



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0117293
(43) 공개일자 2009년11월12일

(51) Int. Cl.

C30B 29/06 (2006.01) C30B 15/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0043281

(22) 출원일자 2008년05월09일

심사청구일자 2008년05월09일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내

(72) 발명자

윤우영

서울특별시 서초구 반포1동 724 서초그린빌라 401

(74) 대리인

특허법인대아

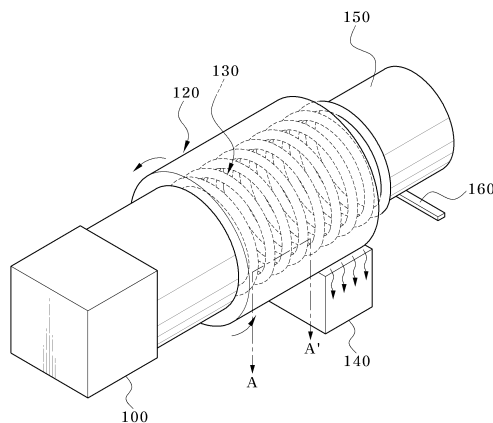
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 실리콘 리본 제조 방법 및 이를 이용하여 제조된 실리콘리본

(57) 요약

본 발명은 실리콘 리본 제조 방법 및 이를 이용하여 제조된 실리콘 리본에 관한 것으로, 원통의 내벽에 입구에서 출구로 이어지는 나선 홈이 구비된 나선회전기판을 회전시키면서 입구에 용융실리콘을 공급하고, 나선회전기판이 회전하는 속도 및 원심력에 의하여 용융실리콘이 나선 홈을 따라 이동하면서 실리콘 리본이 형성되도록 함으로써, 형상제어, 응고 후 결정결함 제어 및 불순물 제어가 용이하게 수행되면서 고 순도의 실리콘 리본을 제조할 수 있도록 하는 발명에 관한 것이다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

용융실리콘을 제조하는 단계;

내벽 입구에서 출구로 이어지는 나선 홈이 구비된 원통형의 나선회전기판 내부에 상기 용융실리콘을 주입하는 단계;

상기 나선 홈을 따라서 상기 입구에서 상기 출구로 상기 용융실리콘이 이동할 수 있도록 상기 나선회전기판을 회전시키는 단계; 및

상기 나선회전기판의 출구 부분을 냉각하여 상기 출구 부분의 나선 홈에 형성된 상기 용융실리콘을 응고시키고, 응고된 용융실리콘을 상기 나선회전기판으로부터 리본 형태로 분리시켜서 실리콘 리본을 제조하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 실리콘 리본 제조 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 용융실리콘을 제조하는 단계는 실리콘을 액상 형태 완전히 용융시키거나 실리콘 분말을 압착한 박막을 반응 용융시킨 상태로 제조하는 것을 특징으로 하는 실리콘 리본 제조 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 나선회전기판을 회전시키는 단계에서 상기 용융실리콘이 실리콘층 및 불순물층으로 분리가 되도록 하는 것을 특징으로 하는 실리콘 리본 제조 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

실리콘 리본을 제조하는 단계 이후에 상기 실리콘 리본의 표면을 산세처리 하여 불순물을 제거하는 산세처리 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 실리콘 리본 제조 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 용융실리콘의 주입량 및 상기 나선회전기판을 회전시키는 속도를 조절하여 상기 실리콘 리본의 두께를 조절하는 것을 특징으로 하는 실리콘 리본 제조 방법.

청구항 6

원통 내벽의 입구에서 출구로 이어지는 나선 홈이 구비되고, 상기 원통이 회전되면서 상기 입구에 공급된 용융실리콘이 상기 나선 홈을 따라 상기 출구로 배출되도록 하는 회전 장치를 포함하는 나선회전기판;

상기 입구와 연결되어 용융실리콘을 상기 나선회전기판 내에 공급하는 장입 장치;

상기 나선회전기판의 상기 출구 부분을 냉각시키는 냉각 장치; 및

상기 출구로부터 배출되는 리본을 감아서 막대형상으로 변환시키는 리본배출 유도롤러를 포함하는 것을 특징으로 하는 실리콘 리본 제조 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 나선회전기판은 회전축이 중력과 수직한 방향으로 구비되는 수평형, 상기 중력방향으로 상기 출구 기울어진 경사형 및 상기 중력 방향과 평행하게 구비되는 수직형 중 선택된 어느 한 가지 형태의 것을 사용하는 것을

특징으로 하는 실리콘 리본 제조 장치.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 나선회전기판의 입구 부분 온도는 상기 용융실리콘의 온도보다 10 ~ 20% 더 높게 유지되는 것을 특징으로 하는 실리콘 리본 제조 장치.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 나선회전기판 내부의 상기 용융실리콘을 관찰할 수 있는 모니터링 장치를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 실리콘 리본 제조 장치.

청구항 10

제 6 항에 있어서,

상기 리본배출유도롤러는 상기 나선회전기판의 상기 출구 부분 온도와 동일하게 유지되는 것을 특징으로 하는 실리콘 리본 제조 장치.

청구항 11

제 6 항에 있어서,

상기 실리콘 리본 제조 장치는 리본배출유도롤러를 통하여 나오는 실리콘 리본 표면의 불순물을 제거하기 위한 산세처리 장치를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 실리콘 리본 제조 장치.

청구항 12

제 1 항에 기재된 실리콘 리본 제조 방법을 이용하여 제조된 것을 특징으로 하는 실리콘 리본.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기술 분야

- <1> 본 발명은 실리콘 리본 제조 방법 및 이를 이용하여 제조된 실리콘 리본에 관한 것으로, 용융부와 성형부를 분리시켜 불순물을 용이하게 제어하고 형상 제어도 용이하게 실시할 수 있도록 하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

- <2> 일반적으로 반도체 등의 전자부품을 생산하기 위한 소재로 사용되는 실리콘 웨이퍼(wafer)는 실리콘 단결정 잉곳(ingot)을 얇게 절단하여 만든다. 실리콘 단결정 잉곳을 제조하는 대표적인 방법으로 쇼크랄스키(Czochralski, CZ)법이 있으며, 이 방법은 단결정인 종자결정(seed crystal)을 용융실리콘에 담근 후 천천히 인상시키면서 결정을 성장시키는 것이다.
- <3> 쇼크랄스키법에 의한 일반적인 실리콘 단결정 잉곳 제조 공정을 대략적으로 설명하면 먼저, 종자결정 하단부에 존재하는 전위를 제거하기 위해 종자결정으로부터 가늘고 긴 단결정을 성장시키는 네킹(necking)공정을 수행한다.
- <4> 다음에는, 단결정을 직경방향으로 성장시켜 목표직경으로 만드는 숄더링(shouldering)공정을 수행한다.
- <5> 그 다음에는, 일정한 직경을 갖는 단결정이 성장된다. 이 과정을 바디그로잉(body growing)공정이라 부르는데 이때 성장된 부분이 웨이퍼로 만들어지는 부분이 된다.
- <6> 그 다음에는, 일정한 길이만큼 바디그로잉이 진행된 후에 단결정의 직경을 서서히 감소시켜 최종적으로 용융실리콘과 분리하는 테일링(tailing) 공정을 거쳐 결정성장공정을 마무리한다. 이때, 결정성장공정은 핫존(Hot Zone)이라는 공간에서 이루어지게 되는데, 핫존은 결정성장장치(Grower)에서 용융실리콘이 단결정 잉곳으로 성

장될 때 용융실리콘과 잉곳 접촉 주위의 공간을 구성하는 총체적인 환경을 의미하며 그 공간이 차지하는 비율이 상대적으로 큰 편이다.

- <7> 그 외에, 결정성장 장치는 용융실리콘 도가니, 가열장치, 보온 구조물, 잉곳인상장치 등 여러 부품들로 이루어져 복잡한 구조를 하고 있다.
- <8> 상술한 바와 같이 쇼크랄스키(Czochralski)법을 이용하여 제조한 실리콘 기판은 일반적으로 반도체 소자를 형성하는데 이용된다. 그러나 잉곳을 이용하여 태양전지모듈을 위한 박판을 제조하려면 별도의 슬라이스처리, 랩처리, 광택처리 등을 반드시 거쳐야 하는 문제가 있다. 이 과정에서 50%정도의 실리콘이 불필요하게 소모가 될 수 있어 비효율적인 문제가 있다.
- <9> 따라서 박형의 실리콘을 직접적으로 얻을 수 있는 덴드리틱 웹(Dendritic Web) 결정 성장 방법이 개발되었다. 덴드리틱 웹(Dendritic Web) 결정은 (111)방향에서 성장되어 구조적 품질이 뛰어난 단결정 물질로, 길고 얇은 리본 형태의 박판 실리콘을 말한다. 이하에서는 설명의 편의를 위하여 덴드리틱 웹을 실리콘 리본이라 표현하는 것으로 한다.
- <10> 실리콘 리본은 일광-전기에너지 변환용으로 가격이 저렴하고 효율이 우수한 태양전지의 생산에 힘입어 개발이 진행되고 있다.
- <11> 그러나 덴드리틱 웹 결정 성장 방법에서도 실리콘 박판의 내부결함 문제가 발생하였다.
- <12> 성공적인 덴드리틱 웹 결정 성장의 중요 관건은 뜨거운 용융실리콘을 수용하기 위해 사용되는 차폐판 및 뚜껑의 구조에 달려 있다. 과거에는 소위 '개뿔 모양'의 슬롯을 가진 뚜껑이 사용되어 다소 성공을 거두었다. 이러한 뚜껑은 통상 슬롯의 단부로부터 예정된 거리만큼 떨어진 한 쌍의 외측 홈을 포함한다. 이 외측홈은 덴드리틱 웹 결정이 일정한 폭으로 성장하는 것을 보조한다. 또한, 종래에는 뚜껑의 일단부에 위치한 한 쌍의 홈도 갖는다. 이 홈은 검출기가 용융실리콘 레벨을 측정할 때 레이저 비임의 출입홀로서 이용된다. 종래의 뚜껑 구조에서 상기 홈이 갖는 또 다른 특징은 이 홈을 통해 용융실리콘을 재보충 하는 것이다. 이러한 홈들은 통상 레이저 비임 홀로부터 반대되는 곳인 뚜껑의 일단부에 위치한다.
- <13> 종래의 실리콘 리본 형성을 위한 뚜껑 구조는 1개의 노에서 일주일동안 대략 $40,000\text{cm}^2$ 를 최대로 생성한다. 종래 구조로부터 성장된 실리콘 리본은 각 단부와 인접한 곳에서 두께가 얇아지는 네가티브 특성을 갖는다. 이 종래 구조의 출력은 얇아진 영역에서 발생하는 결정질 붕괴 때문에 길이의 제한을 받는다.
- <14> 이로 인해 결정이 중단되고 출력이 제한을 받으므로, 실리콘 리본 형성의 진행을 재개시키거나, 실리콘 리본의 폭을 넓히기 위해서는 비생산적인 시간이 요구된다.
- <15> 상술한 바와 같이, 종래 기술에 따른 실리콘 리본 형성 방법은 뚜껑 구조가 되는 성형부와 용융부가 인접해 있어서 불순물이 포함될 우려가 높고, 실리콘 리본의 두께 및 폭을 조절하는데 많은 제한을 갖고, 공간적인 측면에서도 비효율적인 문제가 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <16> 본 발명은 원통형 나선회전기판을 이용하여, 나선회전기판이 회전하는 속도 및 원심력에 의하여 용융실리콘이 나선 홈을 따라 이동하면서 실리콘 리본이 형성되도록 함으로써, 형상제어, 응고 후 결정결함 제어 및 불순물 제어를 용이하게 수행하고 고 순도의 실리콘 리본을 효율적으로 제조할 수 있는 실리콘 리본 제조 방법 및 이를 이용하여 제조된 실리콘 리본을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제 해결수단

- <17> 본 발명에 따른 실리콘 리본 제조 방법은 용융실리콘을 제조하는 단계와, 내벽 입구에서 출구로 이어지는 나선 홈이 구비된 원통형의 나선회전기판 내부에 상기 용융실리콘을 주입하는 단계와, 상기 나선 홈을 따라서 상기 입구에서 상기 출구로 상기 용융실리콘이 이동할 수 있도록 상기 나선회전기판을 회전시키는 단계 및 상기 나선회전기판의 출구 부분을 냉각하여 상기 출구 부분의 나선 홈에 형성된 상기 용융실리콘을 응고시키고, 응고된 용융실리콘을 상기 나선회전기판으로부터 리본 형태로 분리시켜서 실리콘 리본을 제조하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

<18> 아울러, 원통 내벽의 입구에서 출구로 이어지는 나선 홈이 구비되고, 상기 원통이 회전되면서 상기 입구에 공급된 용융실리콘이 상기 나선 홈을 따라 상기 출구로 배출되도록 하는 회전 장치를 포함하는 나선회전기관과, 상기 입구와 연결되어 용융실리콘을 상기 나선회전기관 내에 공급하는 장입 장치와, 상기 나선회전기관의 상기 출구 부분을 냉각시키는 냉각 장치 및 상기 출구로부터 배출되는 리본을 감아서 막대형상으로 변환시키는 리본배출 유도롤러를 포함하는 것을 특징으로 한다.

<19> 아울러, 본 발명에 따른 실리콘 리본은 상술한 실리콘 리본 제조 방법을 이용하여 제조되는 것을 특징으로 한다.

효 과

<20> 본 발명은 용융부와 성형부를 분리함으로써, 불순물 제어를 용이하게 수행 할 수 있으며, 나선 홈 간격 또는 나선회전기관의 회전 속도 및 용융실리콘 공급량을 제어함으로써, 실리콘 리본의 두께 및 형상을 용이하게 조절 할 수 있고, 가변 냉각 장치 및 산세처리 장치를 통하여 응고 후 결정 결함을 용이하게 제어할 수 있는 효과를 제공한다.

<21> 따라서 본 발명은 공간적인 제약을 최소화하면서도 효율적으로 고 순도의 실리콘 리본을 제조할 수 있는 효과를 제공 한다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<22> 본 발명은 원통의 내벽에 입구에서 출구로 이어지는 나선 홈이 구비된 나선회전기관을 회전시키면서 입구에 용융실리콘을 공급하고, 나선회전기관이 회전하는 속도 및 원심력에 의하여 용융실리콘이 나선 홈을 따라 이동되도록 함으로써, 출구에서 실리콘 리본이 배출되도록 하는 방법을 사용하고, 그에 맞는 신개념 장치를 제공한다.

<23> 이하 본 발명에 따른 실시예들 및 첨부 도면을 참조하여 실리콘 리본 제조 방법, 장치 및 이를 이용하여 제조된 실리콘 리본에 관하여 상세히 설명하는 것으로 한다.

<24> 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.

<25> 도 1은 본 발명에 따른 실리콘 리본 제조 방법 및 그에 따른 장치를 개략적으로 도시한 사시도이다.

<26> 도 1을 참조하면, 원통 내벽에 나선 홈(130)이 구비된 나선회전기관(120)을 수평방향으로 구비시킨다. 이때, 후속 공정에서 설명되는 장입장치(100)와 나선회전기관(120)이 연결되는 부분이 입구가 되고, 그 반대 부분이 출구가 된다.

<27> 여기서, 나선회전기관(120)은 회전축이 중력방향과 수직인 방향으로 구비되는 수평형 이외에 회전축이 중력방향과 기울어진 형태로 구비되는 경사형 또는 회전축이 중력방향과 평행하게 구비되는 수직형을 사용하여 용융실리콘의 이동이 좀 더 용이하게 수행될 수 있도록 할 수 있다. 이때, 경사형과 수직형은 나선회전기관(120)의 출구가 아래쪽으로 내려와야 한다.

<28> 여기서, 나선회전기관(120)은 도시되지는 않았으나 원통의 중심축을 기준으로 회전할 수 있는 별도의 회전 장치 및 회전 속도를 조절하는 제어 장치를 포함하고 있으며, 나선회전기관(120) 자체의 온도를 조절하는 장치도 구비하여 용융된 실리콘의 이동이 용이하게 수행될 수 있도록 한다. 이때, 나선회전기관의 온도가 용융실리콘의 온도보다 10 ~ 20% 정도 더 높게 유지되어야 용융실리콘의 이동이 용이하게 수행될 수 있다. 용융실리콘의 온도가 지나치게 높으면 냉각을 위해 원통의 길이를 늘려야 하므로 냉각 공정이 어려워지고, 너무 낮으면 유동성이 떨어진다.

<29> 따라서 용융실리콘의 장입은 실리콘 용융점 부근 가능한 낮은 온도에서 수행 하고, 후속 공정에서 액상이 적절한 리본의 형상으로 갖춰지는 곳을 모니터링 하여 냉각을 시작하는 것이 바람직하다.

<30> 다음에는, 상술한 바와 같이 용융실리콘을 형성하고 이를 나선회전기관(120) 내부에 공급하는 장입장치(100)가 구비된다. 이때, 장입장치(100) 중에서도 용융실리콘을 형성하는 부분은 나선회전기관(120)과 완벽하게 분리되어 불순물의 영향을 최소한으로 받을 수 있도록 구비되는 것이 바람직하다. 특히, 산소가 완전히 차단되고 불활

성 기체 분위기 하에서 용융 공정이 수행될 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

- <31> 여기서, 상술한 용융실리콘은 실리콘 액상 형태로 나선회전기판(120)에 공급되거나, 실리콘 분말을 압착한 박막을 제조한 후 그 박막이 반 용융된 상태에서 공급될 수 있다.
- <32> 그 다음에는, 상기한 바와 같이 용융실리콘이 나선회전기판(120)에 공급되면 나선회전기판(120)이 회전하면서 나선 홈(130)을 따라서 용융실리콘을 출구 쪽으로 이동시킨다. 이때, 용융실리콘의 주입량 및 나선회전기판(120)의 회전 속도를 조절하여 리본의 두께를 조절할 수 있다.
- <33> 아울러, 이 과정에서 원심력에 의해서 실리콘과 불순물층이 분리되도록 한다. 원심력에 의해서 나선 홈(130)에 채워진 용융실리콘의 표면이 평평하게 되고, 두께가 안정적으로 고르게 나타나는 리본의 형상이 완성되면 그 상태를 유지시키기 위하여 소정의 냉각 공정을 수행한다.
- <34> 이를 위해서 나선회전기판(120)의 출구 부분에는 냉각 장치(140)가 구비된다. 냉각 공정은 나선회전기판(120)의 중심부에서부터 출구부분까지 고르게 수행될 수 있다.
- <35> 여기서, 나선회전기판(120) 내부의 용융실리콘 상태를 관찰할 수 있는 모니터링 장치(미도시)가 더 구비될 수 있으며, 냉각 장치는 모니터링 장치와 연동하여 최적의 냉각 공정을 수행할 수 있도록 한다.
- <36> 용융실리콘은 실리콘 용융 온도 이하로 냉각되어도 액상을 유지할 수 있는 물질이다.(상당한 양의 과냉 발생이 가능한 물질이다.) 일부 연구에 의하면, 용융점 이하로 수백℃를 내려도 액상을 유지할 수 있다고 하고 있다. 따라서 리본 형상이 완료되는 시점은 과냉 된 액상에서 나타날 수 있고, 이에 따라서 리본이 나선회전기판(120)의 출구까지 이동될 수 있는 것이다.
- <37> 아울러, 냉각 공정이 수행되면 열팽창계수의 차이에 의해서 실리콘 리본의 부피가 감소되므로, 나선 홈과 실리콘 리본의 분리가 시작되어 이동 및 배출이 용이하게 수행될 수 있다.
- <38> 그 다음에는, 나선회전기판(120)의 출구로부터 코일 형태로 배출되는 실리콘 리본(160)을 감아서 막대형상(Dendritic)으로 변환시키는 리본배출유도롤러(150)가 구비된다. 이때, 리본배출유도롤러(150)는 상기 나선회전기판의 출구 부분 온도와 동일하게 유지될 수 있도록 하여, 열팽창계수의 차이가 발생하지 않도록 하는 것이 바람직하다. 열팽창계수의 차이가 발생하면 실리콘 리본(160)이 끊어질 수 있으므로, 이를 방지하고 원하는 길이의 실리콘 리본을 형성하기 위해서는 출구부분에서의 온도 조절이 필요하다.
- <39> 아울러, 리본배출유도롤러(150)를 사용하지 않고, 방적 공장에서 실을 감개로부터 푸는 공정을 응용하여, 이와 유사하게 회전하는 나선회전기판(120)으로부터 실리콘 리본(160)을 직접 잡아당기면서 실리콘 리본을 뽑아낼 수 있다.
- <40> 도 2는 본 발명에 따른 나선회전기판 및 실리콘 리본을 도시한 단면도로, 상기 도 1의 나선회전기판을 AA'방향으로 절단한 단면을 나타낸 것이다.
- <41> 도 2를 참조하면, 나선회전기판(120)의 내벽에 나선(125)이 구비되고 이에 따라 나선 홈(130)이 형성된다. 이때, 나선 홈(130)의 바닥부분은 평평하게 구비되어 용융실리콘을 채워졌을 때 박막 형태로 형성될 수 있게 한다.
- <42> 여기서, 나선회전기판(120)이 회전하면서 용융실리콘이 순수 실리콘층(135)과 불순물층(145)으로 분리되는데, 나선회전기판(120)의 입구에서 출구 방향 즉, A에서 A'방향으로 갈수록 불순물의 분리가 완전하게 이루어지면서 불순물층(145)의 두께가 두꺼워 진다. 주요 불순물들은 탄소(C), 알루미늄(Al) 및 이들의 산화물이 있으며, 이러한 불순물들은 실리콘(Si)과의 비중차이에 의해서 분리가 이루어진다.
- <43> 다음에는, 불순물층(145)의 분리가 완료되고 리본 형상이 갖추어 지는 시점을 모니터링 하여 냉각 공정을 수행한다.
- <44> 그 다음에는, 실리콘 리본(160)을 나선회전기판(120)으로부터 분리시키고, 실리콘 리본(160) 표면의 불순물을 산세처리 공정으로 제거 하여 고 순도의 실리콘 리본을 완성한다.
- <45> 상술한 바와 같이, 본 발명은 원통형의 나선회전기판을 이용하여 공간적인 제약을 최소화 할 수 있도록 한다. 또한, 실리콘 리본 형성을 위한 성형부가 되는 나선회전기판과 용융부를 완벽하게 분리시킴으로써 불순물의 영향을 최소화 할 수 있도록 하고, 나선 홈의 간격 또는 깊이를 조절하거나 용융실리콘 공급량 또는 나선회전기판의 회전 속도를 조절함으로써 실리콘 리본의 선포 또는 두께 조절을 용이하게 수행할 수 있다. 아울러, 나선회

전기판이 회전하면서 발생시키는 원심력에 의해서 용융실리콘이 순수한 실리콘 결정과 불순물을 분리시킬 수 있으므로 순도를 용이하게 조절할 수 있게 된다.

<46> 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

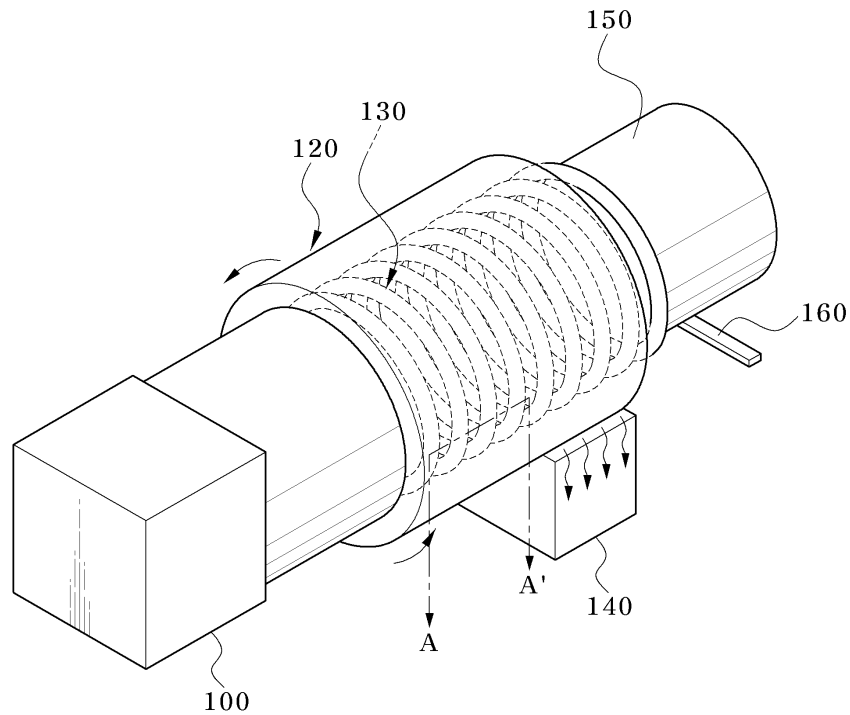
도면의 간단한 설명

<47> 도 1은 본 발명에 따른 실리콘 리본 제조 방법 및 그에 따른 장치를 개략적으로 도시한 사시도.

<48> 도 2는 본 발명에 따른 나선회전기판 및 실리콘 리본을 도시한 단면도.

도면

도면1



도면2

