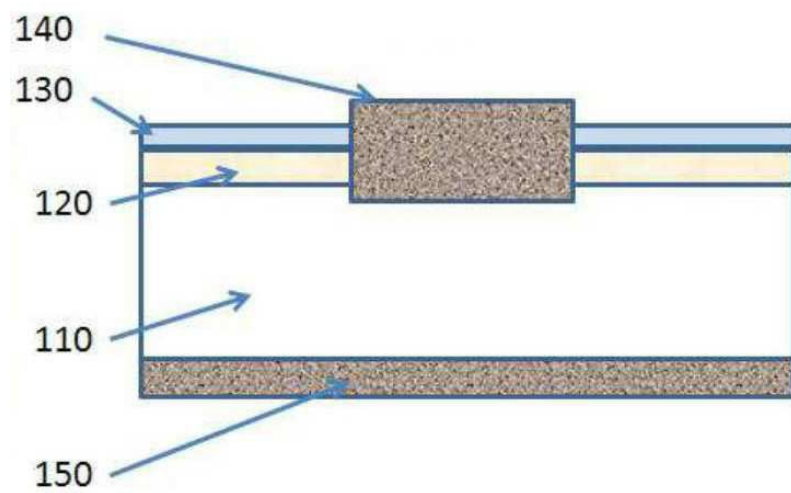
도면1b



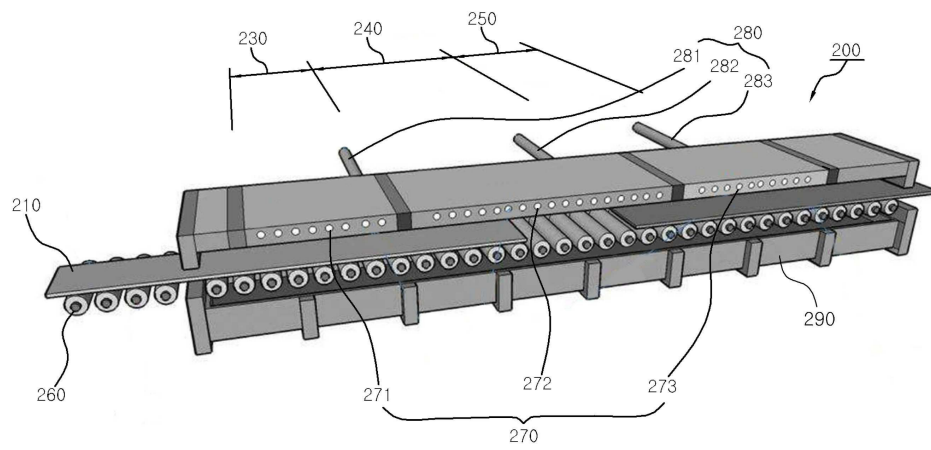
도면1c



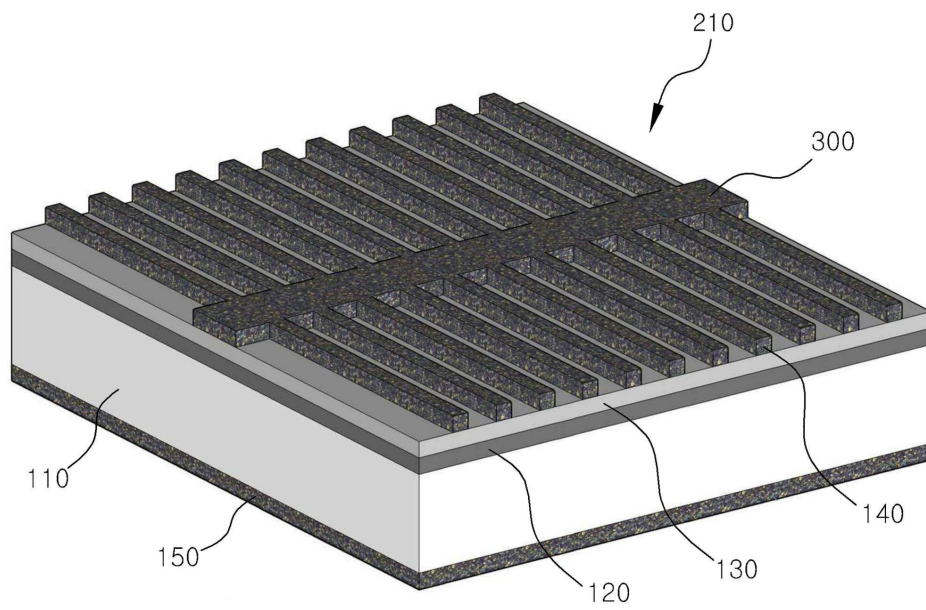
도면1d



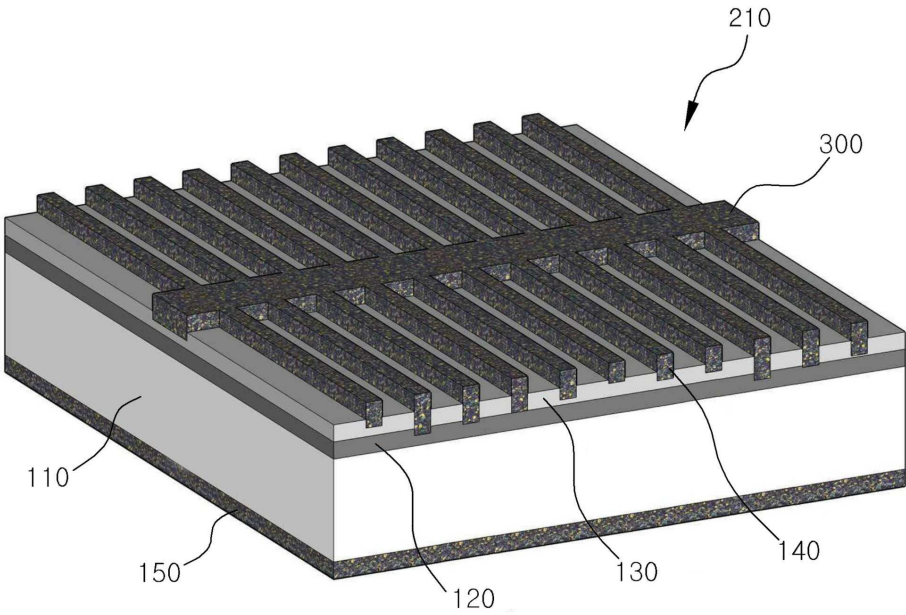
도면2



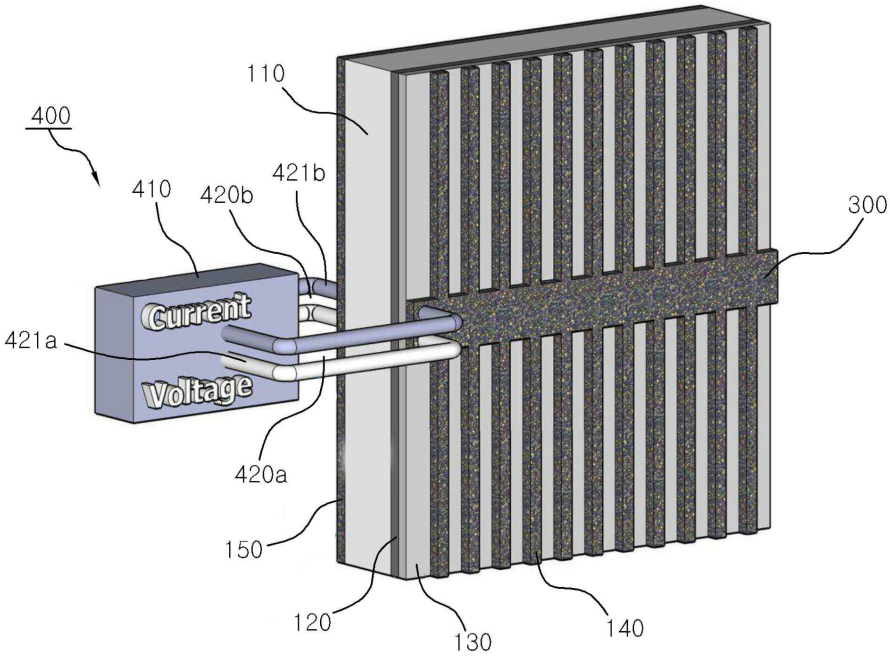
도면3a



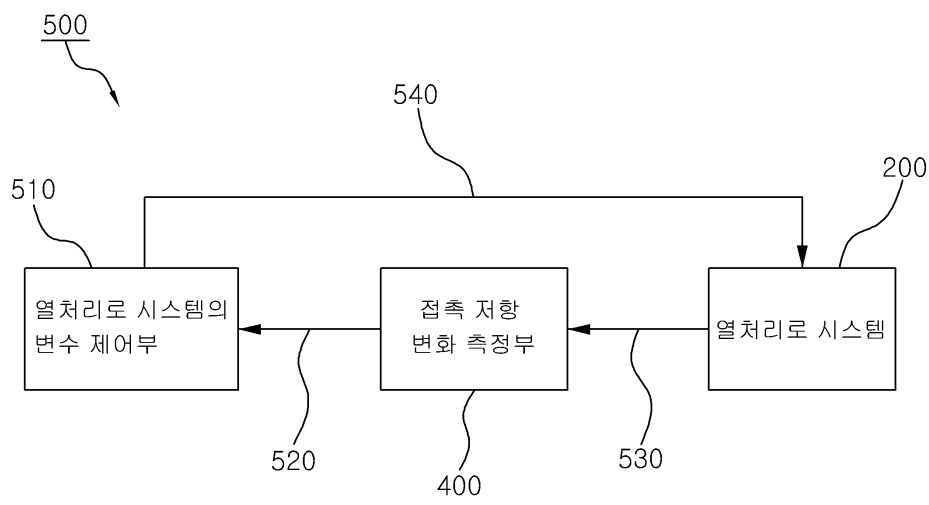
도면3b



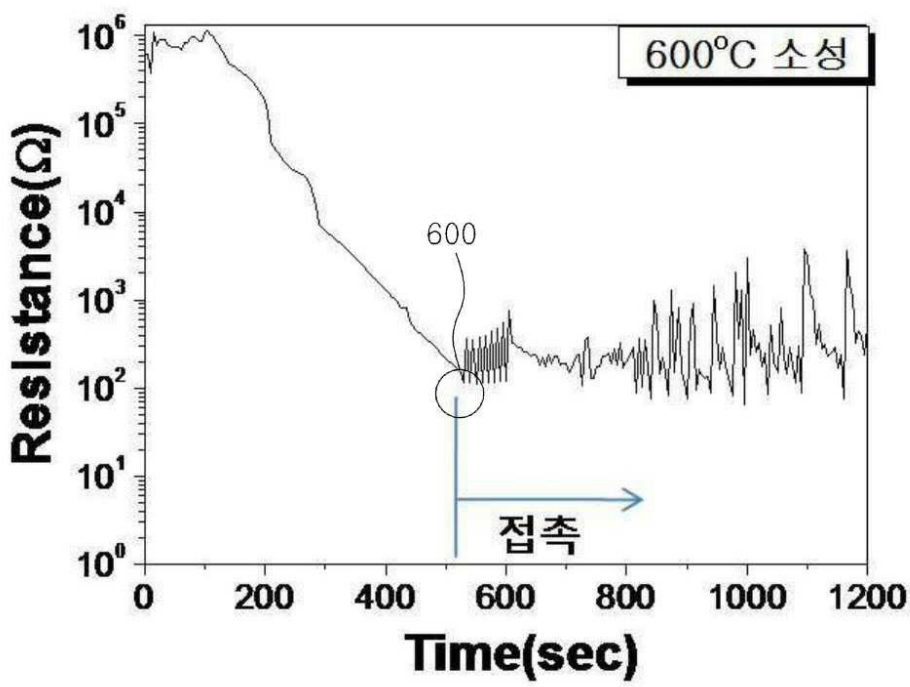
도면4



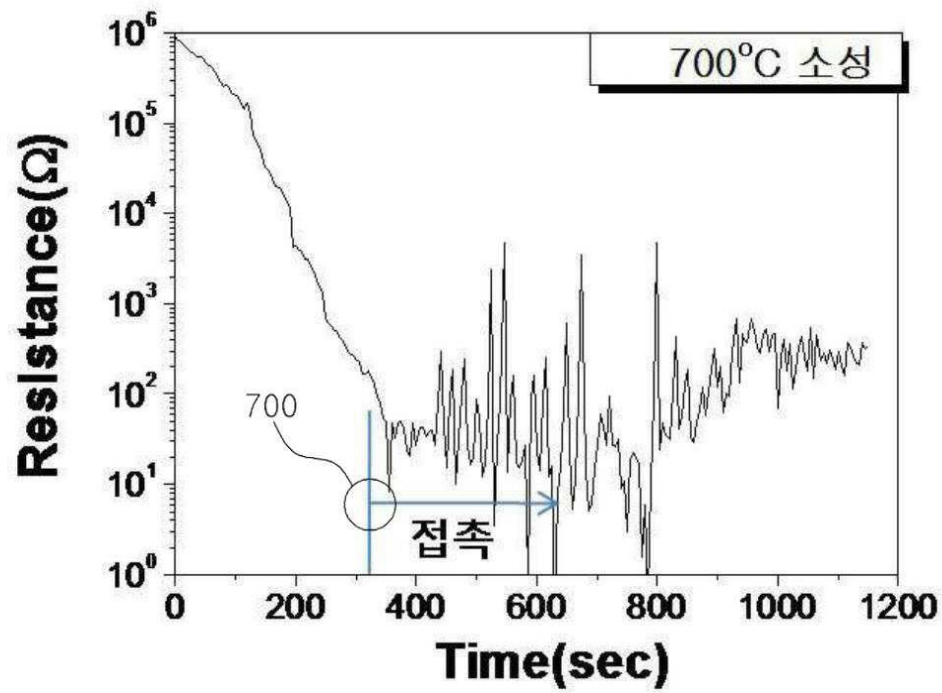
도면5



도면6



도면7



도면9

