



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년05월30일
 (11) 등록번호 10-1625545
 (24) 등록일자 2016년05월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H01L 31/048 (2014.01) H01L 31/18 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2012-7026755(분할)
 (22) 출원일자(국제) 2009년10월29일
 심사청구일자 2014년10월28일
 (85) 번역문제출일자 2012년10월12일
 (65) 공개번호 10-2012-0130018
 (43) 공개일자 2012년11월28일
 (62) 원출원 특허 10-2011-7012484
 원출원일자(국제) 2009년10월29일
 (86) 국제출원번호 PCT/US2009/062513
 (87) 국제공개번호 WO 2010/051355
 국제공개일자 2010년05월06일
 (30) 우선권주장
 61/110,429 2008년10월31일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020080072834 A*
 KR1020060035733 A*
 JP09069646 A
 JP10209473 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 다우 코닝 코포레이션
 미국 미시간주 48686 미드랜드 웨스트 살츠버그
 로드 2200
 (72) 발명자
 하우엘, 마린다
 미국 48640 미시간 미들랜드 사우스 호머 랜드
 643
 준, 도니
 미국 48657 미시간 샌포드 피터슨 드라이브 2502
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 12 항

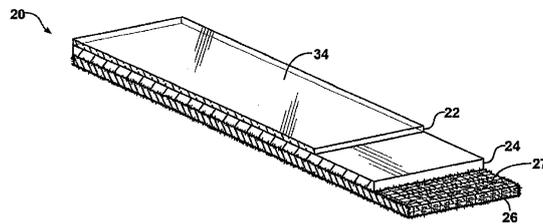
심사관 : 장정아

(54) 발명의 명칭 **광전지 모듈 및 이의 형성 방법**

(57) 요약

광전지 모듈, 적어도 두 개의 모듈을 포함하는 광전지 어레이, 및 상기 모듈을 형성시키는 방법이 제공된다. 본 모듈은 제1 최외각층 및 제1 최외각층 상에 배치된 광전지를 포함한다. 본 모듈은 또한 광전지 상에 배치되어 있고 제2 최외각층과 제1 최외각층 사이에 광전지를 샌드위치하는 제2 최외각층을 포함한다. 본 모듈을 형성시키는 방법은 제1 최외각층 상에 광전지를 배치시키는 단계, 광전지 상에 실리콘 조성물을 배치시키는 단계, 및 제1 최외각층, 광전지 및 제2 층을 압축시켜 광전지 모듈을 형성시키는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

케토라, 메리

미국 48623 미시간 프리랜드 애플쉐어 코트 6

토말리아, 메리, 케이

미국 48640 미시간 미들랜드 웨스트 치페와 리버
로드 596

명세서

청구범위

청구항 1

A. ASTM E424-71을 이용한 UV/Vis 분광 광도법으로 측정된 결과 70% 이상의 광투과율을 가지고 임의적으로 실리콘을 포함하는 제1 최외각층;

B. 상기 제1 최외각층 상에 배치된 광전지(photovoltaic cell); 및

C. 상기 제1 최외각층에 마주하는 제2 최외각층으로서, (I) 실리콘 조성물을 포함하고 제2 최외각층과 제1 최외각층 사이에 광전지가 샌드위치되게 상기 광전지 상에 배치된 제2 최외각층을 포함하는, 광전지 모듈(photovoltaic cell module)로서,

상기 모듈에 실리콘 폴리머를 제외한 모든 폴리머가 존재하지 않고,

상기 제2 최외각층에 복수의 섬유가 존재하지 않으며,

상기 (I) 실리콘 조성물이 하이드로실릴화-경화성 액체 실리콘 조성물인 것으로 또는 하이드로실릴화-경화성 액체 실리콘 조성물로부터 형성되는 것으로 추가로 규정되고,

(i) 분자 당 하나 이상의 불포화된 부분(moiety)을 갖는 유기실리콘 화합물,

(ii) 분자 당 하나 이상의 실리콘-결합된 수소 원자를 갖는 유기하이드로젠실리콘 화합물, 및

(iii) (i) 상기 유기실리콘 화합물과 (ii) 상기 유기하이드로젠실리콘 화합물 간의 하이드로실릴화 반응을 촉진시키기 위해 사용되는 하이드로실릴화 촉매를 포함하고,

(i) 상기 유기실리콘 화합물의 분자 당 불포화된 부분에 대한 (ii) 상기 유기하이드로젠실리콘 화합물의 분자 당 실리콘 결합된 수소 원자의 비율이 0.05 내지 100인, 광전지 모듈.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 (I) 실리콘 조성물이 분지된, 광전지 모듈.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 (I) 실리콘 조성물이 열 전도성 충전제를 포함하는, 광전지 모듈.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제2 최외각층에 충전제가 존재하지 않는, 광전지 모듈.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 (I) 실리콘 조성물이 선형 유기실리콘 화합물 및 분지형 유기실리콘 화합물의 총합 100 중량부 당, 80 내지 95 중량부의 양의, 분자 당 두 개의 말단 불포화된 부분을 갖는 선형 유기실리콘 화합물, 5 내지 20 중량부의 양의, 분자 당 두 개의 말단 불포화된 부분 및 분자 당 하나 이상의 펜던트 불포화된 부분을 갖는 분지형 유기실리콘 화합물, 및 분자 당 세 개 이상의 실리콘 결합된 수소 원자를 갖는 유기하이드로젠실리콘 화합물을 포함하는 것으로 추가로 규정되고, 상기 선형 유기실리콘 화합물 및 분지형 유기실리콘 화합물의 분자 당 불포화된 부분의 총합에 대한 상기 유기하이드로젠실리콘 화합물의 분자 당 실리콘 결합된 수소 원자의 비율이 1 내지 1.7인, 광전지 모듈.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 선형 유기실리콘 화합물이 비닐 단부-블로킹된 폴리디알킬실록산으로서 추가로 규정되며, 상기 분지형 유기실리콘 화합물이 하나 이상의 비닐 펜던트기를 갖는 비닐 단부-블로킹된 폴리디알킬실록산으로서 추가로 규정되며, 유기하이드로젠실리콘 화합물이 트리메틸실록시 말단화된 디메틸, 메틸하이드로젠 실록산

으로서 추가로 규정되는, 광전지 모듈.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 광전지 상에 배치되어 있고 상기 광전지와 상기 제1 최외각층 사이에 샌드위치되어 있는 타이 층(tie layer)을 추가로 포함하며, 상기 타이 층이 상기 (I) 실리콘 조성물과 동일하거나 상이한 (II) 제2 실리콘 조성물을 포함하거나 포함하지 않는, 광전지 모듈.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 제2 최외각층이 실리콘 및 산소 계열 물질 (SiO_x)로 일부 또는 전부 코팅된, 광전지 모듈.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 제1 최외각층이 실리콘 및 산소 계열 물질 (SiO_x)로 일부 또는 전부 코팅된, 광전지 모듈.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 실리콘 조성물이 난연제를 추가로 포함하는, 광전지 모듈.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 난연제가 알루미늄 분말 또는 울라스토나이트(wollastonite)인, 광전지 모듈.

청구항 12

제1항에 있어서, 하이드로실릴화-경화성 액체 실리콘 조성물은 25℃에서 100,000 센티포이즈(cps) 미만의 점도를 갖는, 광전지 모듈.

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 광전지 모듈 및 광전지 어레이에 관한 것이다. 더욱 상세하게, 본 발명은 제1 최외각층, 광전지, 및 광전지가 제2 최외각층과 제1 최외각층 사이에 샌드위치되게 광전지 상에 배치된, 특정 성질을 지닌 제2 최외각층을 포함하는 광전지 모듈에 관한 것이다. 본 발명은 또한 광전지 모듈을 형성시키는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 태양 전지 또는 광전지(photovoltaic cell)는 빛을 전기로 전환시키기 위해 사용되는 반도체 디바이스이다. 광전지는 2 가지의 일반적인 타입, 웨이퍼 및 박막으로 존재한다. 웨이퍼는 통상적으로 단결정 또는 다중결정 잉곳(ingot)으로부터 웨이퍼를 기계적으로 절단하여 형성된 반도체 물질의 얇은 시트이다. 대안적으로, 웨이퍼는 캐스팅(casting)으로부터 형성될 수 있다. 박막 광전지는 대개 스퍼터링(sputtering) 또는 화학적 기상 증착 공정 기술을 이용하여 기판 상에 증착된 반도체성 물질의 연속층들을 포함한다.

[0003] 통상적으로, 광전지는 또한 타이 층(tie layer), 기판, 상부판(superstrate), 및/또는 강도 및 안정성을 제공하는 추가 물질을 포함하는 광전지 모듈에 포함된다. 일부 모듈은 두꺼운 타이 층을 이용하여 유리 상부판에 결

합된 유리 기판을 포함한다. 이러한 타입의 모듈은 대개 타이 층의 분산을 조절하고 폐기물을 감소시키기 위해 기관 및 상부판으로부터 타이 층의 누출을 최소화할 필요성으로 인하여 느리고 불충분한 공정을 이용하여 제조된다. 다른 타입의 모듈은 기관과 상부판 사이로부터 배출되고 폐기되는 상당한 양의 타이 층을 이용하여 형성된다. 두가지 타입 모두의 모듈에서, 타이 층이 기관과 상부판을 가로질러 일관되지 않은 패턴으로 흐를 수 있기 때문에 타이 층의 두께를 조절하기 어렵다. 또한, 두가지 타입 모두의 모듈을 형성시키는 방법은 비용 증가, 가공 시간 증가, 및 가공 복잡성 증가를 초래한다. 이러한 것 모두는 최종 구매자에 대한 비용 증가를 초래한다. 이에 따라, 개선된 광전지 모듈, 모듈의 광전지 어레이, 및 모듈을 형성시키는 방법을 개발할 필요가 있다.

발명의 내용

[0004] 본 발명은 광전지 모듈 및 이러한 모듈을 형성시키는 방법을 제공한다. 본 광전지 모듈은 ASTM E424-71을 이용한 UV/Vis 분광 광도법으로 측정된 결과, 적어도 70%의 광투과율을 갖는 제1 최외각층(first outermost layer)을 포함한다. 광전지는 제1 최외각층 상에 배치된다. 본 모듈은 또한 제1 외각층에 마주하는 제2 최외각층을 포함한다. 제2 최외각층은 실리콘 조성물을 포함한다. 제2 최외각층은 광전지 상에 배치되고, 제2 최외각층과 제1 최외각층 사이에 광전지를 샌드위치한다.

[0005] 광전지 모듈은 본 발명의 방법에 의해 형성된다. 일 구체예에서, 본 방법은 제1 최외각층 상에 광전지를 배치시키는 단계, 광전지 상에 실리콘 조성물을 배치시키는 단계, 복수의 섬유를 실리콘 조성물로 적어도 일부 코팅하여 제2 층을 형성시키는 단계, 및 제1 최외각층, 광전지, 및 제2 층을 압축시켜 모듈을 형성시키는 단계를 포함한다. 이러한 구체예와 관련하여, 복수의 섬유는 제2 층을 가로질러 모듈의 양 단부 상의 모듈의 주변부로 측면 연장한다. 이와 같이, 복수의 섬유는 압축 단계 동안에 모듈로부터 실리콘 조성물의 누출을 방지할 수 있다.

[0006] 제2 (최외각) 층은 사용되어야 하는 실리콘 조성물의 양을 최소화하는 동시에 모듈 내에 광전지가 고정되게 할 수 있다. 사용되는 경우에, 제2 (최외각) 층의 복수의 섬유는 실리콘 조성물의 분산 및 모듈의 언어진 두께를 조절하고, 또한 압축 단계 동안 모듈의 외측으로 실리콘 조성물의 손실 또는 누출을 최소화한다. 실리콘 조성물과 함께 복수의 섬유는 또한 모듈에 구조적 강도를 제공하고, 모듈의 가연성을 감소시키고, 광전지와 제1 최외각층 간의 접촉 강도를 증가시킨다. 복수의 섬유 및 실리콘 조성물은 전기 효율 및 구조적 보존성을 유지시키면서 모듈을 강성, 반강성 또는 가요성이 되게 할 수 있다. 또한, 복수의 섬유는 실리콘 조성물의 조절된 확산, 사용되는 실리콘 조성물의 양의 최소화, 폐기물 최소화 및 모듈의 두께 및 크기의 일관성(consistency) 증가로 인하여 모듈의 비용효율적이고 반복가능한 생산을 가능하게 한다. 복수의 섬유 및 실리콘 조성물은 또한 지지층 없이 모듈의 형성을 가능하게 하여, 비용, 생산 복잡성, 및 모듈을 형성시키는데 요구되는 시간을 감소시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0007] 첨부된 도면과 함께 고려될 때 하기 상세한 설명을 참조로 하여 보다 잘 이해 되는 바, 본 발명의 다른 장점들은 용이하게 인식될 것이다:

도 1은 제1 최외각층, 제1 최외각층 상에 배치된 광전지, 및 광전지 상에 배치된 제2 최외각층을 포함하는 제1 광전지 모듈의 측단면도이다.

도 2는 본 발명의 방법으로부터 형성된, 제1 최외각층, 제1 최외각층 상에 배치된 광전지, 광전지 상에 배치된 제2 층, 및 제2 최외각층으로서 제2 층 상에 배치된 지지층을 포함하는 제2 광전지 모듈의 측단면도이다.

도 3은 제1 최외각층, 제1 최외각층 상에 배치되고 이와 직접 접촉되어 있는 타이 층, 제1 최외각층 상에 배치되고 이로부터 이격되어 있는 광전지, 및 광전지 상에 배치된 제2 최외각층을 포함하는 제3 광전지 모듈의 측단면도이다.

도 4는 본 발명의 방법으로부터 형성된, 제1 최외각층, 제1 최외각층 상에 배치되고 이로부터 직접 접촉되어 있는 타이 층, 제1 최외각층 상에 배치되고 이로부터 이격되어 있는 광전지, 광전지 상에 배치된 제2 층, 및 제2 최외각층으로서 제2 층 상에 배치되고 이와 직접 접촉되어 있는 지지층을 포함하는 제4 광전지 모듈의 측단면도이다.

도 5는 본 발명의 실리콘 조성물로 적어도 일부 코팅된 복수의 섬유를 포함하는 제2 (최외각) 층의 측단면도이다.

다.

도 6a는 전기적으로 연결되고 광전지 어레이로서 배열된 도 1의 직렬의 광전지 모듈의 측단면도이다.

도 6b는 전기적으로 연결되고 광전지 어레이로서 배열된 직렬의 광전지 모듈의 확대된 측단면도이다.

도 7은 복수의 섬유가 광전지 모듈로부터 실리콘 조성물의 누출을 방지하기 위해 제2 층을 가로질러 모듈의 양 단부 상에 광전지 모듈의 주변부로 측면(L) 연장하는 도 1의 광전지 모듈의 하부 단면도이다.

도 8은 제1 최외각층, 제1 최외각층 상에 배치된 광전지, 및 광전지 상에 배치된 제2 최외각층을 포함하는 광전지 모듈의 측단면도로서, 여기서 제2 최외각층에는 복수의 섬유가 존재하지 않고 이는 하이드로실릴화-경화성 실리콘 조성물로부터 형성된다.

도 9는 본 발명의 방법으로부터 형성된, 제1 최외각층, 제1 최외각층 상에 배치된 광전지, 광전지 상에 배치된 제2 층, 및 제2 최외각층으로서 제2 층 상에 배치된 지지층을 포함하는 광전지 모듈의 측단면도로서, 여기서 제2 층에는 복수의 섬유가 존재하지 않고 이는 하이드로실릴화-경화성 실리콘 조성물로부터 형성된다.

도 9는 본 발명의 방법으로부터 형성된, 제1 최외각층, 제1 최외각층 상에 배치된 광전지, 광전지 상에 배치된 제2 층, 및 제2 최외각층으로서 제2 층 상에 배치된 지지층을 포함하는 광전지 모듈의 측단면도로서, 여기서 제2 층에는 복수의 섬유가 존재하지 않으며, 이는 하이드로실릴화-경화성 실리콘 조성물로부터 형성된다.

도 10은 제1 최외각층, 제1 최외각층 상에 배치되고 이와 직접 접촉된 타이 층, 제1 최외각층 상에 배치되고 이로부터 이격되어 있는 광전지, 및 광전지 상에 배치된 제2 최외각층을 포함하는 광전지 모듈의 측단면도로서, 여기서 제2 최외각층에는 복수의 섬유가 존재하지 않으며, 이는 하이드로실릴화-경화성 실리콘 조성물로부터 형성된다.

도 11은 본 발명의 방법으로부터 형성된, 제1 최외각층, 제1 최외각층 상에 배치되고 이와 직접 접촉된 타이 층, 제1 최외각층 상에 배치되고 이로부터 이격된 광전지, 광전지 상에 배치된 제2 층, 및 제2 최외각층으로서 제2 층 상에 배치되고 이와 직접 접촉된 지지층을 포함하는 광전지 모듈의 측단면도로서, 여기서, 제2 층에는 복수의 섬유가 존재하지 않으며, 이는 하이드로실릴화-경화성 실리콘 조성물로부터 형성된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 본 발명은 일반적으로 도 1-4, 6a/b 및 7-11에 도시된 광전지 모듈(20)(이하 "모듈"로서 칭하여짐), 및 모듈(20)을 형성시키는 방법을 제공한다. 당해 분야에 공지된 바와 같이, 모듈(20)은 광기전력 효과(photovoltaic effect)로 인하여 빛 에너지를 전기 에너지로 전환시킨다. 더욱 상세하게, 모듈(20)은 2가지 주요 기능을 수행한다. 제1 기능은 광흡수 물질에서 전자 및 홀과 같은 전하 운반체의 광 발생(photo generation)이다. 제2 기능은 전기를 전달하기 위한 전하 운반체의 전도성 콘택트(conductive contact)로의 유도이다.

[0009] 본 발명의 모듈(20)은 자동차, 소형 전자기기, 원거리 지역 전력 시스템, 인공위성, 우주 탐사선, 무선 전화기, 물 펌프, 그리드-타이드 전기 시스템(grid-tied electrical system), 배터리, 배터리 충전기, 광전기화학 분야, 폴리머 태양전지 분야, 나노결정 태양 전지 분야, 및 염료-감작성 태양 전지 분야를 포함하지만 이에 제한되지 않는 임의의 산업에서 사용될 수 있다. 일 구체예에서, 도 6a에 도시된 바와 같이, 직렬의 모듈(20)은 전기적으로 연결되고 광전지 어레이(32)를 형성한다. 광전지 어레이(32)는 통상적으로 지붕(rooftop) 위에, 배터리 백업(battery backup)에 연결되어 있는 농촌 지역(rural area)에, 및 DC 펌프, 신호 부표(signal buoy) 등에 사용된다. 본 발명의 광전지 어레이(32)는 모듈(20)이 평면 또는 비평면일 수 있고 통상적으로 전압을 발생시키는 방식으로 상호연결되어 있는 단일 전기 발생 유닛으로서 기능한다.

[0010] 모듈(20)은 ASTM E424-71을 이용한 UV/Vis 분광광도법으로 측정된 결과 적어도 70%의 광투과율을 갖는 제1 최외각층(22)을 포함한다. 일 구체예에서, 제1 최외각층(22)은 적어도 80%의 광투과율을 갖는다. 다른 구체예에서, 제1 최외각층(22)은 적어도 90%의 광투과율을 갖는다. 또다른 구체예에서, 제1 최외각층(22)은 대략 100%의 광투과율을 갖는다.

[0011] 통상적으로 제1 최외각층(22)은 도 1-4, 6a, 및 8-11에 도시된 바와 같이, 모듈(20)의 전면(34)에 대한 보호를 제공한다. 유사하게, 제1 최외각층(22)은 모듈(20)의 후면에 대한 보호를 제공할 수 있다. 제1 최외각층(22)은 연성이고 가요성일 수 있거나, 강성이고 딱딱할 수 있다. 대안적으로, 제1 최외각층(22)은 강성이고 딱딱한 세그먼트를 포함하면서 동시에 연성이고 가요성인 세그먼트를 포함할 수 있다. 일 구체예에서, 제1 최외각층(22)은 유리를 포함한다. 다른 구체예에서, 제1 최외각층(22)은 유기 폴리머를 포함한다. 유기 폴리머는 폴리

이미드, 에틸렌-비닐 아세테이트 코폴리머, 및/또는 에틸렌 테트라플루오로에틸렌(ETFE)를 포함하지만 이에 제한되지 않는 유기 플루오로폴리머, 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET)의 군 단독 또는 실리콘 및 산소 계열 물질(SiOx)로 적어도 일부 코팅된 군, 및 이들의 조합물로부터 선택될 수 있지만, 이에 제한되지 않는다. 제1 최외각층(22)은 대안적으로 실리콘을 포함할 수 있거나, 필수적으로 실리콘을 포함하지만 유기 모노머 또는 폴리머를 포함하지 않을 수 있거나, 실리콘으로 구성될 수 있다. 물론, 제1 최외각층(22)은 상술된 화합물로 제한되지 않고 제1 최외각층(22)이 ASTM E424-71을 이용하여 적어도 70%의 광투과율을 갖기만 하면 당해 분야에 공지된 임의의 화합물 또는 조성물을 포함할 수 있는 것으로 이해될 것이다.

[0012] 제1 최외각층(22)은 로드 베어링(load bearing) 또는 비-로드 베어링(non load bearing)일 수 있고, 모듈(20)의 임의의 부분에 포함될 수 있다. 제1 최외각층(22)은 모듈의, 상부판(superstrate)로서 공지되는 "상단 층", 또는 기판(substrate)로서 공지된 "하단 층"일 수 있다. 하단 층은 통상적으로 광전지(24) 뒤에 위치되고 기계적 지지체로서 제공된다. 본 발명의 방법과 관련하여, 모듈(20)은 상단 층으로서 제1 최외각층(22), 및 상부판으로서 모듈(20)의 하단 층으로서 ASTM E424-71을 이용하여 적어도 70%의 광투과율을 갖는 추가 층을 포함할 수 있다. 추가 층은 제1 최외각층(22)과 동일하거나 상이할 수 있다. 통상적으로, 제1 최외각층(22)은 모듈(20)의 상단 상 및 광원의 앞에 위치된다. 제1 최외각층(22) 및 추가 층 둘 모두는 비, 눈, 및 열과 같은 환경 조건으로부터 모듈(20)을 보호하기 위해 사용될 수 있다. 일 구체예에서, 제1 최외각층(22)은 각각 125 mm의 길이 및 폭을 갖는다. 다른 구체예에서, 제1 최외각층(22)은 각각 156 mm의 길이 및 폭을 갖는다. 물론, 제1 최외각층(22) 및 본 발명이 이러한 치수들로 제한되지 않는 것으로 이해될 것이다.

[0013] 제1 최외각층(22)에 추가로, 모듈(20)은 또한 광전지(24)를 포함한다. 광전지(24)는 제1 최외각층(22) 상에 배치된다. 일 구체예에서, 광전지(24)는 도 1, 2, 6a/b, 8 및 9에 도시된 바와 같이, 제1 최외각층(22) 상에 직접적으로, 즉 제1 최외각층(22)과 직접 접촉되게 배치된다. 다른 구체예에서, 광전지(24)는 도 3, 4, 10 및 11에 도시된 바와 같이 제1 최외각층(22)으로부터 이격되어 있다. 광전지(24)는 화학적 기상 증착 및/또는 물리적 스퍼터링에 의해 제1 최외각층(22) 상에 및 직접 접촉되게 배치될 수 있다(즉, 직접적으로 도포될 수 있다). 대안적으로, 광전지(24)는 제1 최외각층(22) 및/또는 모듈(22)로부터 이격되게 형성될 수 있고 이후에 제1 최외각층(22) 상에 배치될 수 있다. 일 구체예에서, 광전지(24)는 하기에 보다 상세히 설명되고 도 3 및 도 10에 도시된 바와 같이, 제2(최외각) 층(26)과 타이 층(30) 사이에 샌드위치된다. 용어 "제2(최외각)"는 제2 최외각층 및 제2 층 둘 모두로 적용될 수 있는 것으로 인식될 것이다.

[0014] 광전지(24)는 통상적으로 50 내지 250, 더욱 통상적으로 100 내지 225, 및 가장 통상적으로 175 내지 225 마이크로미터의 두께를 갖는다. 일 구체예에서, 광전지(24)는 각각 125 mm의 길이 및 폭을 갖는다. 다른 구체예에서, 광전지(24)는 각각 156 mm의 길이 및 폭을 갖는다. 물론, 광전지(24) 및 본 발명이 이러한 치수들로 제한되지 않는 것으로 이해될 것이다.

[0015] 광전지(24)는 대면적, 단결정, 단일층 p-n 접합 다이오드를 포함할 수 있다. 이러한 광전지(24)는 통상적으로 확산 공정을 이용하여 실리콘 웨이퍼로 제조된다. 대안적으로, 광전지(24)는 격자-매칭된 웨이퍼 상에(실리콘) 반도체의 얇은 에피탁셜 증착물을 포함할 수 있다. 이러한 구체예에서, 광전지(24)는 공간(space) 또는 지구형(terrestrial)으로서 분류될 수 있고, 통상적으로 7 내지 40%의 AMO 효율을 가지 수 있다. 또한, 광전지(24)는 양자 우물 디바이스(quantum well device), 예를 들어 양자 도트, 양자 로프, 등을 포함할 수 있고, 또한 탄소 나노튜브를 포함할 수 있다. 임의의 특정 이론으로 제한하려고 의도하는 것은 아니지만, 이러한 타입의 광전지(24)는 최대 45% AMO 생산 효율을 가질 수 있을 것으로 여겨진다. 또한, 광전지(24)는 다중-스펙트럼 태양 전지를 보다 효율적이고 저렴하게 제조하기 위해 적용될 수 있는 단일 다중-스펙트럼 층을 형성하는 폴리머 및 나노 입자의 혼합물을 포함할 수 있다.

[0016] 광전지(24)는 잉곳, 리본, 박막 및/또는 웨이퍼의, 비정질 실리콘, 단결정상 실리콘, 다결정상 실리콘 미세결정상 실리콘, 나노결정상 실리카, 카드뮴 텔루라이드, 구리 인듐/갈륨 셀레나이드/셀파이드, 갈륨 아르세나이드, 폴리페닐렌 비닐렌, 구리 프탈로시아닌, 카본 풀러렌, 및 이들의 조합물을 포함할 수 있다. 광전지(24)는 또한 광흡수 염료, 예를 들어 루테늄 유기금속 염료를 포함할 수 있다. 가장 통상적으로, 광전지(24)는 단결정상 및 다결정상 실리콘을 포함한다.

[0017] 광전지(24)는 제1 측면 및 제2 측면을 갖는다. 통상적으로, 제1 측면은 제2 측면과 마주한다. 그러나, 제1 측면 및 제2 측면은 서로 인접될 수 있다. 제1 전기 도선은 통상적으로 제1 측면 상에 배치되며, 제2 전기 도선은 통상적으로 제2 측면 상에 배치된다. 제1 및 제2 전기 도선 중 하나는 통상적으로 애노드로서 작용하며 다른 하나는 통상적으로 캐소드로서 작용한다. 제1 및 제2 전기 도선은 동일하거나 상이할 수 있고, 금속, 전도

성 폴리머, 및 이들의 조합물을 포함할 수 있다. 일 구체예에서, 제1 및 제2 전기 도선은 주석-은 뱀납 코팅된 구리를 포함한다. 다른 구체예에서, 제1 및 제2 전기 도선은 주석-납 뱀납 코팅된 구리를 포함한다.

[0018] 제1 및 제2 전기 도선은 광전지(24)의 제1 및 제2 측면의 임의의 부분 상에 배치될 수 있다. 제1 및 제2 전기 도선은 임의의 크기 및 외형일 가질 수 있고 통상적으로 사각형이고, 대략 0.005 내지 0.080 인치의 길이 및/또는 폭 치수를 갖는다. 제1 및 제2 전기 도선은 통상적으로, 도 6a에 도시된 바와 같이, 광전지 어레이(32)에서 추가 모듈(20)에 모듈(20)을 연결시킨다. 모듈(20)은 직렬 또는 병렬로 연결될 수 있다.

[0019] 모듈(20)은 또한 광전지(24) 상에 배치된 제2 (최외각) 층(26)을 포함한다. 더욱 상세하게, 도 1, 3 6a/b, 및 8-11에 도시된 바와 같이, 모듈(22)은 제2 (최외각) 층(26)을 포함한다. 제2 (최외각) 층(26)을 포함하는 모듈(22)은 하기에 더욱 상세하게 기술되는 바와 같이, 임의의 지지체(28)를 사용하지 않고 충분한 강도 및 강성을 갖는다. 다시 말해서, 모듈(22)은 최하단 층으로서 제2 (최외각) 층(26)을 포함할 수 있고, 광전지(24) 및 제1 최외각층(22)으로부터 이격된 임의의 추가 층들을 포함하지 않는다.

[0020] 그러나, 본 발명의 방법과 관련하여, 형성된 모듈(22)은 최외각층으로서 또는 내부층으로서 제2 층(26)을 포함할 수 있다. 본 발명과 관련하여, 제2 (최외각) 층(26)은 제1 최외각층(22)을 광전지(24)에 결합시킬 수 있고/거나 광전지(24)를 적어도 일부 캡슐화할 수 있다. 제2 (최외각) 층(26)은 도 1-4, 6a/b, 및 8-11에 도시된 바와 같이, 광전지(24) 상에 직접적으로, 즉 광전지(24)와 직접적으로 접촉되게 배치될 수 있거나, 광전지(24)로부터 이격될 수 있다. 여러 구체예에서, 제2 (최외각) 층(26)은 광전지(24) 상에 배치된 조절된 비드로서 추가로 규정된다. 여러 구체예에서, 제2 (최외각) 층(26)은 액체 실리콘 조성물의 조절된 비드이다. 조절된 비드는 통상적으로 직사각형으로 적용된다. 그러나, 조절된 비드는 임의의 형태로 형성될 수 있다. 통상적으로, 조절된 비드는 제1 최외각층(22), 광전지(24) 또는 제1 최외각층(22)과 광전지(24) 둘 모두의 내부 부분과 접촉하여, 제2 (최외각) 층(26)을 포함하지 않는, 제1 최외각층(22), 광전지(24), 또는 제1 최외각층(22)과 광전지(24) 둘 모두의 주변부를 따라 공간을 형성시킨다. 일 구체예에서, 이러한 공간은 대략 1/2 인치의 폭을 갖는다. 제2 (최외각) 층(26)은 통상적으로 1 내지 50, 더욱 통상적으로 4 내지 40, 더더욱 통상적으로 3 내지 30, 및 더더욱 통상적으로 4 내지 15, 및 가장 통상적으로 4 내지 10 mil의 두께를 갖는다. 제2 (최외각) 층(26)은 점착성이거나 비점착성일 수 있고, 젤, 검, 액체, 페이스트, 수지 또는 고체일 수 있다. 일 구체예에서, 제2 (최외각) 층(26)에는 실질적으로 갇힌 공기(entrapped air)(버블)가 실질적으로 존재하지 않는다. 용어 "실질적으로 존재하지 않는다"는 제2 (최외각) 층(26)이 시각적으로 볼 수 있는 공기 버블이 존재하지 않음을 의미한다. 본 발명의 방법에서, 제2 (최외각) 층(26)은 하기에 기술된 액체 실리콘 조성물로부터 형성되지만 점착성 또는 비점착성이도록 경화되거나 일부 경화될 수 있고/거나 젤, 검, 액체, 페이스트, 수지, 또는 고체일 수 있다. 일 구체예에서, 일부 경화는 적절한(즉, 예상된) 반응성 부분의 90% 미만이 반응할 때 일어난다. 다른 구체예에서, 경화는 적절한(즉, 예상된) 반응성 부분의 적어도 90%가 반응할 때 일어난다. 제2 (최외각) 층(26)은 폴리에틸렌 테레프탈레이트, 폴리에틸렌 나프탈레이트, 폴리비닐 플루오라이드, 및 에틸렌 비닐 아세테이트 중 하나 이상을 포함할 수 있거나 존재하지 않는다.

[0021] 일 구체예에서, 제2 (최외각) 층(26)은 도면에 도시된 바와 같이, 복수의 섬유(27)를 포함한다. 다른 구체예에서, 제2 (최외각) 층(26)에는 하기에 보다 상세히 기술된 바와 같이, 복수의 섬유(27)가 존재하지 않는다. 도 6a/b에서, 섬유(27)에 대한 설명은 단지 명료하게 하기 위해 생략되었다. 제2 (최외각) 층(26)은 통상적으로 적어도 두 개의 개개 섬유(27)를 포함하고, 제한되지 않는 수의 개개 섬유(27)를 포함할 수 있다. 용어 "섬유"는 천연 또는 합성일 수 있는 연속 필라멘트 및/또는 개별적인 길이의 물질을 포함한다. 천연 섬유는 식물, 동물, 및 지질 공정에 의해 형성된 섬유, 예를 들어 식물성, 나무, 동물 및 천연 미네랄 섬유를 포함하지만, 이에 제한되지 않는다. 합성 섬유는 비천연 미네랄 섬유, 예를 들어 유리섬유, 금속성 섬유, 탄소 섬유, 폴리머 섬유, 예를 들어 폴리아미드 섬유, PET 또는 PBT 폴리에스테르 섬유, 페놀-포름알데히드 (PF) 섬유, 폴리비닐 알코올 섬유 (PVOH) 섬유, 폴리비닐 클로라이드 (PVC) 섬유, 폴리올레핀 섬유, 아크릴 섬유, 폴리아크릴로니트릴 섬유, 방향족 폴리아미드 (아라미드) 섬유, 엘라스토머 섬유, 폴리우레탄 섬유, 마이크로섬유, 및 이들의 조합물을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다.

[0022] 일 구체예에서, 복수의 섬유(27)는 높은 모듈러스 및 고인장 강도를 갖는다. 다른 구체예에서, 복수의 섬유(27)는 25°C에서 적어도 3 GPa의 영률을 갖는다. 예를 들어, 복수의 섬유(27)는 25°C에서 3 내지 1,000 GPa, 대안적으로 3 내지 200 GPa, 대안적으로 10 내지 100 GPa의 영률을 가질 수 있다. 또한, 복수의 섬유(27)는 25°C에서 적어도 50 MPa의 인장강도를 가질 수 있다. 예를 들어, 복수의 섬유(27)는 25°C에서 50 내지 10,000 MPa, 대안적으로 50 내지 1,000 MPa, 대안적으로 50 내지 500 MPa의 인장강도를 가질 수 있다.

- [0023] 개개 섬유(27)는 통상적으로 실린더형이고 1 내지 100 μm , 대안적으로 1 내지 20 μm , 및 대안적으로 1 내지 10 μm 의 직경을 가질 수 있다. 복수의 섬유(27)는 유기 오염물을 제거하기 위해 사용 전에 열처리될 수 있다. 예를 들어, 복수의 섬유(27)는 공기 중, 상승된 온도, 예를 들어 575°C에서, 적합한 시간, 예를 들어 2시간 동안 가열될 수 있다.
- [0024] 일 구체예에서, 복수의 섬유(27)는 매트(mat) 또는 로빙(roving)으로서 추가로 규정된다. 다른 구체예에서, 복수의 섬유(27)는 직물로서 추가로 규정된다. 직물은 직조물 또는 부직포일 수 있거나, 직조물 및 부직포 세그먼트 둘 모두를 포함할 수 있다. 일 구체예에서, 직물은 직조물이고 유리섬유, 폴리에스테르, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 나일론 및 이들의 조합물의 군으로부터 선택된다. 다른 구체예에서, 직물은 부직포이고, 유리섬유, 폴리에스테르, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 나일론, 및 이들의 조합물의 군으로부터 선택된다. 다른 구체예에서, 직물은 부직포 유리섬유이고 Crane Nonwovens (Dalton, MA)로부터 상업적으로 입수가능하다. 대안적으로, 직물은 Crane Nonwovens로부터 상업적으로 입수가능한 부직포 폴리에스테르일 수 있다. 또한, 직물은 부직포일 수 있고, 폴리프로필렌 또는 폴리에틸렌 테레프탈레이트를 포함할 수 있다. 물론, 직물은 상술된 타입의 직조 및 부직포 직물로 제한되지 않고 임의의 당해 분야에 공지된 직조 또는 부직포 직물을 포함할 수 있는 것으로 이해될 것이다. 일 구체예에서, 제2 (최외각) 층(26)은 하나 초과의 직물, 예를 들어, 두 개, 세 개, 또는 그 이상의 개개 직물을 포함한다.
- [0025] 당해 분야에 공지된 바와 같이, 직조 직물은 통상적으로 직조에 의해 형성되고 비스듬한 방향으로 스트레칭된 옷감이다. 또한 당해 분야에 공지된 바와 같이, 부직포 직물은 직조되거나 니트(knit)되지 않은 것으로서, 통상적으로 시트 또는 웹의 형성로 개개 섬유(27)를 함께 넣은 후에 이들을 접착제로 기계적으로, 또는 결합체를 직물 상에 용융시켜 열적으로, 결합시킴으로써 제조된다. 부직포 직물은 스테이플 부직포 직물 및 스펀레이드(spunlaid) 부직포 직물을 포함할 수 있다. 스테이플 부직포 직물은 통상적으로 단일형 웹으로 분포된 섬유를 회전시킴으로써(spinning) 제조된 후에, 수지 또는 열을 이용하여 결합된다. 스펀레이드 부직포 직물은 통상적으로 웹에 직접적으로 배치된 섬유를 회전시킴으로써 하나의 연속 공정으로 제조된다. 스펀레이드 공정은 SMS (스폰-멜트-스폰) 부직포 직물을 형성하기 위해 멜트블로잉(meltblowing) 공정과 결합될 수 있다.
- [0026] 부직포 직물은 또한 필름 및 피브릴레이트(fibrillate)를 포함할 수 있고, 패턴화된 홀을 형성하기 위해 세레이션(serration) 또는 진공-형성을 이용하여 형성될 수 있다. 유리섬유 부직포 직물은 통상적으로 6 내지 20 마이크로미터 직경을 갖는 습식-초핑된(wet-chopped) 테니어 섬유를 갖는 습식 레이드 매트(wet laid mat) 또는 0.1 내지 6 마이크로미터 직경을 갖는 불연속 테니어 섬유를 갖는 불꽃 감쇠 매트(flame attenuated mat)를 포함하는 두 가지 타입 중 하나이다.
- [0027] 상기에 기술된 바와 같이, 복수의 섬유(27)는 실리콘 조성물로 적어도 일부 코팅된다. 여러 구체예에서, 복수의 섬유(27)의 전체 표면적의 적어도 50, 75, 또는 95%는 실리콘 조성물로 코팅된다. 다른 구체예에서, 복수의 섬유(27)의 전체 표면적의 대략 100%는 실리콘 조성물로 코팅된다. 도 5는 복수의 섬유(27)의 전체 표면적의 적어도 50%가 실리콘 조성물로 코팅될 수 있음을 도시한 것이다.
- [0028] 용어 "코팅된"은 복수의 섬유(27)의 표면적의 적어도 일부를 덮음을 칭하는 것이다. 통상적으로, 실리콘 조성물은 공극과 같은 복수의 섬유(27)(예를 들어, 직물)의 일부를 통해 삼출한다. 일 구체예에서, 도 5에 도시된 바와 같이, 복수의 섬유(27)는 직물로서 추가로 규정되고 이를 통해 실리콘 조성물이 삼출할 수 있는 공백(void)을 규정한다. 다른 구체예에서, 복수의 섬유(27)는 실리콘 조성물로 함치되는 것으로서 추가로 규정된다. 실리콘 조성물은 복수의 섬유(27)의 일부 또는 모두를 함침시킬 수 있다. 즉, 이러한 구체예에서, 실리콘 조성물은 복수의 섬유(27)의 외부 (표면적)를 코팅하고, 또한 복수의 섬유(27)에 의해 규정된 공백의 일부 또는 전부에 전체적으로 배치된다. 다시 말해서, 이러한 구체예에서, 실리콘 조성물은 일부 공백을 통해 삼출하고, 다른 공백을 통해 삼출하지 않을 수 있다. 다른 구체예에서, 복수의 섬유(27)는 실리콘 조성물로 포화된다. 다른 구체예에서, 복수의 섬유(27)는 실리콘 조성물로 포화되지 않는다. 또한 실리콘 조성물이 복수의 섬유(27)를 전체적으로 또는 일부 캡슐화할 수 있는 것으로 고려된다. 실리콘 조성물은 또한 광전지(24)를 전체적으로 또는 일부 캡슐화할 수 있다. 복수의 섬유(27)의 표면적은 분무, 딥핑, 롤링, 브러싱, 및 이들의 조합을 포함하지만 이에 제한되지 않는 당해 분야에 공지된 임의의 방법을 이용하여 일부 코팅될 수 있다. 일 구체예에서, 복수의 섬유(27)는 실리콘 조성물에 배치된다. 실리콘 조성물은 통상적으로 복수의 섬유(27)의 전체 표면적의 적어도 일부를 1 내지 50, 더욱 통상적으로 3 내지 30, 및 가장 통상적으로 4 내지 15 mi^2 의 두께로 코팅한다. 물론, 본 발명은 이러한 두께로 제한되지 않는다.
- [0029] 다시 돌아가서, 실리콘 조성물은 당해 분야에 임의의 공지된 것일 수 있고, 실란, 실록산, 실라잔, 실릴렌, 실

릴 라디칼 또는 이온, 원자 실리콘, 실렌, 실란올, 이들의 폴리머, 및 이들의 조합물을 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 또한, 실리콘 조성물은 자유 라디칼 반응, 하이드로실릴화 반응, 축합 또는 부가 반응, 열경화, UV 경화, 및 이들의 조합을 포함하지만 이에 제한되지 않는 당해 분야의 공지된 임의의 메카니즘에 의해 경화되거나, 일부 경화되거나, 전부 경화될 수 있다. 통상적으로, 본 발명의 실리콘 조성물은 하이드로실릴화-경화성으로서 추가로 규정된다. 이에 따라, 하기에서 히드로-실릴화 경화 실리콘 화합물에 초점을 맞춘다. 그러나, 본 발명은 상기에 기술된 바와 같이 하이드로실릴화 경화 실리콘 화학으로 제한되지 않는다.

[0030] 일 구체예에서, 실리콘 조성물은 유기실리콘 화합물, 유기하이드로젠실리콘 화합물, 및 하이드로실릴화 촉매를 포함한다. 유기실리콘 화합물은 통상적으로 분자 당 적어도 하나의 불포화된 부분을 가지고, 하나의 유기실리콘 화합물, 두 개의 유기실리콘 화합물, 또는 복수의 유기실리콘 화합물을 포함할 수 있다. 여러 구체예에서, 유기실리콘 화합물은 분자 당 두개, 세개, 또는 복수의 불포화된 부분을 갖는다. 일 구체예에서, 유기실리콘 화합물은 알케닐기가 실록산기로부터 매달려 있는 알케닐 실록산을 포함한다. 알케닐기는 실록산기에 임의의 간격 및/또는 위치로 정위될 수 있다. 즉, 알케닐기는 말단, 펜던트일 수 있거나, 유기실리콘 화합물이 하나 초과인 알케닐기를 포함하는 경우에, 알케닐기는 말단 및 펜던트 둘 모두일 수 있다. 일 구체예에서, 유기실리콘 화합물은 자체적으로 알케닐 말단화된 실록산으로 말단화된다. 다른 구체예에서, 알케닐 실록산은 알케닐-말단 실록산이며, 즉 알케닐기는 실록산기의 하나 이상의 말단 단부에 위치될 수 있다. 대안적으로, 알케닐 실록산은 알케닐-펜던트 실록산일 수 있다. 알케닐-펜던트 실록산은 통상적으로 실록산기의 말단 단부들 중 하나와 다른 실록산기를 따라 임의의 위치로부터 매달려 있는 적어도 하나의 알케닐기를 포함한다. 알케닐-말단 또는 펜던트 실록산은 선형, 분지형, 환형 또는 이들의 임의의 조합일 수 있다. 알케닐기는 실록산기의 적어도 하나의 말단 단부로부터 또는 말단 단부가 아닌 실록산기를 따르는 위치로부터 직접적으로 매달려 있는 탄소 사슬을 포함할 수 있고, 적어도 하나의 C=C 결합을 갖는 두 개 내지 열두개의 탄소 원자를 가질 수 있다. 바람직하게, C=C 결합은 탄소 사슬, 예를 들어 비닐, 5-헥세닐, 7-옥테닐 등의 단부에 위치된다. 또한, 알케닐기는 하나의 C=C 결합으로 제한되지 않고, 하나 초과인 C=C 결합을 포함할 수 있다. 또한, 알케닐-말단 실록산은 하나 초과인 알케닐기를 포함할 수 있다. 하나 초과인 알케닐기는 실록산 내에 동일한 원자에 결합될 수 있거나, 대안적으로 실록산에 상이한 원자에 결합될 수 있다. 또한, 적어도 하나의 불포화된 부분은 화학적으로 적절한 경우에 알케닐기에 대해 치환될 수 있는 알킬닐기를 포함할 수 있는 것으로 고려된다.

[0031] 여러 구체예에서, 유기실리콘 화합물은 실리콘-결합된 알케닐기를 가지고 통상적으로 $R^1R^2_2SiO_{1/2}$ 단위, 즉 M 단위, 및/또는 $R^2_2SiO_{2/2}$ 단위, 즉 D 단위와 조합하여 $R^2SiO_{3/2}$ 단위, 즉 T 단위, 및/또는 $SiO_{4/2}$ 단위, 즉 Q 단위를 포함하는 코폴리머이며, 여기서 R^1 은 C_1 내지 C_{10} 히드로카르빌기 또는 C_1 내지 C_{10} 할로젠-치환된 히드로카르빌기이며, 둘 모두에는 지방족 불포화도가 존재하지 않으며, R^2 는 알케닐기이다. 예를 들어, 유기실리콘 화합물은 분자 당 적어도 하나의 불포화된 부분을 갖는 한, DT 수지로서, MT 수지, MDT 수지, DTQ 수지, MTQ 수지, MDTQ 수지, DQ 수지, MQ 수지, DTQ 수지, MTQ 수지, 또는 MDQ 수지로서 추가로 규정될 수 있다.

[0032] R^1 에 의해 표시되는 C_1 내지 C_{10} 히드로카르빌기 및 C_1 내지 C_{10} 할로젠-치환된 히드로카르빌기는 통상적으로 1 내지 6개의 탄소 원자를 갖는다. 적어도 세 개의 탄소 원자를 함유한 비환족 히드로카르빌 및 할로젠-치환된 히드로카르빌기는 분지된 또는 비분지된 구조를 가질 수 있다. R^1 에 의해 표시되는 히드로카르빌기의 예는 알킬기, 예를 들어, 메틸, 에틸, 프로필, 1-메틸에틸, 부틸, 1-메틸프로필, 2-메틸프로필, 1,1-디메틸에틸, 펜틸, 1-메틸부틸, 1-에틸프로필, 2-메틸부틸, 3-메틸부틸, 1,2-디메틸프로필, 2,2,-디메틸프로필, 헥실, 헵틸, 옥틸, 노닐 및 데실, 시클로알킬기, 예를 들어 시클로펜틸, 시클로헥실, 및 메틸시클로헥실, 아릴기, 예를 들어 페닐 및 나프틸, 알크아릴기, 예를 들어 톨릴 및 크실릴, 및 아르알킬기, 예를 들어 벤질 및 페네틸을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다. R^1 에 의해 표시되는 할로젠-치환된 히드로카르빌기의 예는 3,3,3-트리플루오로프로필, 3-클로로프로필, 클로로페닐, 디클로로페닐, 2,2,2-트리플루오로에틸, 2,2,3,3-테트라플루오로프로필, 및 2,2,3,3,4,4,5,5-옥타플루오로펜틸을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다.

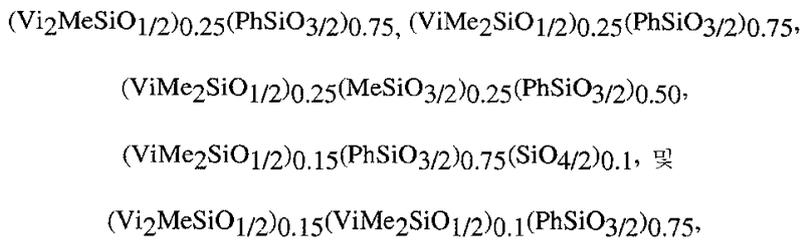
[0033] 유기실리콘 화합물 내에 동일하거나 상이할 수 있는 R^2 에 의해 기술되는 알케닐기는 통상적으로 2 내지 10개의 탄소 원자, 대안적으로 2 내지 6개의 탄소 원자를 가지고, 비닐, 알릴, 메탈릴, 부테닐, 헥세닐, 옥테닐, 데세닐, 시클로헥세닐, 스티릴 등에 의해 예시되지만, 이에 의해 제한되지 않는다.

[0034] 일 구체예에서, 유기실리콘 화합물은 하기 화학식을 갖는 것으로서 추가로 규정된다:



[0036] 상기 식에서 R^1 및 R^2 는 상기에서 기술되고 예시된 바와 같으며, w, x, y 및 z는 몰분율이다. 통상적으로, 화학식 (I)에 의해 표시되는 유기실리콘 화합물은 분자 당 평균 적어도 두 개의 실리콘-결합된 알케닐기를 갖는다. 더욱 상세하게, 아래첨자 w는 통상적으로 0 내지 0.9, 대안적으로 0.02 내지 0.75, 대안적으로 0.05 내지 0.3의 수치를 갖는다. 아래첨자 x는 통상적으로 0 내지 0.9, 대안적으로 0 내지 0.45, 대안적으로 0 내지 0.25의 수치를 갖는다. 아래첨자 y는 통상적으로 0 내지 0.99, 대안적으로 0.25 내지 0.8, 대안적으로 0.5 내지 0.8의 수치를 갖는다. 아래첨자 z는 통상적으로 0 내지 0.85, 대안적으로 0 내지 0.25, 대안적으로 0 내지 0.15의 수치를 갖는다. 또한, 비율 $y+z/(w+x+y+z)$ 는 통상적으로 0.1 내지 0.99, 대안적으로 0.5 내지 0.95, 대안적으로 0.65 내지 0.9이다. 또한, 비율 $w+x/(w+x+y+z)$ 는 통상적으로 0.01 내지 0.90, 대안적으로 0.05 내지 0.5, 대안적으로 0.1 내지 0.35이다.

[0037] 상기 기술된 화학식 (I)에 의해 표시되는 적합한 유기실리콘 화합물의 추가적인 비제한적인 예는 하기 화학식을 갖는 수치를 포함하지만 이에 제한되지 않는다:



[0038]

[0039] 상기 식에서, Me는 메틸이며, Vi는 비닐이며, Ph는 페닐이며, 괄호 외측의 아래첨자 숫자는 상기 기술된 화학식 (I)에 대해 기술된 바와 같이 w, x, y, 또는 z에 해당하는 몰분율이다. 상기 화학식에서 단위들의 순서는 어떠한 방식으로도 본 발명의 범위를 제한하지 않는다.

[0040] 화학식 (I)에 의해 표시되는 유기실리콘 화합물은 통상적으로 500 내지 50,000, 대안적으로 500 내지 10,000, 대안적으로 1,000 내지 3,000 g/mol의 수평균분자량 (Mn)을 가지며, 여기서 분자량은 낮은 각 레이저 광산란 검출기, 또는 회절지수 검출기 및 실리콘 수치 (MQ) 표준물을 이용하여 겔투과 크로마토그래피에 의해 결정된 것이다. 25°C에서 화학식 (I)에 의해 표시되는 유기실리콘 화합물의 점도는 0.01 내지 100,000 Pa·s, 대안적으로 0.1 내지 10,000 Pa·s, 대안적으로 1 내지 100 Pa·s일 수 있다.

[0041] 화학식 (I)에 의해 표시되는 유기실리콘 화합물은 통상적으로 ²⁹Si NMR에 의해 결정된 바와 같이, 10% (w/w) 미만, 대안적으로 5% (w/w) 미만, 대안적으로 2% (w/w) 미만의 실리콘-결합된 히드록시기를 포함한다.

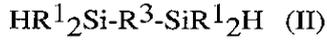
[0042] 일 구체예에서, 유기실리콘 화합물은 디알킬비닐실록시-말단 디알킬 실록산으로서 추가로 규정된다. 다른 구체예에서, 유기실리콘 화합물은 디알킬알케닐실록시-말단 디알킬실록산으로서 추가로 규정된다. 유기실리콘 화합물의 비제한적인 예는 디메틸비닐실록시-말단 디메틸실록산, 디메틸비닐실록시-말단 디메틸 실록산, 메틸비닐실록산, 및 이들의 조합물을 포함한다. 또다른 구체예에서, 유기실리콘 화합물은 디메틸 비닐실록시-펜던트 디메틸실록산으로서 추가로 규정된다. 대안적으로, 유기실리콘 화합물은 알케닐디알킬실릴 말단-블로킹된 폴리디알킬실록산으로서 추가로 규정될 수 있다. 일 구체예에서, 유기실리콘 화합물은 비닐디메틸실릴 말단-블로킹된 폴리디메틸실록산으로서 추가로 규정된다.

[0043] 다시 돌아가서, 실리콘 조성물은 또한 통상적으로 분자 당 적어도 하나의 실리콘 결합된 수소 원자를 갖는 유기 하이드로젠실리콘 화합물을 포함한다. 유기하이드로젠실리콘 화합물은 단일 유기하이드로젠실리콘 화합물, 두 개의 유기하이드로젠실리콘 화합물, 또는 복수의 유기하이드로젠실리콘 화합물을 포함할 수 있다. 유기하이드로젠실리콘 화합물은 통상적으로 분자 당 평균 적어도 두 개의 실리콘 결합된 수소 원자, 및 대안적으로 분자 당 적어도 세 개의 실리콘 결합된 수소 원자를 갖는다. 유기하이드로젠실리콘 화합물은 유기하이드로젠실란, 유기하이드로젠실록산, 또는 이들의 조합물로서 추가로 규정될 수 있다. 유기하이드로젠실리콘 화합물의 구조는 선형, 분지형, 환형 또는 수지형일 수 있다. 비환형 폴리실란 및 폴리실록산에서, 실리콘 결합된 수소 원자는 말단, 펜던트, 또는 말단과 펜던트 위치 모두에 위치될 수 있다. 시클로실란 및 시클로실록산은 통상적으로 3

개 내지 12개의 실리콘 원자, 대안적으로 3개 내지 10개의 실리콘 원자, 대안적으로 3개 내지 4개의 실리콘 원자를 갖는다.

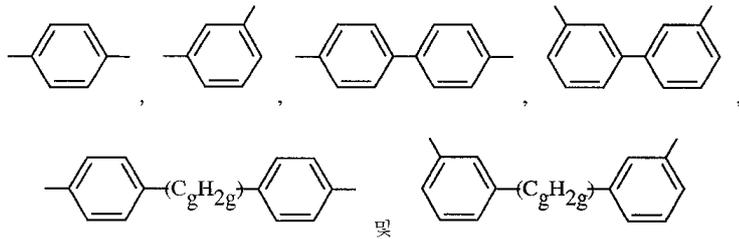
[0044] 유기하이드로겐실란은 모노실란, 디실란, 트리실란 또는 폴리실란일 수 있다. 적합한 유기하이드로겐실란의 일부 비제한적인 예는 디페닐실란, 2-클로로에틸실란, 비스[(p-디메틸실릴)페닐]에테르, 1,4-디메틸디실릴에탄, 1,3,5-트리스(디메틸실릴)벤젠, 1,3,5-트리메틸-1,3,5-트리실란, 폴리(메틸실릴렌)페닐렌, 및 폴리(메틸실릴렌)메틸렌을 포함한다.

[0045] 유기하이드로겐실란은 또한 하기 화학식을 가질 수 있다:



[0046]

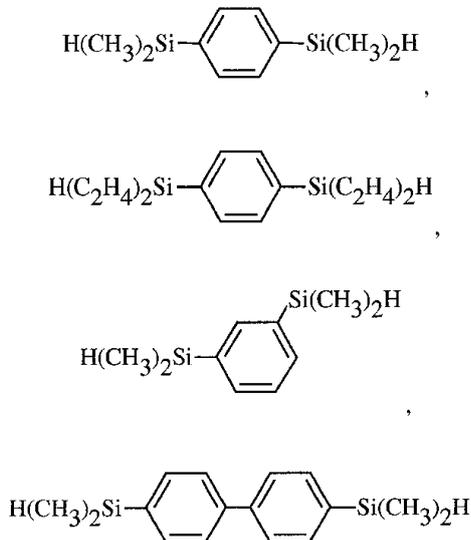
[0047] 상기 식에서, R¹은 상기에서 정의되고 예시된 바와 같으며, R³은 하기 구조로부터 선택된 화학식을 갖는 지방족 불포화도가 존재하지 않는 히드록아르빌렌기이다:



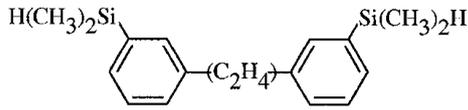
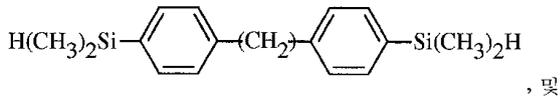
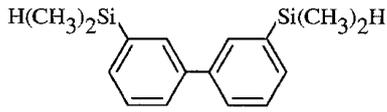
[0048]

[0049] (상기 식에서, g는 1 내지 6임)

[0050] R¹ 및 R³이 상기에 기술되고 예시된 바와 같은 상기 화학식 (II)의 유기하이드로겐실란의 특정 기는 하기 구조로부터 선택된 화학식을 갖는 유기하이드로겐실란을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다:



[0051]



[0052]

[0053]

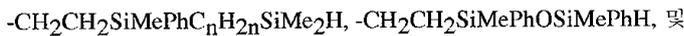
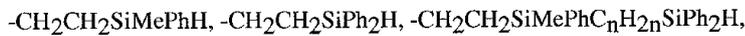
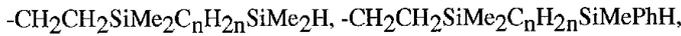
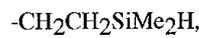
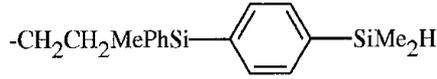
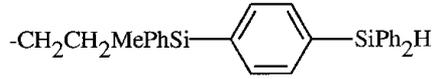
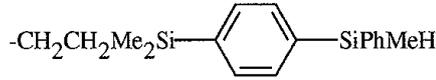
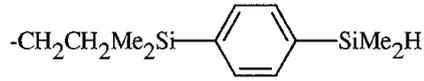
유기하이드로젠실록산은 디실록산, 트리실록산, 또는 폴리실록산일 수 있다. 적합한 유기하이드로젠실록산의 특성의 비제한적인 예는 1,1,3,3-테트라메틸디실록산, 1,1,3,3-테트라페닐디실록산, 페닐트리스(디메틸실록시)실란, 1,3,5-트리메틸시클로트리실록산, 트리메틸실록시-말단 폴리(메틸하이드로젠실록산), 트리메틸실록시-말단 폴리(디메틸실록산/메틸하이드로젠실록산), 디메틸하이드로젠실록시-말단 폴리(메틸하이드로젠실록산), 및 $\text{HMe}_2\text{SiO}_{1/2}$ 단위, $\text{Me}_3\text{SiO}_{1/2}$ 단위 및 $\text{SiO}_{4/2}$ 단위 (여기서 Me는 메틸임)를 포함하는 수지를 포함한다.

[0054]

유기하이드로젠실록산은, 수지가 분자 당 적어도 하나의 실리콘 결합된 수소 원자를 포함하는 한 유기하이드로젠폴리실록산 수지로서 추가로 규정될 수 있다. 유기하이드로젠폴리실록산 수지는 $\text{R}^1\text{R}^2_2\text{SiO}_{1/2}$ 단위, 즉 M 단위, 및/또는 $\text{R}^2_2\text{SiO}_{2/2}$ 단위, 즉 D 단위와 조합하여 $\text{R}^2\text{SiO}_{3/2}$ 단위, 즉 T 단위, 및/또는 $\text{SiO}_{4/2}$ 단위, 즉 Q 단위를 포함하는 코폴리머일 수 있으며, 여기서 R^1 은 상기에서 기술되고 예시된 바와 같다. 예를 들어, 유기하이드로젠폴리실록산 수지는 DT 수지, MT 수지, MDT 수지, DTQ 수지, MTQ 수지, MDTQ 수지, DQ 수지, MQ 수지, DTQ 수지, MTQ 수지 또는 MDQ 수지일 수 있다.

[0055]

R^4 에 의해 표시되는 기는 통상적으로 적어도 하나의 실리콘 결합된 수소 원자를 갖는 유기실릴알킬기이다. R^4 에 의해 표시되는 유기실릴알킬기의 예는 하기 구조로부터 선택된 화학식을 갖는 기를 포함하지만, 이에 제한되지 않는다:

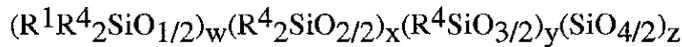


[0056]

[0057] 상기 식에서, Me는 메틸이며, Ph는 페닐이며, 아래첨자 n은 2 내지 10의 수치를 갖는다.

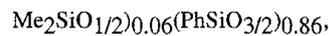
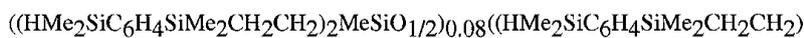
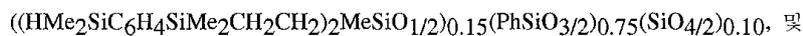
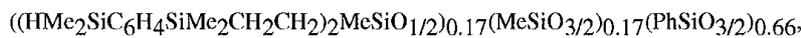
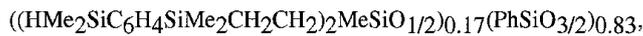
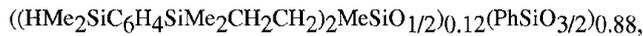
[0058]

여러 구체예에서, 유기하이드로젠폴리실록산 수지는 하기 식을 갖는다:



[0059]

[0060] 상기 식에서, R¹, R⁴, w, x, y 및 z는 각각 상기에서 정의되고 예시된 바와 같다. 상기 화학식에 의해 표시되는 유기하이드로젠폴리실록산 수지의 특정 예는 하기 식을 갖는 수지를 포함하지만, 이에 제한되지 않는다:



[0061]

[0062]

상기 식에서, Me는 메틸이며, Ph는 페닐이며, C₆H₄는 파라-페닐렌기를 의미하며, 괄호 밖의 아래첨자 숫자는 물 분율을 의미한다. 상기 화학식에서의 단위의 순서는 어떠한 방식으로든 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 나타나지 않는다.

[0063]

유기하이드로젠실리콘 화합물은 1,000 미만, 대안적으로 750 미만, 대안적으로 500 g/mol 미만의 분자량을 가질 수 있다. 또한, 유기하이드로젠실리콘 화합물은 상기 기술된, 단일 유기하이드로젠실리콘 화합물 또는 두 개 이상의 상이한 유기하이드로젠실리콘 화합물을 포함하는 혼합물일 수 있다. 예를 들어, 유기하이드로젠실리콘 화합물은, 유기하이드로젠실리콘 화합물이 분자 당 적어도 하나의 실리콘 결합된 수소 원자를 갖는 한, 단일 유기하이드로젠실리콘, 두 개의 상이한 유기하이드로젠실리콘의 혼합물, 단일 유기하이드로젠실록산, 두 개의 상이한 유기하이드로젠실록산의 혼합물, 또는 유기하이드로젠실리콘과 유기하이드로젠실록산의 혼합물일 수 있다. 일 구체

예에서, 유기하이드로젠실리콘 화합물은 디메틸하이드로젠실릴 말단 폴리디메틸실록산으로서 추가로 규정된다. 유기하이드로젠실리콘 화합물은 또한 트리알킬실릴 말단 폴리디알킬실록산-알킬하이드로젠실록산 코폴리머로서 추가로 규정될 수 있다. 일 구체예에서, 유기하이드로젠실리콘 화합물은 트리메틸실릴 말단 폴리디메틸실록산-메틸하이드로젠실록산 코폴리머로서 추가로 규정된다. 일 구체예에서, 유기하이드로젠실리콘 화합물은 디알킬하이드로젠실릴 말단 폴리디알킬실록산과 트리알킬실릴 말단 폴리디알킬실록산-알킬하이드로젠실록산 코폴리머의 혼합물로서 추가로 규정된다. 이러한 구체예의 디알킬하이드로젠실릴 말단 폴리디알킬실록산은 디메틸하이드로젠실릴 말단 폴리디메틸실록산으로서 추가로 규정될 수 있으며, 이러한 구체예의 트리알킬실릴 말단 폴리디알킬실록산-알킬하이드로젠실록산 코폴리머는 트리메틸실릴 말단 폴리디메틸실록산-메틸하이드로젠실록산 코폴리머로서 추가로 규정될 수 있다.

[0064] 다시 돌아가서, 실리콘 조성물은 또한 통상적으로 유기실리콘 화합물과 유기하이드로젠실리콘 화합물 간의 하이드로실릴화 반응을 촉진시키기 위해 사용되는 하이드로실릴화 촉매를 포함한다. 하이드로실릴화 촉매는 백금족 금속(즉, 백금, 로듐, 루테튬, 팔라듐, 오스뮴 및 이리듐) 또는 백금족 금속을 함유한 화합물을 포함하는 임의의 널리 공지된 하이드로실릴화 촉매일 수 있다. 통상적으로, 백금족 금속은 하이드로실릴화 반응에서 높은 작용성을 기준으로, 백금이다.

[0065] 사용하기에 적합한 특성의 하이드로실릴화 촉매는 미국특허번호 제3,419,593호 (Willing)에 기술되어 있는 클로로플라티산 및 특성의 비닐 함유 유기실록산의 착물을 포함하며, 이러한 특허의 일부는 하이드로실릴화 촉매를 제시하고 있으며 이는 본원에 참고로 포함된다. 이러한 타입의 촉매는 클로로플라티산과 1,3-디에테닐-1,1,3,3-테트라메틸디실록산의 반응 생성물이다.

[0066] 하이드로실릴화 촉매는 또한 표면 상에 백금족 금속을 갖는 고체 지지체를 포함하는 지지된 하이드로실릴화 촉매일 수 있다. 지지된 촉매는 여과에 의해 실리콘 조성물로부터 용이하게 분리될 수 있다. 지지된 촉매의 예는 탄소 상 백금, 탄소 상 팔라듐, 탄소 상 루테튬, 탄소 상 로듐, 실리카 상 백금, 실리카 상 팔라듐, 알루미늄 상 백금, 알루미늄 상 팔라듐, 및 알루미늄 상 루테튬을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다.

[0067] 하이드로실릴화 촉매는 열가소성 수지에 캡슐화된 백금족 금속을 포함하는 마이크로캡슐화된 백금족 금속 함유 촉매일 수 있는 것으로 고려된다. 마이크로캡슐화된 하이드로실릴화 촉매를 포함한 실리콘 조성물은 연장된 시간 동안에, 통상적으로 수개월 이상 동안에 주변 조건 하에서 안정적으로, 열가소성 수지(들)의 용융 또는 연화점 보다 높은 온도에서 비교적 빠르게 경화되지 않는다. 마이크로캡슐화된 하이드로실릴화 촉매 및 이를 제조하는 방법은 미국특허번호 제4,766,176호 및 여기에 인용된 참고문헌, 및 미국특허번호 제5,017,654호에 예시된 바와 같이, 당해 분야에 널리 공지되어 있다. 본 발명의 하이드로실릴화 촉매는 단일 촉매, 또는 적어도 하나의 성질, 예를 들어 구조, 형태, 백금족 금속, 착물화 리간드, 및 열가소성 수지가 다른 두개 이상의 상이한 촉매를 포함하는 혼합물일 수 있다.

[0068] 일 구체예에서, 하이드로실릴화 촉매는 적어도 하나의 광활성화된 하이드로실릴화 촉매를 포함한다. 광활성화된 하이드로실릴화 촉매는 150 내지 800 nm의 파장을 갖는 방사선에 노출시에 유기실리콘 화합물과 유기하이드로젠실리콘 화합물의 하이드로실릴화를 촉매화할 수 있는 임의의 하이드로실릴화 촉매일 수 있다. 광활성화된 하이드로실릴화 촉매는 백금족 금속 또는 백금족 금속을 함유하는 화합물을 포함하는 임의의 널리 공지된 하이드로실릴화 촉매일 수 있다. 백금족 금속은 백금, 로듐, 루테튬, 팔라듐, 오스뮴 및 이리듐을 포함한다. 통상적으로, 백금족 금속은, 하이드로실릴화 반응에서 높은 활성을 기준으로, 백금이다.

[0069] 본 발명의 목적을 위해 적합한 광활성화된 하이드로실릴화 촉매의 특정 예는 백금(II) β-디케토네이트 착물, 예를 들어 백금(II) 비스(2,4-펜탄디오네이트), 백금(II) 비스(2,4-헥산디오네이트), 백금(II) 비스(2,4-헵탄디오네이트), 백금(II) 비스(1-페닐-1,3-부탄디오네이트), 백금(II) 비스(1,3-디페닐-1,3-프로판디오네이트), 백금(II) 비스(1,1,1,5,5,5-헥사플루오로-2,4-펜탄디오네이트); (η-시클로펜타디에닐)트리알킬백금 착물, 예를 들어 (Cp)트리메틸백금, (Cp)에틸디메틸백금, (Cp)트리에틸백금, (클로로-Cp)트리메틸백금, 및 (트리메틸실릴-Cp)트리메틸백금 (여기서, Cp는 시클로펜타디에닐임); 트리아진 옥사이드-전이 금속 착물, 예를 들어 $Pt[C_6H_5NNNOCH_3]_4$, $Pt[p-CN-C_6H_4NNNOC_6H_{11}]_4$, $Pt[p-H_3COC_6H_4NNNOC_6H_{11}]_4$, $Pt[p-CH_3(CH_2)_x-C_6H_4NNNOCH_3]_4$, 1,5-시클로옥타디엔 $Pt[p-CN-C_6H_4NNNOC_6H_{11}]_2$, 1,5-시클로옥타디엔 $Pt[p-CH_3O-C_6H_4NNNOCH_3]_2$, $[(C_6H_5)_3P]_3Rh[p-CN-C_6H_4NNNOC_6H_{11}]$, 및 $Pd[p-CH_3(CH_2)_x-C_6H_4NNNOCH_3]_2$ (여기서, x는 1, 3, 5, 11 또는 17임); (η-디올레핀)(σ-아릴)백

금 착물, 예를 들어, (n^4 -1,5-시클로옥타디에닐)디페닐백금, (n^4 -1,3,5,7-시클로옥타테트라에닐)디페닐백금, (n^4 -2,5-노르보라디에닐)디페닐백금, (n^4 -1,5-시클로옥타디에닐)비스-(4-디메틸아미노페닐)백금, (n^4 -1,5-시클로옥타디에닐)비스-(4-아세틸페닐)백금, 및 (n^4 -1,5-시클로옥타디에닐)비스-(4-트리플루오르메틸페닐)백금을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다. 통상적으로, 광활성화된 하이드로실릴화 촉매는 Pt(II) β -디케토네이트 착물이며, 더욱 통상적으로, 촉매는 백금(II) 비스(2,4-펜탄디오에이트)이다. 하이드로실릴화 촉매는 단일 광활성화된 하이드로실릴화 촉매 또는 두개 이상의 상이한 광활성화된 하이드로실릴화 촉매를 포함하는 혼합물일 수 있다.

[0070] 광활성화된 하이드로실릴화 촉매를 제조하는 방법은 당해 분야에 널리 공지되어 있다. 예를 들어, 백금(II) β -디케토네이트를 제조하는 방법은 문헌 [Guo et al. (Chemistry of Materials, 1998, 10, 531-536)]에 보고되어 있다. (n -시클로펜타디에닐)-트리알킬백금 착물을 제조하는 방법은 미국특허번호 제4,510,094호에 기술되어 있다. 트리알킬 옥사이드 전이 금속 착물을 제조하는 방법은 미국특허번호 제5,496,961호에 기술되어 있다. (n -디올레핀)(σ -아릴)백금 착물을 제조하는 방법은 미국특허번호 제4,530,879호에 교시되어 있다.

[0071] 하이드로실릴화 촉매의 농도는 유기실리콘 화합물과 유기하이드로젠실리콘 화합물의 하이드로실릴화를 촉매화하기에 충분한 농도이다. 통상적으로 하이드로실릴화 촉매의 농도는 유기실리콘 화합물과 유기하이드로젠실리콘 화합물의 합쳐진 중량을 기준으로, 0.1 내지 1000 ppm의 백금족 금속, 대안적으로 1 내지 500 ppm의 백금족 금속, 대안적으로 3 내지 150 ppm의 백금족 금속, 및 대안적으로 1 내지 25 ppm의 백금족 금속을 제공하기에 충분한 것이다. 하나의 특히 적합한 촉매는 1,3-디에테닐-1,1,3,3-테트라메틸디실록산 백금 촉매를 포함한다. 이러한 촉매는 당업자에 의해 결정된 양으로 포함될 수 있다. 일 구체예에서, 촉매는 실리콘 조성물 중에 실리콘 조성물 100 중량부 당 0.05 내지 0.30 중량부의 양으로 포함된다.

[0072] 실리콘 조성물은 또한 0.05 내지 100의, 유기실리콘 화합물 분자 당 불포화된 부분에 대한 유기하이드로젠실리콘 화합물의 분자 당 실리콘 결합된 수소 원자의 비율을 포함한다. 대안적인 구체예에서, 이러한 비율은 0.1 내지 100, 0.05 내지 20, 0.05 내지 0.7, 0.1 내지 0.8, 0.1 내지 0.6, 0.5 내지 2, 1.5 내지 5, 1.75 내지 3, 2 내지 2.5, 및 0.95 내지 1.05이다. 여러 구체예에서, 하기에 보다 상세히 기술되는, 제1 외각층(22)과 제2 (최외각) 층(26) 또는 타이 층(30) 사이의 접착력을 향상시킬 수 있는 불포화된 부분에 대한 실리콘 결합된 수소 원자의 화학양론적 양이 존재한다. 물론, 상술된 비율은 이러한 비율이 0.05 내지 100인 한 본 발명을 제한하지 않는 것으로 이해될 것이다.

[0073] 상기에서 기술된 바와 같이, 제2 (최외각) 층(26)에는 복수의 섬유(27)가 존재하지 않을 수 있거나, 복수의 섬유(27)를 포함할 수 있다. 일 구체예에서, 제2 (최외각) 층(26)을 형성하기 위해 사용되는 실리콘 조성물은 상술된 바와 같이, 복수의 섬유(27)를 코팅할 수 있는 하이드로실릴화-경화성 실리콘 조성물로서 추가로 규정된다. 통상적으로, 이러한 하이드로실릴화-경화성 실리콘 조성물은 액체로서, 즉 실온에서 유동적이다. 하이드로실릴화-경화성 실리콘 조성물은 충전제를 포함하거나 충전제를 포함하지 않을 수 있다. 반대로, 하이드로실릴화-경화성 실리콘 조성물은 복수의 섬유(27) 및 충전제 둘 모두를 포함할 수 있다.

[0074] 하이드로실릴화-경화성 실리콘 조성물은 분자 당 두 개의 말단 불포화된 부분을 갖는 선형 유기실리콘 화합물, 분자 당 두 개의 말단 불포화된 부분 및 분자 당 적어도 하나의 펜던트 불포화된 부분을 갖는 분지형 유기실리콘 화합물, 및 분자 당 적어도 하나의 실리콘 결합된 수소 원자를 갖는 유기하이드로젠실리콘 화합물을 포함한다. 일 구체예에서, 유기하이드로젠실리콘 화합물은 분자 당 적어도 두 개의 실리콘 결합된 수소 원자를 갖는다. 다른 구체예에서, 유기하이드로젠실리콘 화합물은 분자 당 적어도 세 개의 실리콘 결합된 수소 원자를 갖는다.

[0075] 하이드로실릴화-경화성 실리콘 조성물은 또한 상술된 충전제, 및 선형 유기실리콘 화합물, 분지형 유기실리콘 화합물 및 유기하이드로젠실리콘 화합물 간의 하이드로실릴화 반응을 촉진하기 위해 사용되는 하이드로실릴화 촉매를 포함한다. 이러한 구체예에서 사용될 수 있는 여러 하이드로실릴화 촉매는 상기에 기술되어 있다. 이러한 구체예에서, 선형 유기실리콘 화합물 및 분지형 유기실리콘 화합물의 합계 100 중량부 당, 선형 유기실리콘 화합물은 80 내지 95 중량부의 양으로 존재하며, 분지형 유기실리콘 화합물은 5 내지 20 중량부의 양으로 존재한다. 다른 구체예에서, 선형 유기실리콘 화합물은 선형 유기실리콘 화합물 및 분지형 유기실리콘 화합물의 합계 100 중량부 당, 85 내지 95, 86 내지 94, 88 내지 90, 90 내지 95, 또는 92 내지 94, 또는 약 80, 86, 90, 또는 93 중량부의 양으로 존재한다. 또다른 구체예에서, 분지형 유기실리콘 화합물은 선형 유기실리콘 화합물 및 분지형 유기실리콘 화합물의 합계 100 중량부 당, 5 내지 15, 7 내지 10, 7 내지 14, 10 내지 20, 또는

약 7, 10, 14, 또는 20 중량부의 양으로 존재한다. 선형 및/또는 분지형 유기실리콘 화합물은 상술된 범위 내의 임의의 양 또는 양의 범위에서 각각 독립적으로 사용될 수 있는 것으로 이해될 것이다.

[0076] 또한, 하이드로실릴화-경화성 실리콘 조성물에서, 선형 유기실리콘 화합물 및 분지형 유기실리콘 화합물의 분자 당 불포화된 부분의 총합에 대한 유기하이드로젠실리콘 화합물의 분자 당 실리콘 결합된 수소 원자의 비율은 1 내지 1.7, 통상적으로 1.1 내지 1.6, 또는 1.1 내지 1.2이다. 여러 구체예에서, 이러한 비율은 1.5 내지 1.55이다.

[0077] 하이드로실릴화-경화성 실리콘 조성물은 사용시에 제1 부분 및 제2 부분을 포함할 수 있다. 선형 유기실리콘 화합물, 분지형 유기실리콘 화합물, 및 유기하이드로젠실리콘 화합물은 제1 부분, 제2 부분, 또는 제1 및 제2 부분 둘 모두에 존재할 수 있다. 일 구체예에서, 선형 유기실리콘 화합물, 분지형 유기실리콘 화합물, 및 유기하이드로젠실리콘 화합물은 조기에 반응할 가능성으로 인해 한 부분에 모두 존재하지 않는다. 다른 구체예에서, 유기실리콘 화합물, 분지형 유기실리콘 화합물, 및 유기하이드로젠실리콘 화합물은 모두 한 부분에 존재하고, 히드록실릴화 촉매와 함께 존재하지 않는다. 또다른 구체예에서, 선형 및 분지형 유기실리콘 화합물은 제1 부분에 존재하며, 유기하이드로젠실리콘 화합물 및 하이드로실릴화 촉매는 제2 부분에 존재한다. 또다른 구체예에서, 선형 유기실리콘 화합물 및/또는 분지형 유기실리콘 화합물은 제1 및 제2 부분 모두에 존재하지만, 하이드로실릴화 촉매는 제1 부분에 존재하며, 유기하이드로젠실리콘 화합물은 제2 부분에 존재한다. 통상적으로, 임의의 가교제 또는 사슬 연장제는 촉매가 없는 제2 부분에 존재한다. 여러 구체예에서, 제1 및 제2 부분은 ASTM D4287에 따라 측정된 결과 25°C에서 200 내지 15,000 cps의 다양한 점도를 갖는다. 다른 구체예에서, 제1 및 제2 부분은 하기와 같은 대략적인 점도를 갖는다: ASTM D4287에 따라 측정된 결과 25°C에서 289, 289, 1449, 2000, 2064, 3440, 4950, 5344, 8,194, 11,212, 12,680, 및 14,129 cps.

[0078] 선형 유기실리콘 화합물은 상술된 임의의 화합물일 수 있거나 선형 유기실리콘 화합물이 분자 당 두 개의 말단 불포화된 부분을 갖는 한 상이할 수 있다. 통상적으로, 선형 유기실리콘 화합물은 분자 당 정확하게 두 개의 말단 불포화된 부분을 갖는다. 선형 유기실리콘 화합물은 펜던트 불포화된 부분을 갖지 않는다. 여러 구체예에서, 선형 유기실리콘 화합물은 비닐 단부-블로킹된 폴리디알킬실록산, 예를 들어 두 개의 말단 비닐기를 갖는 비닐 단부-블로킹된 폴리디메틸실록산으로서 추가로 규정된다. 다른 구체예에서, 선형 유기실리콘 화합물은 150 내지 900의 평균 중합도(DP), 11,000 내지 63,000의 중량평균분자량, ASTM D4287에 따라 측정된 결과 25°C에서 400 내지 60,000 cps의 점도, 및 0.01 내지 10의 비닐기의 중량퍼센트를 갖는다. 또다른 구체예에서, 선형 유기실리콘 화합물은 하기 물리적 성질 ±1%, ±3%, ±5%, ±10%, ±15%, ±20%, 또는 ±25%를 갖는다. 또한 선형 유기실리콘 화합물이 하기에 기술되지 않은 다른 물리적 성질들을 가질 수 있다는 것이 고려된다.

다양한 구체예	평균 DP	중량평균분자량 (g/mol)	점도 (cps 25°C)	중량% 비닐기
비닐 말단-블로킹된 폴리디메틸실록산	297	22,000	2,100	0.21
비닐 말단-블로킹된 폴리디메틸실록산	155	11,500	450	0.46
비닐 말단-블로킹된 폴리디메틸실록산	837	62,000	55,000	0.088

[0079]

[0080] 또한, 하이드로실릴화-경화성 실리콘 조성물은 상술된 하나 초과 선형 유기실록산 화합물을 포함할 수 있다는 것이 고려된다.

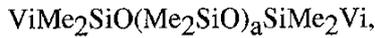
[0081] 본 발명에서 사용하기 위해 고려되는 추가적인 선형 유기실리콘 화합물은 미국특허번호 제5,574,073호에 기술되어 있으며, 이는 본원에 참고로 포함된다.

[0082] 분지형 유기실리콘 화합물은 또한 상술된 임의의 화합물일 수 있거나 분지형 유기실리콘 화합물이 분자 당 두 개의 말단 불포화된 부분 및 분자 당 적어도 하나의 펜던트 불포화된 부분을 갖는 한 상이할 수 있다. 여러 구체예에서, 분지형 유기실리콘 화합물은 적어도 하나의 비닐 펜던트기를 갖는 비닐 단부-블로킹된 폴리디알킬실록산, 예를 들어, 두 개의 말단 비닐기 및 적어도 하나의 비닐 펜던트기를 갖는 비닐 단부-블로킹된 폴리디메틸실록산으로서 추가로 규정된다. 다른 구체예에서, 분지형 유기실리콘 화합물은 100 내지 800의 평균 중합도(DP), 8,000 내지 60,000의 중량평균분자량, ASTM D4287에 따라 측정된 결과 25°C에서 200 내지 30,000 cps의 점도, 및 0.1 내지 10의 비닐기의 중량퍼센트를 갖는다. 일 구체예에서, 분지형 유기실리콘 화합물은 약 620의 평균 중합도(DP), 약 46,000 g/mol의 중량평균분자량, ASTM D4287에 따라 측정된 결과 25°C에서 약 15,000 cps

의 점도, 및 약 7.7의 비닐기의 중량퍼센트를 갖는다. 또한 하이드로실릴화-경화성 실리콘 조성물은 상술된 하나 초과 분지형 유기실리콘 화합물을 포함할 수 있다는 것이 고려된다. 본 발명에서 사용하기 위해 고려되는 추가적인 분지형 유기실리콘 화합물은 미국특허번호 제5,574,073호에 기술되어 있으며, 이는 본원에 참고문헌으로 포함된다.

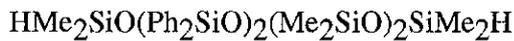
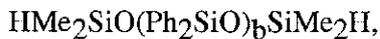
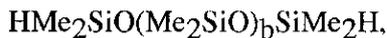
[0083] 본원에서 사용되는 용어 "실리콘 조성물" 및 "하이드로실릴화-경화성 실리콘 조성물"은 하이드로실릴화-경화성 실리콘 조성물이 상기에 기술된 바와 같이 존재하는 한 호환가능한 것으로 이해될 것이다. 달리 말하면, 이러한 용어는 하이드로실릴화-경화성 실리콘 조성물이 분자 당 두 개의 말단 불포화된 부분을 갖는 선형 유기실리콘 화합물, 분자 당 두 개의 말단 불포화된 부분 및 분자 당 적어도 하나의 펜던트 불포화된 부분을 갖는 분지형 유기실리콘 화합물, 및 분자 당 적어도 하나의 실리콘 결합된 수소 원자를 갖는 유기하이드로겐실리콘 화합물을 포함한다.

[0084] 실리콘 조성물은 또한 (a) $R^1R^2_2SiO(R^2_2SiO)_aSiR^2_2R^1$ 및 (b) $R^5R^1_2SiO(R^1R^5SiO)_bSiR^1_2R^5$ 의 군으로부터 선택된 화학식을 갖는 실리콘 고무를 포함할 수 있다; 상기 식에서, R^1 및 R^2 는 상기에서 정의되고 예시된 바와 같으며, R^5 는 R^1 또는 -H이며, 아래첨자 a 및 b는 각각 1 내지 4, 대안적으로 2 내지 4, 대안적으로 2 내지 3의 수치를 가지며, w, x, y, 및 z는 또한 상기에서 정의되고 예시된 바와 같다. 실리콘 고무 (a)로서 사용하기 위해 적합한 실리콘 고무의 특정 예는 하기 화학식을 갖는 실리콘 고무를 포함하지만, 이에 제한되지 않는다:



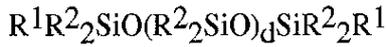
[0085] 상기 식에서, Me는 메틸이며, Ph는 페닐이며, Vi는 비닐이며, 아래첨자는 1 내지 4의 수치를 갖는다. 실리콘 고무 (a)는 단일 실리콘 고무 또는 각각 (a)에 대한 화학식을 만족하는 두개 이상의 상이한 실리콘 고무를 포함하는 혼합물일 수 있다.

[0087] 실리콘 고무 (b)로서 사용하기 위해 적합한 실리콘 고무의 특정 예는 하기 화학식을 갖는 실리콘 고무를 포함하지만, 이에 제한되지 않는다:



[0088] 상기 식에서, Me는 메틸이며, Ph는 페닐이며, 아래첨자 b는 1 내지 4의 수치를 갖는다. 성분 (b)는 단일 실리콘 고무, 또는 각각 (b)에 대한 화학식을 만족하는 두개 이상의 상이한 실리콘 고무를 포함하는 혼합물일 수 있다.

[0090] 본 발명의 다른 구체예에서, 실리콘 조성물은 하이드로실릴화 촉매, 및 임의적으로 유기 용매의 존재하에 유기 실리콘 화합물 및 하기 화학식을 갖는 고무로부터 선택된 적어도 하나의 실리콘 고무 (b)를 반응시킴으로써 제조된 고무-개질된 실리콘 수지를 포함하며, 여기서 단 유기실리콘 화합물 및 실리콘 고무 (b)의 반응 생성물이 분자 당 적어도 하나의 불포화된 부분을 갖는다:



[0091]

[0092]

상기 식에서, R^1 및 R^5 는 상기에서 정의되고 예시된 바와 같으며, c 및 d 각각은 4 내지 1,000, 대안적으로 10 내지 500, 대안적으로 10 내지 50의 수치를 갖는다.

[0093]

일 구체예에서, 실리콘 조성물은 45 내지 90 중량부의 디메틸 비닐실록시-말단 디메틸실록산, 0.5 내지 2 중량부의 알콕시실란, 0.5 내지 2 중량부의 메타크릴옥시프로필트리메톡시실란, 0.01 내지 0.2 중량부의 테트라메틸 테트라비닐시클로테트라실록산, 2 내지 10 중량부의 수소 말단 디메틸실록산, 0.2 내지 1 중량부의 디메틸메틸 하이드로겐실록산, 및 0.01 내지 0.1 중량부의 1,3-디에테닐-1,1,3,3-테트라메틸디실록산 백금 착물을 포함한다. 다른 구체예에서, 실리콘 조성물은 45 내지 90 중량부의 디메틸비닐실록시-말단 디메틸실록산, 0.5 내지 2 중량부의 알콕시실란, 0.5 내지 2 중량부의 메타크릴옥시프로필트리메톡시실란, 0.01 내지 0.2 중량부의 테트라메틸테트라비닐시클로테트라실록산, 2 내지 10 중량부의 수소 말단 디메틸실록산, 0.2 내지 1 중량부의 디메틸메틸하이드로겐실록산, 20 내지 60 중량부의 석영, 및 0.01 내지 0.1 중량부의 1,3-디에테닐-1,1,3,3-테트라메틸디실록산 백금 착물을 포함한다.

[0094]

실리콘 조성물은 또한 용매, 예를 들어 유기 용매를 포함할 수 있다. 유기 용매는 유기실리콘 화합물 및 유기 하이드로젠실리콘 화합물과 반응하지 않고 혼화가능한 임의의 비양성자성 또는 쌍극극성 비양성자성 유기 용매일 수 있다. 적합한 유기 용매의 비제한적인 예는 포화된 지방족 탄화수소, 예를 들어, n-헵탄, 헥산, n-헵탄, 이소옥탄 및 도데칸, 지환족 탄화수소, 예를 들어 시클로헥탄 및 시클로헥산, 방향족 탄화수소, 예를 들어 벤젠, 톨루엔, 자일렌 및 메시틸렌, 환형 에테르, 예를 들어 테트라히드로푸란 (THF) 및 디옥산, 케톤, 예를 들어 메틸이소부틸 케톤 (MIBK), 할로겐화된 알칸, 예를 들어 트리클로로에탄, 할로겐화된 방향족 탄화수소, 예를 들어 브로모벤젠, 및 클로로벤젠, 및 이들의 조합물을 포함한다. 유기 용매는 단일 유기 용매 또는 각각이 상기 기술된 두개 이상의 상이한 유기 용매를 포함하는 혼합물일 수 있다. 실리콘 조성물 중 유기 용매의 농도는 실리콘 조성물의 총중량을 기준으로, 0 내지 99%(w/w), 대안적으로 30 내지 80%(w/w), 및 대안적으로 45 내지 60%(w/w)일 수 있다.

[0095]

*실리콘 조성물은 또한 상기에 기술된 바와 같이 충전제를 포함할 수 있다. 충전제는 모듈(20)로부터 열을 발산시키기 위해 사용될 수 있다. 충전제는 당해 분야에 공지된 임의의 것일 수 있고, 단일 충전제 또는 충전제의 조합물을 포함할 수 있다. 충전제는 열적 및/또는 전기적 전도성 및 절연성일 수 있다. 충전제는 강화 충전제, 확장 충전제, 요변성 충전제, 안료, 또는 이들의 조합물로서 추가로 규정될 수 있다. 충전제는 하나 이상의 미분된 강화 충전제, 예를 들어 고표면적 발연 및 침강 실리카, 아연 옥사이드, 알루미늄, 알루미늄 분말, 알루미늄 삼수화물, 은, 칼슘 카르보네이트, 및/또는 추가적인 확장 충전제, 예를 들어 석영, 규조토, 바륨 설페이트, 철 옥사이드, 티타늄 디옥사이드 및 카본 블랙, 탈크, 규회석, 알루미늄네이트, 칼슘 설페이트(무수석고), 석고(gypsum), 칼슘 설페이트, 마그네슘 카르보네이트, 클레이, 예를 들어 카올린, 알루미늄 트리히드록사이드, 마그네슘 히드록사이드 (브루사이트), 흑연, 구리 카르보네이트, 예를 들어 공작석(malachite), 니켈 카르보네이트, 예를 들어 자라키트(zarachite), 바륨 카르보네이트, 예를 들어, 독중석(witherite), 스트론튬 카르보네이트, 예를 들어 스트론티아나이트, 알루미늄 옥사이드, 올리빈기, 가르넷(garnet)기, 알루미늄노실리케이트, 고리 실리케이트, 사슬 실리케이트 및 시트 실리케이트를 포함하지만 이에 제한되지 않는 실리케이트, 및 이들의 조합물로서 추가로 규정될 수 있다. 올리빈기는 포르스테라이트(forsterite), Mg_2SiO_4 , 및 이들의 조합물을 포함할 수 있지만, 이에 제한되지 않는다. 가르넷기의 비제한적인 예는 피로페(pyrope), $Mg_3Al_2Si_3O_{12}$, 그로술라(grossular), $Ca_2Al_2Si_3O_{12}$, 및 이들의 조합물을 포함할 수 있다. 알루미늄노실리케이트는 실리마나이트(sillimanite), Al_2SiO_5 , 몰라이트(mullite), $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, 키아나이트(kyanite), Al_2SiO_5 및 이들의 조합물을 포함할 수 있지만, 이에 제한되지 않는다. 고리 실리케이트는 근청석(cordierite), $Al_3(MgFe)_2[Si_4AlO_{18}]$, 및 이들의 조합물을 포함할 수 있지만, 이에 제한되지 않는다. 사슬 실리케이트는 올라스토나이트, $Ca[SiO_3]$, 및 이들의 조합물을 포함할 수 있지만, 이에 제한되지 않는다. 비제한적인 시트 실리케이트의 적합한 예는 운모, $K_2Al_4[Si_6Al_2O_{20}](OH)_4$, 피로필라이트(pyrophyllite), $Al_4[Si_8O_{20}](OH)_4$, 탈크, $Mg_6[Si_8O_{20}](OH)_4$, 세르펜틴

(serpentine), 아스베스토스(asbestos), 카올리나이트(Kaolinite), $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$, 베르미쿨라이트(vermiculite), 및 이들의 조합물을 포함할 수 있다. 저밀도 충전제는 또한 부피 당 중량 및 비용을 감소시키기 위해 포함될 수 있다. 충전제는 산란을 방지하기 위해 빛의 파장의 1/4 보다 작은 입자를 포함할 수 있지만, 이는 요구되지 않는다. 이에 따라, 충전제, 예를 들어 올라스토나이트, 실리카, 티타늄 디옥사이드, 유리 섬유, 중공 유리구체 및 클레이, 예를 들어 카올린이 특히 바람직하다.

[0096] 일 구체예에서, 충전제는 알루미늄 니트라이드, 알루미늄 옥사이드, 알루미늄 삼수화물, 바륨 티타네이트, 베릴륨 옥사이드, 붕소 니트라이드, 탄소 섬유, 다이아몬드, 흑연, 마그네슘 히드록사이드, 마그네슘 옥사이드, 금속 미립자, 옆스(onyx), 실리콘 카바이드, 실리콘, 텅스텐 카바이드, 아연 옥사이드, 및 이들의 조합물로 이루어진 군으로부터 선택된다. 충전제는 금속성 충전제, 무기 충전제, 용융성 충전제, 또는 이들의 조합물로서 추가로 규정된다. 금속성 충전제는 금속의 입자 및 입자의 표면 상에 층을 갖는 금속의 입자를 포함한다. 이러한 층들은, 예를 들어 입자의 표면 상에 금속 니트라이드 층 또는 금속 옥사이드 층일 수 있다. 적합한 금속성 충전제는 알루미늄, 구리, 금, 니켈, 은, 및 이들의 조합물로부터 선택된 금속의 입자, 및 대안적으로 알루미늄에 의해 예시된다. 적합한 금속성 충전제는 알루미늄 니트라이드, 알루미늄 옥사이드, 구리 옥사이드, 니켈 옥사이드, 은 옥사이드, 및 이들의 조합물로부터 선택된 이들의 표면 상에 층을 갖는 상술된 금속의 입자에 의해 추가로 예시된다. 예를 들어, 금속성 충전제는 표면 상에 알루미늄 옥사이드 층을 갖는 알루미늄 입자를 포함할 수 있다.

[0097] 적합한 무기 충전제는 옆스, 알루미늄 삼수화물, 금속 옥사이드, 예를 들어 알루미늄 옥사이드, 베릴륨 옥사이드, 마그네슘 옥사이드, 및 아연 옥사이드, 니트라이드, 예를 들어 알루미늄 니트라이드 및 붕소 니트라이드, 카바이드, 예를 들어 실리콘 카바이드 및 텅스텐 카바이드를 포함하지만, 이에 제한되지 않는다.

[0098] 적합한 용융가능한 충전제는 Bi, Ga, In, Sn, Ag, Au, Cd, Cu, Pb, Sb, Zn, 이들의 합금, 및 이들의 조합물을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다. 적합한 용융가능한 충전제의 비제한적인 예는 Ga, In-Bi-Sn 합금, Sn-In-Zn 합금, Sn-In-Ag 합금, Sn-Ag-Bi 합금, Sn-Bi-Cu-Ag 합금, Sn-Ag-Cu-Sb 합금, Sn-Ag-Cu 합금, Sn-Ag 합금, Sn-Ag-Cu-Zn 합금, 및 이들의 조합물을 포함한다. 용융가능한 충전제는 50°C 내지 250°C, 또는 150°C 내지 225°C 범위의 용점을 가질 수 있다. 용융가능한 충전제는 공정 합금(eutectic alloy), 비-공정 합금, 순수한 금속일 수 있다. 적합한 용융가능한 충전제는 제조업체[Indium Corporation of America, of Utica, N. Y., Arconium, of Providence, R.I., and AIM Solder of Cranston, R.I.]로부터 상업적으로 입수가능하다. 적합한 알루미늄 충전제는 제조업체[Toyol America, Inc. of Naperville, LL. and Valimet Inc. of Stockton, CA]로부터 상업적으로 입수가능하다. 은 충전제는 제조업체[Metalor Technologies U.S.A. Corp. of Attleboro, M. A.]로부터 상업적으로 입수가능하다.

[0099] 적합한 충전제의 추가적인 예는 침강 칼슘 카르보네이트, 분쇄된 칼슘 카르보네이트, 발연 실리카, 침전된 실리카, 탈크, 티타늄 디옥사이드, 플라스틱 분말, 유리 도는 플라스틱 (예를 들어, Saran™) 미소구체, 고 중형비 충전제, 예를 들어 운모 또는 박리된 운모, 및 이들의 조합물을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다. 충전제는 임의적으로 처리제, 예를 들어 지방산(예를 들어, 스테아르산)으로 처리될 수 있다. 침강 칼슘 카르보네이트는 Solvay에서 상품명 WINNOFIL® SPM로 입수가능하다. 분쇄된 칼슘 카르보네이트는 QCI Britannic (Miami, Florida, U.S.A.)에서 상표명 Imerys Gammasperse로 입수가능하다. 카본 블랙, 예를 들어 1011은 Williams로부터 입수가능하다. 실리카는 Cabot Corporation으로부터 상업적으로 입수가능하다.

[0100] 충전제는 단일의 열 전도성 충전제 또는 충전제의 적어도 하나의 성질, 예를 들어 입자 모양, 평균 입자 크기, 입자 크기 분포, 및 타입이 상이한 두개 이상의 열 전도성 충전제의 조합물로서 추가로 규정될 수 있다. 예를 들어, 무기 충전제의 조합물, 예를 들어 보다 큰 평균 입자 크기를 갖는 제1 알루미늄 옥사이드 및 보다 작은 평균 입자 크기를 갖는 제2 알루미늄 옥사이드의 조합물을 사용하는 것이 바람직할 수 있다. 대안적으로, 예를 들어 보다 큰 평균 입자 크기를 갖는 알루미늄 옥사이드와 보다 작은 평균 입자 크기를 갖는 아연 옥사이드의 조합물을 사용하는 것이 바람직할 수 있다. 대안적으로, 금속성 충전제의 조합물, 예를 들어 보다 큰 평균 입자 크기를 갖는 제1 알루미늄 및 보다 작은 평균 입자 크기를 갖는 제2 알루미늄의 조합물을 사용하는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들어, 제1 알루미늄은 8 마이크로미터 내지 100 마이크로미터의 범위, 대안적으로 8 마이크로미터 내지 10 마이크로미터 범위의 평균 입자 크기를 가질 수 있다. 제2 알루미늄은 0.1 마이크로미터 내지 5 마이크로미터의 범위, 대안적으로 1 마이크로미터 내지 3 마이크로미터 범위의 평균 입자 크기를 가질 수 있다. 대안적으로, 금속성 및 무기 충전제의 조합물, 예를 들어 금속 및 금속 옥사이드 충전제의 조합물, 예를 들어 알루미늄 및 알루미늄 옥사이드 충전제의 조합물; 알루미늄 및 아연 옥사이드 충전제의 조합물; 또는

알루미늄, 알루미늄 옥사이드 및 아연 옥사이드 충전제의 조합물을 사용하는 것이 바람직할 수 있다. 보다 큰 평균 입자 크기를 갖는 제1 충전제 및 제1 충전제 보다 작은 평균 입자 크기를 갖는 제2 충전제의 사용은 패키징 효율을 개선시킬 수 있고, 점도를 감소시킬 수 있고, 열전달을 향상시킬 수 있다. 상기 임의의 충전제가 요망되는 경우에 조합하여 사용될 수 있다는 것이 고려된다.

[0101] 열 전도성 충전제의 평균 입자 크기는 열 전도성 충전제의 타입 및 사용되는 양을 포함하는 여러 인자들에 따른다. 그러나, 여러 구체예에서, 열 전도성 충전제는 0.1 마이크로미터 내지 100 마이크로미터의 범위, 대안적으로 0.1 마이크로미터 내지 80 마이크로미터의 범위, 대안적으로 0.1 마이크로미터 내지 50 마이크로미터의 범위, 및 대안적으로 0.1 마이크로미터 내지 10 마이크로미터의 범위의 평균 입자 크기를 갖는다.

[0102] 여러 구체예에서, 실리콘 조성물은 실리콘 조성물 100 중량부 당 10 내지 70, 20 내지 60, 40 내지 60, 또는 30 내지 50 중량부의 충전제를 포함한다. 일 구체예에서, 실리콘 조성물은 실리콘 조성물 100 중량부 당 45 내지 55 중량부의 석영 충전제를 포함한다. 추가 구체예에서, 실리콘 조성물은 실리콘 조성물 100 중량부 당 1 내지 150 중량부의 충전제를 포함한다. 다른 구체예에서, 실리콘 조성물은 실리콘 조성물 100 중량부 당 약 50 중량부의 석영 충전제를 포함한다. 또다른 구체예에서, 실리콘 조성물은 석영, 실리콘, 알루미늄 옥사이드, 알루미늄 삼수화물, 및 이들의 조합물의 균으로부터 선택된 충전제를 실리콘 조성물 100 중량부 당 10 내지 80 중량부의 양으로 포함한다.

[0103] 상술된 충전제는 충전제 소수성을 제공하기 위하여 지방산 또는 지방산 에스테르, 예를 들어 스테아레이트, 유기실란 유기실록산, 유기실라잔, 예를 들어 헥사알킬 디실라잔, 및/또는 단쇄 실록산 디올, 및 이들의 조합물로 표면 처리될 수 있다. 이러한 표면 처리는 충전제를 보다 용이하게 조작하게 하고 실리콘 조성물의 다른 성분들과의 균질한 혼합물을 얻게 할 수 있다. 표면 처리는 또한 분쇄된 실리케이트 미네랄을 용이하게 습윤화되게 할 수 있다. 제한하려고 의도하는 것은 아니지만, 표면 개질된 충전제는 클럼핑(clumping)을 방해하고 실리콘 조성물에 균질하게 도입될 수 있어, 실온 기계적 성질을 개선시킬 것으로 여겨진다. 또한, 표면 처리된 충전제는 비-처리된 충전제 보다 낮은 전기 전도성을 나타낼 것으로 여겨진다. 상술된 바와 같이, 열 전도성 충전제는 제1 최외각층(22)이 또한 열 전도성일 때 사용될 수 있으며, 이에 광전지(24)로부터 과잉 열을 제거하여 전지 효율을 개선시킬 수 있다.

[0104] 충전제 이외에, 실리콘 조성물은 첨가제, 예를 들어 하이드로실릴화 촉매 억제제, 예를 들어 3-메틸-3-펜텐-1-인, 3,5-디메틸-3-헥센-1-인, 3,5-디메틸-1-헥신-3-올, 1-에티닐-1-시클로헥산올, 2-페닐-3-부텐-2-올, 비닐 시클로실록산, 및 트리페닐포스핀을 포함할 수 있다. 첨가제의 다른 비제한적인 예는 안료, 접착 증진제, 부식 억제제, 염료, 희석제, 오염방지 첨가제(anti-soiling additive), 및 이들의 조합물을 포함한다. 이러한 첨가제의 포함은 타이 층(26)의 저장 수명, 경화 동력학, 및 광학적 성질을 기초로 할 수 있다.

[0105] 적합한 접착 증진제의 특히 바람직한 예는 비닐트리에톡시실란, 아크릴로프로필트리메톡시실란, 알킬아크릴로프로필트리메톡시실란, 예를 들어, 메타크릴록시프로필트리메톡시실란, 알콕시실란, 알릴트리에톡시실란, 글리시도프로필트리메톡시실란, 알릴글리시딜에테르, 히드록시디알킬 실릴 말단 메틸비닐실록산-디메틸실록산 코폴리머, 히드록시디알킬 실릴 말단 메틸비닐실록산-디메틸실록산 코폴리머와 글리시도프로필트리메톡시실란의 반응 생성물, 비스-트리에톡시실릴 에틸렌 글리콜, 히드록시디알킬 실릴 말단 메틸비닐실록산-디메틸실록산 코폴리머, 히드록시디알킬 실릴 말단 메틸비닐실록산-디메틸실록산 코폴리머와 글리시도프로필트리메톡시실란 및 비스-트리에톡시실릴 에틸렌 글리콜의 반응 생성물, 히드록시디알킬 실릴 말단 메틸비닐실록산-디메틸실록산 코폴리머와 메타크릴로프로필트리메톡시실란의 0.5:1 내지 1:2, 및 더욱 통상적으로 1:1 혼합물, 및 이들의 조합물을 포함할 수 있지만, 이에 제한되지 않는다.

[0106] 상술된 바와 같이, 첨가제는 광전지(24)가 사용될 때 오염을 감소/방지하기 위해 오염방지 첨가제를 포함할 수 있다. 특히 바람직한 오염방지 첨가제는 25°C에서 10,000 mPa.s의 점도를 갖는 플루오로알켄 및 플루오로실리콘, 예를 들어 플루오르화된 실세스퀴옥산, 예를 들어 디메틸하이드로젠실록시 말단 트리플루오로프로필 실세스퀴옥산, 히드록시 말단 트리플루오로프로필메틸 실록산, 히드록시 말단 트리플루오로프로필메틸실릴 메틸비닐실릴 실록산, 3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-트리데카플루오로옥틸트리에톡시실란, 히드록시-말단 메틸비닐, 트리플루오로프로필실록산, 디메틸하이드로젠실록시-말단 디메틸 트리플루오로프로필메틸 실록산, 및 이들의 조합물을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다. 오염방지 첨가제는 통상적으로 실리콘 조성물 100 중량부 당 5 중량부 이하의 양으로 존재한다.

[0107] 실리콘 조성물은 또한 보다 낮은 파장(200-500 nm)에서 태양광을 흡수하고 보다 높은 파장(600-900 nm)에서 다시 방출할 수 있는 형광 증백제, 요변성능 조절제(rheological modifier), 안료, 열 안정화제, 난연제, UV 안정

화제, 사슬 연장제, 가소제, 연장제, 살균제, 및/또는 살생제(biocide) 등(0 내지 0.3 중량%의 양으로 존재할 수 있음), 물 스캐빈저(water scavenger), 사전경화된 실리콘 및/또는 연성(ductility)을 개선시키고 낮은 표면 점착성을 유지하기 위한 유기 고무 입자, 및 이들의 조합물을 포함할 수 있다.

[0108] 난연제의 적합한 예는 WO 00/46817호에 기술된 알루미나 분말 또는 울라스토나이트(wollastonite)를 포함하며, 이러한 문헌은 본원에 난연제에 대한 참고로 포함된다. 난연제는 단독으로, 또는 다른 난연제 또는 안료, 예를 들어 티타늄 디옥사이드와 조합하여 사용될 수 있다.

[0109] 본 발명의 임의의 반응, 예를 들어 하이드로실릴화 반응은 적합한 반응기에서 수행될 수 있거나 모듈(22) 상에서 일어날 수 있다. 적합한 반응기는 유리 및 테플론-라이닝된 유리 반응기를 포함한다. 통상적으로, 반응에는 교반(agitation, stirring) 수단이 장착되어 있다. 이러한 반응은 수분 부재하에, 불활성 대기, 예를 들어 질소 또는 아르곤 중에서 수행된다.

[0110] 본 발명의 실리콘 조성물은 점착성 또는 비-점착성일 수 있고, 겔, 검, 액체, 페이스트, 수지, 또는 고체일 수 있다. 본 발명의 방법에서, 실리콘 조성물은 액체로서 광전지(24) 상에 분배된다. 일 구체예에서, 실리콘 조성물은 필름이다. 다른 구체예에서, 실리콘 조성물은 겔이다. 또다른 구체예에서, 실리콘 조성물은 경화되어 (예를 들어 사전 경화되거나 일부 경화되어) 겔을 형성시키는 액체이다. 대안적으로, 실리콘 조성물은 다중 세그먼트(segment)를 포함할 수 있는데, 각 세그먼트는 상이한 실리콘 및/또는 상이한 형태(예를 들어, 겔 및 액체)를 포함한다. 일 구체예에서, 실리콘 조성물은 필수적으로 유기실리콘 화합물, 유기하이드로겐실리콘 화합물, 및 하이드로실릴화 촉매를 포함하고, 임의의 추가적인 실리콘, 충전제, 가교제 및/또는 첨가제를 포함하지 않는다. 대안적으로, 실리콘 조성물은 유기실리콘 화합물, 유기하이드로겐실리콘 화합물, 및 하이드로실릴화 촉매로 구성될 수 있다.

[0111] 실리콘 조성물은 비경화되거나, 하이드로실릴화 메카니즘 또는 상기에 기술된 임의의 다른 메카니즘에 의해 일부 경화되거나 전부 경화될 수 있다. 일 구체예에서, 실리콘 조성물은 0°C 내지 150°C의 온도에서 경화된다. 대안적으로, 실리콘 조성물은 50°C 내지 150°C의 온도, 또는 실온(~ 23°C ± 2°C) 내지 115°C의 온도에서 경화될 수 있다. 그러나, 당업자에 의한 선택에 따라, 다른 온도가 사용될 수 있다. 실리콘 조성물이 열로 경화되는 경우에, 가열이 임의의 적합한 오븐 등에서 배치 또는 연속 모드로 일어날 수 있다. 연속 모드가 가장 바람직하다. 추가적으로, 실리콘 조성물은 1 내지 24 시간 동안 경화될 수 있다. 그러나, 실리콘 조성물은 적용에 따른 당업자의 선택에 따라 보다 짧거나 긴 시간 동안 경화될 수 있다. 여러 구체예에서, 실리콘 조성물은 25°C에서 약 100,000 미만, 50 내지 10,000, 100 내지 7,500, 250 내지 5,000, 250 내지 10,000, 25 내지 800, 2,500 내지 5,000, 250 내지 600, 3,000 내지 4,000, 또는 2,000 내지 8,000 센티포이즈(centipoise, cps)의 점도를 갖는다. 다른 구체예에서, 실리콘 조성물은 25°C에서 약 400 또는 약 3,500 cps의 점도를 갖는다. 실리콘 조성물의 점도는 ASTM D 1084 또는 ASTM D4287을 이용하여 계산될 수 있다.

[0112] 다시 돌아가서, 일 구체예에서, 도 7에 도시된 바와 같이, 실리콘 조성물로 적어도 일부 코팅된 복수의 섬유(27)는 제2 (최외각) 층(26)을 가로질러 모듈의 양 단부 상의 모듈(20)의 주변부(36)로 측면(L), 즉 측방향 연장한다. 본원에서 사용되는 용어 "단부"는 모듈(20)의 전면, 후면 및/또는 측면 주변부를 포함한다. 복수의 섬유(27)는 모듈(20)의 한 단부에서 다른 단부로 완전히 연장할 수 있다. 복수의 섬유(27)는 일부 섹션에 코팅되고 다른 섹션에 코팅되지 않을 수 있거나, 전부 코팅될 수 있다. 일 구체예에서, 코팅되지 않은 섬유(27)는 제2 (최외각) 층(26)의 일부를 가로질러 주변부(36)로 연장하며, 코팅된 섬유는 제2 (최외각) 층(26)의 다른 일부를 가로질러 연장한다. 복수의 섬유(27) 및/또는 제2 (최외각) 층(26)은 광전지(24) 상에 배치될 때 광전지(24)를 완전히 덮을 수 있다. 대안적으로, 복수의 섬유(27) 및/또는 제2 (최외각) 층(26)은 그 위에 배치될 때 광전지(26)를 완전히 덮을 수 없고 갭이 존재할 수 있다.

[0113] 복수의 섬유(27)를 포함한 제2 (최외각) 층(26)은 통상적으로 제1 최외각층(22)과 광전지(24)와 같은 크기이다. 그러나, 일 구체예에서, 제2 (최외각) 층(26)은 광전지(24) 보다 작고, 단지 광전지(24)의 일부에 걸쳐 연장한다. 다른 구체예에서, 제2 (최외각) 층(26)은 각각 125 mm의 길이 및 폭을 갖는다. 또다른 구체예에서, 제2 (최외각) 층(26)은 각각 156 mm의 길이 및 폭을 갖는다. 물론, 복수의 섬유(27) 및 제2 (최외각) 층(26), 및 본 발명은 이러한 치수로 제한되지 않는 것으로 이해될 것이다.

[0114] 다시 모듈(20)과 관련하여, 모듈(20)은 또한 지지층(28)을 포함할 수 있다. 지지층(28)은 제1 최외각층(22)과 동일하거나 상이할 수 있다. 일 구체예에서, 지지층(28)은 제2 층(26)이 내부층일 때 제2 층(26) 상에 배치된 제2 최외각층이다. 이러한 구체예에서, 지지층(28)은 제1 최외각층(22)에 마주하게 배치되고, 모듈(20)을 지지하기 위해 사용된다. 다른 구체예에서, 지지층(28)은 유리를 포함한다. 다른 구체예에서, 지지층(28)은 폴리

이미드, 폴리에틸렌, 에틸렌-비닐 아세테이트 코폴리머, 에틸렌 테트라플루오로에틸렌 (ETFE), 폴리비닐플루오라이드 (Tedlar[®]), 폴리에스테르/Tedlar[®], Tedlar[®]/폴리에스테르/Tedlar[®], 폴리에틸렌 테레프탈레이트 (PET)를 포함하지만 이에 제한되지 않는 유기 플루오로폴리머 단독 또는 실리콘 및 산소 계열 물질 (SiO_x)로 적어도 일부 코팅된 것들 중 적어도 하나, 또는 이들의 조합물을 포함한다. 다른 구체예에서, 지지층(28)은 Tedlar[®]를 포함한다. 당해 분야에 공지된 바와 같이, Tedlar[®]는 폴리비닐플루오라이드이다. 일 구체예에서, 지지층(28)은 폴리비닐플루오라이드 및 폴리에틸렌의 균으로부터 선택된다.

[0115] 통상적으로, 지지층(28)은 50 내지 500, 더욱 통상적으로 100 내지 225, 및 가장 통상적으로 175 내지 225 마이크로미터의 두께를 갖는다. 일 구체예에서, 지지층(28)은 각각 125 mm의 길이 및 폭을 갖는다. 다른 구체예에서, 일 구체예에서, 지지층(28)은 각각 156 mm의 길이 및 폭을 갖는다. 물론, 지지층(28) 및 본 발명은 이러한 치수로 제한되지 않는 것으로 이해될 것이다.

[0116] 제2 (최외각) 층(26) 및 지지층(28) 이외에, 모듈(20)은 또한 타이 층(30)을 포함할 수 있다. 타이 층(30)은 광전지(24) 상에, 및 광전지(24)와 제1 최외각층(22) 상에 샌드위치되게 배치될 수 있다. 대안적으로, 타이 층(30)은 모듈(20)의 임의의 다른 부분에 배치될 수 있다. 모듈(20)은 하나 초과 타이 층(30)을 포함할 수 있고, 제2, 제3, 및/또는 추가 타이 층을 포함할 수 있다. 제2, 제3, 및/또는 추가 타이 층은 타이 층(30)과 동일하거나 상이할 수 있다. 타이 층(30)은 상술된 실리콘 조성물과 동일하거나 상이할 수 있는 제2 실리콘 조성물을 포함할 수 있다. 일 구체예에서, 제2 실리콘 조성물은 상술된 바와 같이 실리콘 조성물과 상이하다.

[0117] 일 구체예에서, 도 3, 4, 10 및 11에 도시된 바와 같이, 모듈(20)은 제1 최외각층(22) 상에 배치되고 제1 최외각층(22)과 광전지(24) 사이에 샌드위치된 타이 층(30)을 포함한다. 타이 층(30)은 UV 및/또는 가시광에 대해 투명하거나, 광에 대해 불투명하거나, 불투명할 수 있다.

[0118] 타이 층(30)은 1.1 내지 100 mm의 침투를 가질 수 있다. 여러 구체예에서, 타이 층(30)은 1.3 내지 100 mm 및 더욱 통상적으로 2 내지 55 mm의 침투를 갖는다. 침투는 먼저 경도를 계산한 후에 침투를 계산함으로써 결정된다. 이에 따라, 타이 층(30)은 통상적으로 5 내지 500, 더욱 통상적으로 5 내지 400, 및 가장 통상적으로 10 내지 300의 힘의 그램(g)의 경도(hardness in gram(g))를 갖는다. 더욱 상세하게, 경도는 Stable Micro Systems로부터 상업적으로 입수가능한 0.5 인치(1.27 cm) 직경의 강철 프로브를 이용한 TA-XT2 Texture Analyzer를 이용하여 결정된다. 12 g의 질량을 갖는 타이 층(30)의 시험 샘플은 100°C에서 10분 동안 가열되며 당해 분야에 공지된 바와 같이 하기 시험 파라미터를 이용하여 경도에 대해 분석된다: 2 mm/sec 예비 시험 및 후속 시험 속도; 1 mm/s 시험 속도; 4 mm 타겟 거리; 60 초 유지; 및 5 g 힘유발 수치. 최대 그램 힘은 타이 층(30)에서 4 mm 거리에서 측정된다.

[0119] 타이 층(30)은 또한 -0.6 g.초 미만의 접착도(tack value)를 가질 수 있다. 여러 구체예에서, 타이 층(30)은 -0.7 내지 -300 g.초, 및 더욱 통상적으로 -1 내지 -100 g.초의 접착도를 갖는다. 일 구체예에서, 타이 층(30)은 약 -27 g.초의 접착도를 갖는다. 접착도는 Stable Micro Systems로부터 상업적으로 입수가능한 0.5 인치(1.27 cm) 직경의 강철 프로브를 이용한 TA-XT2 Texture Analyzer를 이용하여 결정된다. 프로브가 4 mm의 깊이로 타이 층(30)에 삽입된 후에, 2 mm/초의 속도로 빼낸다. 접착도는 타이 층(30)으로부터 프로브를 빼내는 동안에 전체 면적(힘-시간)으로서 계산된다. 접착도는 그램.초로 표시된다.

[0120] 타이 층(30)은 통상적으로 점착성이고, 겔, 검, 액체, 페이스트, 수지 또는 고체일 수 있다. 일 구체예에서, 타이 층(30)은 필름이다. 다른 구체예에서, 타이 층(30)은 겔이다. 또다른 구체예에서, 타이 층(30)은 경화되어(예를 들어, 사전 경화되어) 겔을 형성하는 액체이다. 대안적으로, 타이 층(30)은 다중 세그먼트를 포함할 수 있으며, 세그먼트 및 전체 타이 층(30)이 상술된 바와 같이 적절한 침투 및 접착도를 갖는 한, 각 세그먼트는 상이한 조성 및/또는 상이한 형태(예를 들어, 겔 및 액체)를 포함한다. 타이 층(30)으로서 사용하기 위한 적합한 겔의 예는 미국특허 제5,145,933, 4,340,709, 및 6,020,409호에 기술되어 있으며, 이들 문헌 각각은 본원에 이러한 겔에 관한 참고로 포함된다. 타이 층(30)은 임의의 형태를 가질 수 있는 것으로 이해된다. 통상적으로, 타이 층(30)은 ASTM D4287에 따라 Brookfield DVIII 콘 및 플레이트 점도계를 이용하여 25°C에서 측정된 10 내지 100,000 mPa.s의 점도를 갖는다. 타이 층(30)은 또한 통상적으로 7 x 10² 내지 6 x 10⁵ dynes/cm²의 탄성률 (경화시 G')을 갖는다.

[0121] 일 구체예에서, 타이 층(30)에는 갇힌 공기(entrapped air)(버블)가 실질적으로 존재하지 않는다. 용어 "실질적으로 존재하지 않는"은 타이 층(30)에서 공기 버블이 시각적으로 보이지 않음을 의미한다. 다른 구체예에서,

타이 층(30)은 시각적 및 현미경적 공기 버블 모두를 포함하는 갇힌 공기가 전혀 존재하지 않는다.

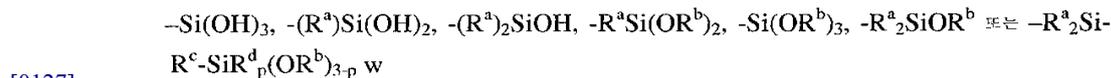
[0122] 타이 층(30)은 당해 분야에 공지된 임의의 적합한 화합물로부터 형성될 수 있다. 타이 층(30)은 무기 화합물, 및 유기 화합물, 또는 유기 화합물 및 무기 화합물의 혼합물로부터 형성되고/거나 이를 포함할 수 있다. 이러한 화합물들은 경화성을 요구할 수 있거나 그렇지 않을 수 있다. 일 구체예에서, 타이 층(30)은 실리콘 원자를 포함하는 경화성 조성물로부터 형성된다. 타이 층(30)은 미국특허번호 제6,020,409 및 6,169,155호에 기술된 것과 같은 경화성 실리콘 조성물로부터 완전히 형성될 수 있으며, 이러한 문헌은 이러한 경화성 실리콘 조성물에 대한 참고로 본원에 포함된다. 다른 구체예에서, 타이 층(30)의 경화성 조성물은 에틸렌-비닐 아세테이트 코폴리머, 폴리우레탄, 에틸렌 테트라플루오로에틸렌, 폴리비닐플루오라이드, 폴리에틸렌 테레프탈레이트, 및 이들의 조합물 중 적어도 하나를 포함한다. 대안적으로, 타이 층(30)은 하나 이상의 성분 (A) 내지 (E)를 포함하는 경화성 조성물로부터 형성될 수 있다. 성분 (A)는 당해 분야에 공지된 임의의 유기 및/또는 무기 화합물을 포함할 수 있고, 탄소 및 실리콘 원자 둘 모두를 포함한다. 통상적으로, 성분 (A)는 디유기폴리실록산을 포함한다. 디유기폴리실록산은 높은 수(Mn) 및/또는 중량평균(Mw) 분자량을 가질 수 있고, 하기에 보다 상세히 기술되는, 성분 (B)와 경화하도록 디자인된 분자 당 적어도 두 개의 반응성기를 갖는 실리콘 겜일 수 있다. 대안적으로, 디유기폴리실록산은 수지일 수 있거나 겜 및 수지를 포함할 수 있다. 디유기폴리실록산은 통상적으로 실질적으로 선형인 분자 구조를 갖는다. 그러나, 이러한 구조는 일부 분지될 수 있다. 일 구체예에서, 디유기폴리실록산은 상기에서 정의된 유기실리콘 화합물과 동일하다. 물론, 성분 (A)는 독립적으로 유기실리콘 화합물로부터 선택될 수 있는 것으로 이해될 것이다.

[0123] 성분 (A)의 적합한 예는 디메틸알케닐실록시-말단 디메틸폴리실록산, 메틸알케닐실록산과 디메틸실록산의 디메틸알케닐실록시-말단 코폴리머, 메틸페닐실록산과 디메틸실록산의 디메틸알케닐실록시-말단 코폴리머, 메틸페닐실록산, 메틸알케닐실록산과 디메틸실록산의 디메틸알케닐실록시-말단 코폴리머, 디페닐실록산과 디메틸실록산의 디메틸알케닐실록시-말단 코폴리머, 디페닐실록산, 메틸알케닐실록산과 디메틸실록산의 디메틸알케닐실록시-말단 코폴리머, 및 이들의 조합물을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다.

[0124] 대안적으로, 성분 (A)는 동일하거나 상이할 수 있는 히드록실 또는 가수분해가능한 기 X 및 X¹을 갖는 화합물을 포함할 수 있다. 이러한 기들은 말단 기일 수 있거나 그렇지 않을 수 있고, 통상적으로 입체적으로 방해되지 않는다. 예를 들어, 이러한 화합물은 하기 화학식을 가질 수 있다:

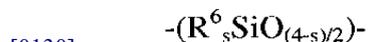


[0126] 상기 식에서, X 및/또는 X¹은 하기 기들 중 임의의 것을 포함하고/거나 종결될 수 있다:



[0128] 여기서, 각 R^a는 독립적으로 일가 히드록카르빌기, 예를 들어, 1개 내지 8개의 탄소 원자를 갖는 알킬기를 포함한다. 통상적으로, R^a는 메틸기이다. 각 R^b 및 R^d는 독립적으로 최대 6개의 탄소 원자를 갖는 알킬기 또는 알콕시기일 수 있다. R^c는 통상적으로 최대 6개의 실리콘 원자를 갖는 하나 이상의 실록산 스페이서를 포함할 수 있는 이가 탄화수소기이다. 통상적으로, p는 0, 1, 또는 2이다. 일 구체예에서, X 및/또는 X¹은 수분의 존재 하에 가수분해가능한 작용기를 포함한다.

[0129] 또한, 이러한 화학식에서, (A)는 통상적으로 실록산 분자 사슬을 포함한다. 일 구체예에서, (A)는 하기 화학식의 실록산 단위를 갖는 폴리디유기-실록산 사슬을 포함한다:



[0131] 상기 식에서, 각 R⁶은 독립적으로 임의적으로 염소 또는 불소와 같은 하나 이상의 할로젠기로 치환된 1개 내지 10개의 탄소 원자를 갖는 히드록카르빌기와 같은 유기기이며, s는 0, 1, 또는 2이다. 더욱 상세하게, R⁶은 메틸, 에틸, 프로필, 부틸, 비닐, 시클로헥실, 페닐, 및/또는 톨릴기, 염소 또는 불소로 치환된 프로필기, 예를 들어, 3,3,3-트리플루오로프로필, 클로로페닐, 베타-(피플루오로부틸)에틸 또는 클로로시클로헥실기, 및 이들의

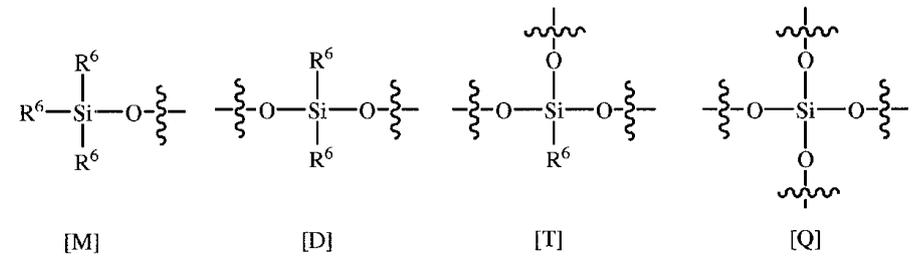
조합을 포함할 수 있다. 통상적으로, 기 R⁶ 중 적어도 일부는 메틸기이다. 가장 통상적으로, R⁶ 기 모두는 메틸기이다. 일 구체예에서, 분자 당 적어도 대략 700개의 상기 화학식의 단위를 갖는다.

[0132] 통상적으로, 성분 (A)는 50 mPa.s 보다 큰 점도를 갖는다. 일 구체예에서, 성분 (A)는 1,000,000 mPa.s 보다 큰 점도를 갖는다. 다른 구체예에서, 성분 (A)는 50 내지 1,000,000, 더욱 통상적으로 100 내지 250,000, 및 가장 통상적으로 100 내지 100,000 mPa.s의 점도를 갖는다. 상술된 점도 각각은 Brookfield DVIII Cone and Plate Viscometer를 이용한 ASTM D4287에 따라 25°C에서 측정된 것이다. 성분 (A)는 통상적으로 타이 층(30)의 경화성 조성물의 100 중량부 당 25 내지 99.5 중량부의 양으로 타이 층(30)의 경화성 조성물에 존재한다.

[0133] 일부 구체예에서, 성분 (A)는 1500 초과와 중합도(dp), 및 95 내지 125의, ASTM D926을 이용하여 결정된 윌리엄스 가소도(Williams plasticity number)를 갖는다. 본원에서 사용되는 가소도(plasticity number)는 35°C에서 3분 동안 49 뉴톤의 압축 로드로 시편을 처리한 후에 부피 2 cm³ 및 높이 대략 10 mm의 실린더형 시험 시편의 밀리미터 두께의 × 100으로서 정의되는 것이다.

[0134] 성분 (B)와 관련하여, 이러한 성분은 통상적으로 실리콘 수지 (M, D, T, 및/또는 Q), 또는 수지의 혼합물을 포함한다. 수지(들)는 성분 (A)와 반응할 수 있는 작용기를 포함할 수 있거나 그렇지 않을 수 있다. 성분 (B)는 용매와 함께 또는 용매 없이 성분 (A)와 조합될 수 있다. 더욱 상세하게, 성분 (B)는 유기실록산 수지, 예를 들어 R⁶₃SiO_{1/2} 단위 및 SiO_{4/2} 단위를 포함하는 MQ 수지, R⁶SiO_{3/2} 단위 및 R⁶₂SiO_{2/2} 단위를 포함하는 TD 수지, R⁶₃SiO_{1/2} 단위 및 R⁶SiO_{3/2} 단위를 포함하는 MT 수지, R⁶₃SiO_{1/2} 단위, R⁶SiO_{3/2} 단위 및 R⁶₂SiO_{2/2} 단위를 포함하는 MT 수지, 및 이들의 조합물을 포함할 수 있다. 이러한 화학식에서, R⁶은 상기에 기술된 바와 같다.

[0135] 상기에서 사용된 기호 M, D, T, 및 Q는 유기실리콘 유체, 고무 (엘라스토머) 및 수지를 포함하는 폴리유기실록산의 구조 단위의 기능성을 나타낸 것이다. 기호는 당해 분야에서 확립된 이해에 따라 사용된다. 이에 따라, M은 일작용성 단위 R⁶₃SiO_{1/2}를 나타내는 것이다. D는 이작용성 단위 R⁶₂SiO_{2/2}를 나타내는 것이다. T는 삼작용성 단위 R⁶SiO_{3/2}를 나타내는 것이다. Q는 사작용성 단위 SiO_{4/2}를 나타내는 것이다. 이러한 단위들의 일반 구조식은 하기에 도시된다:



[0136] 통상적으로, 성분 (B)의 중량평균분자량은 적어도 5,000 및 통상적으로 10,000 g/mol 초과이다. 성분 (B)는 통상적으로 타이 층(30)의 경화성 조성물에 타이 층(30)의 경화성 조성물의 100 중량부 당 0.5 내지 75 중량부의 양으로 존재한다.

[0138] 임의의 특정 이론으로 제한하려고 의도하는 것은 아니지만, 상술된 성분 (A) 및 (B)는 타이 층(30)에 대해 우수한 UV 저항을 제공하는 것으로 여겨진다. 이러한 실리콘의 사용은 모듈(20)에 UV 첨가제 또는 세륨 도핑 유리를 포함시킬 필요성을 감소시키거나 제거할 수 있다. 이러한 실리콘은 또한 장기간 UV 및 가시광 전달을 나타내어 모듈(20)의 효능을 최대화할 수 있다.

[0139] 성분 (C)와 관련하여, 이러한 성분은 통상적으로 경화 촉매를 포함한다. 이러한 촉매는 당해 분야에 공지된 임의의 타입일 수 있고, 통상적으로 촉합 촉매, 하이드로실릴화 촉매, 라디칼 촉매, UV 촉매, 열적 촉매, 및 이들의 조합물의 군으로부터 선택된다. 이러한 촉매의 선택은 생산 및 가공 시간을 >20% 까지 줄일 수 있고, 특정 생산 단계를 완전히 제거할 수 있어, 생산 비용 및 최종 사용자의 구입 비용을 줄일 수 있다.

[0140] 일 구체예에서, 성분 (C)는 상술된 하이드로실릴화 촉매와 동일하다. 다른 구체예에서, 성분 (C)는 =Si-CH₃ 기

및 다른 =Si-CH₃ 기 또는 =Si-CH₃ 기 및 =Si-알케닐 기 (통상적으로, 비닐), 또는 =Si-알케닐 기 및 =Si-알케닐 기를 포함하지만 이에 제한되지 않는 실록산 간에 자유-라디칼 기반 반응을 위해 사용되는 퍼옥사이드 촉매를 포함한다. 적합한 퍼옥사이드 촉매는 2,4-디클로로벤조일 퍼옥사이드, 벤조일 퍼옥사이드, 디쿠밀 퍼옥사이드, 3차-부틸 퍼벤조에이트, 1,1-비스(t-부틸퍼옥시)-3,3,5-트리메틸시클로헥산 (TMCH) (2,5-비스(t-부틸퍼옥시)-2,5-디메틸헥산) 촉매 1,1-비스(3차-아밀퍼옥시)시클로헥산, 에틸 3,3-비스(3차-아밀퍼옥시)부티레이트, 1,1-비스(3차-부틸퍼옥시)시클로헥산, 및 이들의 조합을 포함할 수 있지만, 이에 제한되지 않는다. 이러한 촉매는 순수한 화합물로서 또는 불활성 매트릭스(액체 또는 고체)에 사용될 수 있다.

[0141] 통상적으로, 하나 이상의 퍼옥사이드 촉매가 사용될 때, 경화가 개시되는 온도는 일반적으로 촉매의 반감기를 기준으로 결정/조절된다. 그러나, 경화성 화합물 및 타이 층(30)의 경화 속도 및 최종 물리적 성질은 타이 층(30)을 형성하기 위해 화합물의 포화 수준에 의해 결정된다. 또한, 반응 동력학 및 물리적 성질은 선형의 비반응성 말단 블로킹된 폴리머를 비닐 단부 블로킹되거나 그렇지 않은 디메틸메틸비닐-코폴리머와 상이한 포화도(dp)로 배합함으로써 조절될 수 있다.

[0142] 또다른 구체예에서, 성분 (C)는 축합 촉매를 포함하고, 또한 실리콘 계열 가수분해가능한 기, 예를 들어 아실옥시기 (예를 들어, 아세톡시, 옥타노일옥시, 및 벤조일옥시기), 케톡시미노기 (예를 들어 디메틸 케톡심 및 이소부틸케톡시미노기), 알콕시기 (예를 들어 메톡시, 에톡시, 및 프로폭시기), 알케닐옥시기 (예를 들어 이소프로페닐옥시 및 1-에틸-2-메틸비닐옥시기), 및 이들의 조합물을 포함하는 하나 이상의 실란 또는 실록산 계열 가교제와 축합 촉매의 조합을 포함할 수 있다. 또한, 축합 촉매는 타이 층(30)의 경화성 조성물이 이러한 것들이 습한 분위기에 노출시에 반응하여 영구적 네트워크를 형성하는 시팅 물질(sheeting material)을 형성하도록 제조된 수지 폴리머 블렌드를 포함한다는 것이 고려된다. 대안적으로, 축합 촉매는, 타이 층(30)의 경화성 조성물이 수분 유발된 폴리머와 동시 반응할 수 있는 알콕시-작용성 실리콘 폴리머를 포함할 때, 성분 (C)에서 사용될 수 있다.

[0143] 성분 (C)는 당해 분야에 공지된 임의의 적합한 축합 촉매를 포함할 수 있다. 더욱 상세하게, 축합 촉매는 주석, 납, 안티모니, 철, 카드뮴, 바륨, 망간, 아연, 크롬, 코발트, 니켈, 알루미늄, 갈륨, 게르마늄, 지르코늄, 및 이들의 조합물을 포함할 수 있지만, 이에 제한되지 않는다. 비제한적인 특히 적합한 축합 촉매는 알킬주석 에스테르 화합물, 예를 들어 디부틸주석 디옥토에이트, 디부틸주석 디아세테이트, 디부틸주석 디말레이트, 디부틸주석 디라우레이트, 부틸주석 2-에틸헥소에이트, 철, 코발트, 망간, 납 및 아연의 2-에틸헥소에이트 및 이들의 조합물을 포함한다.

[0144] 대안적으로, 축합 촉매는 각각 화학식 Ti[OR]₄ 또는 Zr[OR]₄를 갖는 티타네이트 및/또는 지르코네이트를 포함할 수 있으며, 여기서 각 R은 동일하거나 상이할 수 있고, 선형 또는 분지형일 수 있고 1개 내지 10개의 탄소 원자를 갖는, 일가의 1차, 2차 또는 3차 지방족 탄화수소기이다. 일 구체예에서, 축합 촉매는 일부 불포화기를 포함하는 티타네이트를 포함한다. 다른 구체예에서, 축합 촉매는 티타네이트 및/또는 지르코네이트를 포함하며, 여기서 R은 메틸, 에틸, 프로필, 이소프로필, 부틸, 3차 부틸, 및/또는 분지된 2차 알킬기, 예를 들어 2,4-디메틸-3-펜틸, 〇ct 이들의 조합을 포함한다. 통상적으로, 각 R이 동일할 때, R은 이소프로필기, 분지된 2차 알킬기 또는 3차 알킬기, 및 특히 3차 부틸기이다. 대안적으로, 티타네이트는 킬레이트화될 수 있다. 킬레이트화는 임의의 적합한 킬레이트제, 예를 들어 알킬 아세틸아세토네이트, 예를 들어 메틸 또는 에틸아세틸아세토네이트로 수행될 수 있다. 적합한 티타늄 및/또는 지르코늄 계열 촉매의 예는 EP 1254192호에 기술되어 있으며, 이는 이러한 촉매에 대한 참고로 본원에 포함된다. 통상적으로, 축합 촉매는, 사용되는 경우에, 타이 층(30)의 전체 경화성 조성물의 0.01 내지 3 중량%의 양으로 존재한다.

[0145] 성분 (C)는 대안적으로 타이 층(30)의 경화성 조성물이 지환족 에폭시 작용기를 포함할 때 사용될 수 있는 양이온성 개시제를 포함할 수 있다. 통상적으로, 양이온성 개시제는 열 및/또는 UV 경화에 대해 적합하고, 타이 층(30)의 경화성 조성물이 가열시에 경화된 네트워크를 형성시키는 아이오늄 또는 설포늄을 포함할 때 사용될 수 있다. 일 구체예에서, 양이온성 개시제는 라디칼 개시제와 조합하여 사용된다. 이러한 조합은 상기에 기술된 것과 같은 적합한 UV-가시광 라디칼 개시제로 감작될 때 UV-가시광 조사에 의해 경화될 수 있다.

[0146] 성분 (D)와 관련하여, 이러한 성분은 선형, 일부 분지된 선형, 환형, 또는 네트형 구조를 가질 수 있는 가교제를 포함한다. 가교제는 독립적으로 또는 상술된 촉매와 조합하여 포함될 수 있다. 가교제는 당해 분야에서 임의로 공지된 것일 수 있고, 통상적으로 상술된 유기하이드로젠실리콘 화합물을 포함한다. 물론, 성분 (D)는 독립적으로 유기하이드로젠실리콘 화합물로부터 선택될 수 있는 것으로 이해될 것이다.

- [0147] 여러 구체예에서, 가교제는 두 개를 가지지만 통상적으로 분자 당 세 개 이상의 실리콘-결합된 가수분해가능한 기를 가질 수 있다. 가교제가 실란이고 분자 당 세 개의 실리콘-결합된 가수분해가능한 기를 갖는 경우에, 가교제는 또한 비-가수분해가능한 실리콘-결합된 유기기를 포함할 수 있다. 이러한 실리콘-결합된 유기기는 통상적으로 불소 및 염소와 같은 할로젠에 의해 임의적으로 치환된 히드로카르빌기이다. 적합한 기의 예는 알킬기, 예를 들어 메틸, 에틸, 프로필, 및 부틸기, 시클로알킬기, 예를 들어, 시클로펜틸 및 시클로헥실기, 알케닐기, 예를 들어 비닐 및 알릴기, 아릴기, 예를 들어 페닐 및 톨릴기, 아르알킬기, 예를 들어 2-페닐에틸기, 및 이의 할로겐화된 유도체를 포함하지만, 이에 제한되지 않는다. 가장 통상적으로, 비-가수분해가능한 실리콘-결합된 유기기는 메틸기이다.
- [0148] 다른 구체예에서, 가교제는 가수분해가능한 기, 예를 들어 아실옥시기 (예를 들어, 아세톡시, 옥타노일옥시, 및 벤조일옥시기), 케톡시미노기 (예를 들어, 디메틸 케톡시모 및 이소부틸케톡시미노기), 알콕시기 (예를 들어, 메톡시, 에톡시, 및 프로폭시기), 알케닐옥시기 (예를 들어, 이소프로페닐옥시 및 1-에틸-2-메틸비닐옥시기), 및 이들의 조합물을 포함한 하나 이상의 실란을 포함한다. 이러한 실록산은 직쇄, 분지쇄, 또는 환형일 수 있다.
- [0149] 상술된 바와 같이, 가교제는 상술된 성분 (C)의 촉매와 조합될 수 있다. 일 구체예에서, 가교제는 옥시모실란 및/또는 아세톡시실란을 포함하고, 주석 촉매, 예를 들어 디유기주석 디카르복실레이트, 디부틸주석 디라우레이트, 디부틸주석 디아세테이트, 디메틸주석 비스네오데카노에이트, 및 이들의 조합물과 조합된다. 다른 구체예에서, 가교제는 티타네이트 및/또는 지르코네이트 촉매, 예를 들어 테트라부틸 티타네이트, 테트라이소프로필 티타네이트, 킬레이트화된 티타네이트 또는 지르코네이트, 예를 들어, 디이소프로필 비스(아세틸아세토닐)티타네이트, 디이소프로필 비스(에틸아세토아세토닐)티타네이트, 디이소프로폭시티타늄 비스((틸아세토아세테이트), 및 이들의 조합물과 조합된 알콕시실란을 포함한다. 대안적으로, 가교제는 실리콘 계열 가수분해가능한 기, 예를 들어 아실옥시기 (예를 들어, 아세톡시, 옥타노일옥시, 및 벤조일옥시기), 케톡시미노기 (예를 들어 디메틸 케톡시모 및 이소부틸케톡시미노기), 알콕시기 (예를 들어 메톡시, 에톡시, 및 프로폭시기) 및 알케닐옥시기 (예를 들어 이소프로페닐옥시 및 1-에틸-2-메틸비닐옥시기)를 포함할 수 있는 하나 이상의 실란 또는 실록산을 포함할 수 있다. 실록산의 경우에, 분자 구조는 직쇄, 분지쇄 또는 환형일 수 있다.
- [0150] 타이 층(30)의 경화성 조성물은 또한 성분 (E)를 포함할 수 있다. 이러한 성분은 통상적으로 고도의 작용성 개질제를 포함한다. 적합한 개질제는 메틸 비닐 환형 유기폴리실록산 구조((E^{Vi}_x)) 및 분지 구조, 예를 들어 $(M^{\text{Vi}}E_x)_4Q$ 구조를 포함하지만, 이에 제한되지 않으며, 이는 이러한 구조에 대한 참고로 본원에 포함되는 EP 1070734호에 기술되어 있다. 포함되는 경우에, 성분 (E)는 당업자에 의해 결정된 양으로 사용될 수 있다.
- [0151] 성분 (A-E) 이외에, 타이 층(30)의 경화성 조성물은 블록 코폴리머, 및/또는 블로 코폴리머 및 실리콘 수지의 혼합물을 추가로 포함할 수 있다. 블록 코폴리머는 단독으로 사용될 수 있지만, 통상적으로 상술된 촉매들 중 하나를 이용하여 경화된다. 블록 코폴리머는 "경질" 세그먼트 (즉, 유리전이온도 $T_g \geq$ 모듈(20)의 작동 온도를 가짐) 및 "연질" 세그먼트 (즉, 유리전이온도 $T_g \leq$ 모듈(20)의 작동 온도를 가짐)를 갖는 열가소성 엘라스토머를 포함할 수 있다. 통상적으로, 연질 세그먼트는 유기폴리실록산 세그먼트이다. 블록 코폴리머는 AB, ABA, 또는 $(AB)_n$ 블록 코폴리머일 수 있다는 것이 고려된다.
- [0152] 더욱 상세하게, 이러한 블록 코폴리머는 스티렌, 메틸 메타크릴레이트, 부틸아크릴레이트, 아크릴로니트릴, 알케닐 모노머, 이소시아네이트 모노머 및 이들의 조합물을 포함하는, 유기 모노머 또는 올리고머, 또는 유기 모노머 및/또는 올리고머의 조합으로부터 제조된 경질 세그먼트 폴리머로부터 제조될 수 있다. 통상적으로, 경질 세그먼트 폴리머는 유기폴리실록산 폴리머와 같은 적어도 하나의 실리콘 원자를 갖는 화합물로부터 제조된 연질 세그먼트 폴리머와 조합되거나 이와 반응된다. 상술된 경질 및 연질 세그먼트 각각은 선형 또는 분지형 폴리머 네트워크 또는 이들의 조합물일 수 있다.
- [0153] 바람직한 블록 코폴리머는 실리콘-우레탄 및 실리콘-우레아 코폴리머를 포함한다. 미국특허번호 제4,840,796 및 4,686,137호 (본원에 이러한 코폴리머에 대한 참고로 포함됨)에 기술된 실리콘-우레탄 및 실리콘-우레아 코폴리머는 실온에서 탄성적인 것과 같은 양호한 기계적 성질을 갖는 물질을 형성하는 것으로 알려져 있다. 이러한 실리콘-우레아/우레탄 코폴리머의 요망되는 성질은 폴리디메틸실록산 (PDMS)의 수준, 사용되는 사슬 연장제의 타입, 및 사용되는 이소시아네이트의 타입을 변경시킴으로써 최적화될 수 있다. 포함되는 경우에, 블록 코폴리머는 통상적으로 타이 층(30)의 경화성 조성물 100 중량부 당 1 내지 100 중량부의 양으로 타이 층(30)의

경화성 조성물에 존재한다.

- [0154] 타이 층(30)의 경화성 조성물은 또한 조작 조건 및 저장 성질을 개선시키기 위하여 경화 억제제를 포함할 수 있다. 경화 억제제는 당해 분야에 공지된 임의의 것일 수 있고, 메틸-비닐 시클릭, 아세틸렌-타입 화합물, 예를 들어 2-메틸-3-부틴-2-올, 2-페닐-3-부틴-2-올, 3,5-디메틸-1-헥센-3-올, 1-에티닐-1-시클로헥산올, 1,5-헥산디엔, 1,6-헵타디엔, 3,5-디메틸-1-헥센-1-인, 3-에틸-3-부텐-1-인 및/또는 3-페닐-3-부텐-1-인, 알케닐실록산 올리고머, 예를 들어 1,3-디비닐테트라메틸디실록산, 1,3,5,7-테트라비닐테트라메틸 시클로테트라실록산, 또는 1,3-디비닐-1,3-디페닐디메틸디실록산, 에티닐기를 포함한 실리콘 화합물, 예를 들어 메틸트리스(3-메틸-1-부틴-3-옥시)실란, 질소 화합물, 예를 들어 트리부틸아민, 테트라메틸에틸렌디아민, 벤조트리아졸, 인 화합물, 예를 들어 트리페닐포스핀, 황 화합물, 히드로퍼옥시 화합물, 이의 말레산 유도체, 및 이들의 조합물을 포함할 수 있지만, 이에 제한되지 않는다. 대안적으로, 경화 억제제는 경화 억제제에 대한 참조로 본원에 포함되는 미국특허번호 제6,020,409 및 6,169,155호에 기술된 경화 억제제로부터 선택될 수 있다. 포함되는 경우에, 경화 억제제는 통상적으로 성분 (A) 100 중량부 당 통상적으로 3 중량부 미만, 더욱 통상적으로 0.001 내지 3 중량부, 및 가장 통상적으로 0.01 내지 1 중량부의 양으로 포함된다.
- [0155] 성분 (A-E) 각각은 당해 분야에서 바디잉(bodilying)으로서 공지된 바와 같이 함께 사전 반응될 수 있다(또는 테더링(tethered)될 수 있다). 일 구체예에서, 실란을 작용성 폴리머는 실란을 작용성 수지에 테더링된다. 이러한 테더링은 통상적으로 축합 및 재-조직화(re-organization)를 포함하고, 염기 또는 산 촉매작용을 이용하여 수행될 수 있다. 테더링은 반응성 또는 비-반응성 유기-실란 종의 포함에 의해 추가로 정제될 수 있다.
- [0156] 또한, 타이 층(30)의 경화성 조성물은 첨가제, 예를 들어 충전제, 확장 충전제(extending filler), 안료, 접착 증진제, 부식 억제제, 염료, 희석제, 오염방지 첨가제, 및 이들의 조합물을 포함할 수 있으며, 이는 상기에서 상세히 기술된 것과 동일하거나 상이할 수 있다. 타이 층(30)의 경화성 조성물은 상기에 상세히 기술된 것을 포함하지만 이에 제한되지 않는 당해 분야에 공지된 임의의 메카니즘에 의해 경화될 수 있다.
- [0157] 일 구체예에서, 타이 층(30)에는 실리콘 계열 수지가 실질적으로 존재하지 않는다. 다른 구체예에서, 타이 층(30)에는 열가소성 수지가 실질적으로 존재하지 않는다. 용어 "실질적으로 존재하지 않는다"는 타이 층(30)의 경화성 조성물 100만 중량부 당 1,000 중량부 미만, 더욱 통상적으로 500 중량부 미만, 및 가장 통상적으로 100 중량부 미만의 타이 층(30) 중 실리콘 계열 수지 및/또는 열가소성 수지의 양을 나타내는 것이다. 다른 구체예에서, 타이 층(30)은 핫멜트 조성물로서, 즉 실온에서 본래 높은 강도 및 유동 저항 (즉, 높은 점도)을 갖는 임의적으로 경화가능한 열경화성 물질로서 분류될 수 있도록 적합한 물리적 성질을 갖지 않는다.
- [0158] 다시 돌아가서, 제2 (최외각) 층(26)은 통상적으로 mil 당 400 내지 800 볼트의 유전 강도를 갖는다. 일 구체예에서, 제2 (최외각) 층(26)은 mil 당 400 내지 500 볼트의 유전 강도를 갖는다. 다른 구체예에서, 제2 (최외각) 층(26)은 mil 당 500 내지 600 볼트의 유전 강도를 갖는다. 또다른 구체예에서, 제2 (최외각) 층(26)은 mil 당 600 내지 700 볼트의 유전 강도를 갖는다. 또다른 구체예에서, 제2 (최외각) 층(26)은 mil 당 700 내지 800 볼트의 유전 강도를 갖는다. 광전지(24) 및 제2 (최외각) 층(26)은 또한 통상적으로 ASTM D903에 따라 인치 당 1 내지 10 파운드의 접착 강도를 갖는다.
- [0159] 상술된 바와 같이, 모듈(20) 자체는, 제1 최외각층(22), 제2 (최외각) 층(26), 및 광전지(24)를 포함하며, 이의 일 예는 도 1에 도시되어 있다. 일 구체예에서, 모듈(20)은 필수적으로 제1 최외각층(22), 광전지(24) 및 제2 (최외각) 층(26)을 포함한다. 다른 구체예에서, 모듈(20)은 필수적으로 제1 최외각층(22), 광전지(24), 제2 (최외각) 층(26), 및 타이 층(30)을 포함한다. 이러한 상술된 구체예 각각에서, 모듈(20)은 임의의 추가 타이 층, 기재, 또는 광전지를 포함하지 않는다. 다른 구체예에서, 도 3 및 도 10에 도시된 바와 같이, 모듈(20)은 제1 최외각층(22), 제1 최외각층(22) 상에 배치되고 이와 직접 접촉되어 있는 타이 층(30), 제1 최외각층(22) 상에 배치되고 이와 이격되어 있는 광전지(24), 및 광전지(24) 상에 배치되고 이와 직접 접촉되어 있는 제2 (최외각) 층(26)을 포함한다.
- [0160] 대안적으로, 모듈(20)은 제1 최외각층(22), 광전지(24), 제2 (최외각) 층(26), 및 전기 도선으로 구성될 수 있거나, 제1 최외각층(22), 광전지(24), 제2 (최외각) 층(26), 타이 층(30), 및 전기 도선으로 구성될 수 있다. 또한 모듈(20)에는 폴리에틸렌 테레프탈레이트, 폴리에틸렌 나프탈레이트, 폴리비닐 플루오라이드, 및/또는 에틸렌 비닐 아세테이트가 존재하지 않거나 포함될 수 있는 것으로 고려된다. 모듈(20)에는 실리콘 폴리머를 제외한 모든 폴리머가 전혀 존재하지 않을 수 있다. 대안적으로, 모듈(20)에는 폴리에틸렌 테레프탈레이트, 폴리에틸렌 나프탈레이트, 폴리비닐 플루오라이드, 및/또는 에틸렌 비닐 아세테이트를 포함하는 임의의 층이 존재하

지 않을 수 있다. 일 구체예에서, 모듈(20)에는 Tedlar[®]가 존재하지 않는다.

- [0161] 본 발명의 방법과 관련하여, 제1 최외각층(22), 광전지(24), 제2 (최외각) 층(26), 타이 층(30), 및/또는 지지층(28) 각각은, 광전지(24)가 제1 최외각층(22) 상에 배치되며 제2 (최외각) 층(26)이 광전지(24) 상에 배치되는 한 모듈(20)에 임의의 순서로 존재할 수 있다. 일 구체예에서, 본 발명의 방법에 대해 상세하게 관련되는 바와 같이 및 도 2 및 도 9에 도시된 바와 같이, 모듈(20)은 제1 최외각층(22), 제1 최외각층(22) 상에 배치된 광전지(24), 광전지(24) 상에 배치된 제2 (최외각) 층(26), 타이 층(26) 상에 배치된 지지층(28)을 포함한다. 다른 구체예에서, 본 방법과 상세하게 관련된 바와 같이 및 도 4 및 도 11에 도시된 바와 같이, 모듈(20)은 제1 최외각층(22), 제1 최외각층(22) 상에 이와 직접 접촉되게 배치되어 있는 타이 층(30), 제1 최외각층(22) 상에 이와 이격되게 배치되어 있는 광전지(24), 광전지 (24) 상에 이와 직접 접촉되게 배치되어 있는 제2 (최외각) 층(26), 및 제2 층(26) 상에 이와 직접 접촉되게 배치되어 있는 지지층(28)을 포함한다. 추가적으로, 모듈(20)은 엣지(edge)를 덮기 위해 모듈(20)의 각 엣지를 따라 배치되어 있는 보호실(protective seal)(도면에 미도시됨)을 포함할 수 있다. 모듈(20)은 또한 통상적으로 알루미늄 및/또는 플라스틱을 포함하는 주변 프레임내에 일부 또는 전부 둘러싸여질 수 있다 (도면에 미도시됨).
- [0162] 본 발명은 또한 도 6a에 도시된 바와 같이 광전지 어레이(32)를 제공한다. 광전지 어레이(32)는 적어도 두 개의 모듈(20)을 포함한다. 통상적으로, 모듈(20)은 적합한 전압을 제공하기 위하여, 상술된 바와 같이 전기적으로 연결된다. 광전지 어레이(32)는 임의의 크기 및 형태를 가질 수 있고 임의의 산업에서 사용될 수 있다. 더욱 상세하게, 도 6a에서, 광전지 어레이(32)는 함께 전기적으로 연결되어 있는 도 1에 도시된 타입의 직렬의 모듈(20)을 포함한다.
- [0163] 본 발명은 또한 모듈(20)을 형성하는 방법을 제공한다. 본 방법과 관련하여, 모듈(20)은 제2 "최외각" 층인 제2 층(26)으로 제한되지 않는다. 본 방법의 모듈(20)은 제1 최외각층(22), 광전지(24), 및 제2 (최외각) 층(26)을 포함할 수 있다. 그러나, 본 방법의 모듈(20)은 제2 최외각층으로서 지지층(28)을 포함할 수 있으며, 제2 층(26)은 최외각층이 아닌 내부층이다. 또한, 본 방법에서 사용되는 실리콘 조성물은 액체 실리콘 조성물이다.
- [0164] 본 방법은 제1 최외각층(22) 상에 광전지(24)를 배치시키는 단계, 광전지(24) 상에 액체 실리콘 조성물을 배치시키는 단계, 및 복수의 섬유(27)를 액체 실리콘 조성물로 적어도 일부 코팅하여 제2 (최외각) 층(26)을 형성시키는 단계를 포함한다. 본 방법은 또한 제1 최외각층(22), 광전지(24), 및 제2 (최외각) 층(26)을 압축시켜 모듈(20)을 형성시키는 단계를 포함한다.
- [0165] 일 구체예에서, 복수의 섬유(27)는 광전지(24) 상에 액체 실리콘 조성물을 배치시키는 단계 이전에 적어도 일부 코팅된다. 이러한 구체예에서, 복수의 섬유(27)는 모듈(22)로부터 별도로 액체 실리콘 조성물로 적어도 일부 코팅될 수 있으며, 즉 제2 (최외각) 층(26)은 사전성형된 시트일 수 있다. 다른 구체예에서, 복수의 섬유(27)는 광전지(24) 상에 액체 실리콘 조성물을 배치시키는 단계 이후에 적어도 일부 코팅된다. 즉, 액체 실리콘 조성물은 광전지(24) 상에 배치될 수 있으며, 이후에 복수의 섬유(27)가 액체 실리콘 조성물 중에 배치되어(예를 들어, 넣어져서) 섬유(27)를 적어도 일부 코팅할 수 있다. 대안적으로, 복수의 섬유(27)는 광전지(24) 상에 배치될 수 있으며, 이후에 액체 실리콘 조성물은 광전지(24) 상에 복수의 섬유(27)에 도포될 수 있다. 또한, 복수의 섬유(27)는 광전지(24) 상에 액체 실리콘 조성물을 배치시키는 단계와 동시에 적어도 일부 코팅될 수 있다. 다시 말해서, 복수의 섬유(27)는 복수의 섬유(27)가 광전지(24) 상에 배치되는 것과 동일한 시간 및 동일한 공간에서 광전지(24) 상에 배치될 수 있다.
- [0166] 광전지(24)는 당해 분야에 공지된 임의의 적합한 메카니즘에 의해 배치될 수 있지만(예를 들어, 도포될 수 있지만), 통상적으로 어플리케이터(applicator)를 이용하여 연속 모드로 배치된다. 일 구체예에서, 광전지(24)는 화학적 기상 증착 또는 물리적 스퍼터링에 의해 제1 최외각층(22) 상에 배치된다. 제1 최외각층(22) 상에 광전지(24)를 배치시키는 다른 적합한 메카니즘은 광전지(24)에 힘을 가하여 광전지(24) 및 제1 최외각층(22)을 더욱 완전히 접촉시킴을 포함한다.
- [0167] 광전지(24) 상에 액체 실리콘 조성물을 배치시키는 단계와 관련하여, 이러한 단계는 또한 분무 코팅, 흐름 코팅, 커튼 코팅, 딥 코팅, 압출 코팅, 나이프 코팅, 스크린 코팅, 라미네이팅, 용융, 붓기(pouring), 브러싱 및 이들의 조합을 포함하지만, 이에 제한되지 않는 당해 분야에 공지된 임의의 적합한 도포법을 포함할 수 있다.
- [0168] 상기에 기술된 바와 같이, 본 방법은 또한 복수의 섬유(27)를 액체 실리콘 조성물로 적어도 일부 코팅하는 단계를 포함한다. 적어도 일부 코팅하는 단계는 분무 코팅, 흐름 코팅, 커튼 코팅, 딥 코팅, 압출 코팅, 나이프 코

팅, 스크린 코팅, 라미네이팅, 용융, 붓기, 브러싱 및 이들의 조합을 포함하지만, 이에 제한되지 않는 당해 분야에 공지된 임의의 수단에 의해 수행될 수 있다. 일 구체예에서, 복수의 섬유(27)는 복수의 섬유(27)를 일정한 양의 액체 실리콘 조성물에 배치시킴으로써 적어도 일부 코팅된다. 다른 구체예에서, 복수의 섬유(27)는 모듈(20)의 부분으로서 적어도 일부 코팅될 수 있다.

[0169] 다른 구체예에서, 실리콘 조성물은 제1 및 제2 파트(part)를 포함하는 다중-파트(multi-part) 시스템으로써 사용자에게 공급된다. 제1 및 제2 파트는 복수의 섬유(27)를 적어도 일부 코팅하기 직전 및/또는 광전지(24) 상에 액체 실리콘 조성물을 배치시키기 바로 전에 혼합될 수 있다. 다른 구체예에서, 본 방법은 액체 실리콘 조성물 및/또는 경화성 조성물을 일부 경화, 예를 들어 "사전-경화"시켜 제2 (최외각) 층(26) 및/또는 타이 층(30)을 각각 형성시키는 단계를 추가로 포함한다. 추가적으로, 본 방법은 액체 실리콘 조성물 및/또는 경화성 조성물을 경화시켜 제2 (최외각) 층(26) 및/또는 타이 층(30)을 각각 형성시키는 단계를 포함할 수 있다. 추가적으로, 복수의 섬유(27)를 적어도 일부 코팅시키는 단계는 복수의 섬유(27) 모두 또는 일부를 캡슐화시킴으로써 추가로 규정될 수 있다. 일 구체예에서, 복수의 섬유(27)를 적어도 일부 코팅시키는 단계는 광전지(24)의 적어도 일부를 캡슐화시키는 것으로서 추가로 규정될 수 있다.

[0170] 추가 구체예에서, 본 방법은 제1 최외각층(22), 광전지(24), 타이 층(26), 지지층(28), 및/또는 타이 층(30)을, 본원에 참고로 포함되는 미국특허번호 6,793,759호에 기술된 바와 같이, 플라즈마로 처리하는 단계를 포함할 수 있다.

[0171] 압축 단계와 관련하여, 심지어 압축 단계 이후에, 광전지(24) 및 제1 최외각층(22)은 직접 접촉될 필요가 없다고 이해될 것이다. 압축 단계는 광전지(24) 및 제1 최외각층(22)에 진공을 가하는 것으로서 추가로 규정될 수 있다. 대안적으로, 기계적 중량, 프레스 또는 롤러 (예를 들어, 핀치 롤러)는 압축을 위해 사용될 수 있다. 제2 (최외각) 층(26)을 가로질러 모듈(20)의 주변(36)으로 측면으로 연장하는 복수의 섬유(27)는 압축 단계 동안에 모듈(20)로부터 액체 실리콘 조성물의 누출을 막는다.

[0172] 또한, 압축 단계는 라미네이팅으로서 추가로 규정될 수 있다. 또한, 본 방법은 모듈(20)에 열을 가하는 단계를 포함할 수 있다. 열은 임의의 다른 단계와 조합하여 가해질 수 있거나 별도의 단계로 가해질 수 있다. 전체 방법은 연속적이거나 배치형일 수 있거나, 연속적 및 배치형 단계의 조합을 포함할 수 있다.

[0173] **실시예**

[0174] 모듈의 형성:

[0175] 본 발명의 방법에 따라 두 개의 모듈(모듈 A 및 B)을 생산하였다. 또한, 4 개의 비교 모듈(비교 모듈 A-D)을 또한 생산하였지만, 본 발명의 방법에 따라 생산하지 않았다. 모듈 A 및 B에서, 복수의 섬유는 제2 층을 가로질러 모듈의 양 단부 상의 모듈의 주변부로 측면 연장하였다.

[0176] 더욱 상세하게, 모듈 A는 하기를 포함한다:

[0177] ASTM E424-71을 이용하여 UV/Vis 분광 광도법으로 측정된 결과 적어도 70%의 광투과율을 갖는, 156 mm x 156 mm x 3.2 mm 제1 최외각층 (유리);

[0178] 제1 최외각층 상에 배치된 156 mm x 156 mm x 200 μm 광전지;

[0179] 광전지 상에 및 이를 걸쳐서 균일하게 배치되고 제1 액체 실리콘 조성물로 적어도 일부 코팅된 복수의 섬유로서 직물 (부직포 유리섬유)을 포함하는 5-mil 제2 층; 및

[0180] 제2 층 상에 배치된 156 mm x 156 mm x 125 μm 지지층 (Tedlar®).

[0181] 모듈 B는 하기를 포함한다:

[0182] ASTM E424-71을 이용하여 UV/Vis 분광 광도법으로 측정된 결과 적어도 70%의 광투과율을 갖는 156 mm x 156 mm x 3.2 mm 제1 최외각층 (유리);

[0183] 제1 최외각층 상에 배치된 156 mm x 156 mm x 200 μm 콘택트 광전지; 및

[0184] 광전지 상에 및 이를 걸쳐서 균일하게 배치되고 제1 액체 실리콘 조성물로 적어도 일부 코팅된 복수의 섬유로서 직물 (부직포 유리섬유)을 포함하는 15-mil 제2 층. 모듈 B는 지지층을 포함하지 않는다.

[0185] 비교 모듈 A는 하기를 포함한다:

- [0186] ASTM E424-71을 사용한 UV/Vis 분광 광도법으로 측정된 결과 적어도 70%의 광투과율을 갖는 156 mm x 156 mm x 3.2 mm 제1 최외각층 (유리);
- [0187] 제1 최외각층 상에 배치된 156 mm x 156 mm x 200 μm 광전지;
- [0188] 광전지 상에 및 이에 걸쳐서 균일하게 배치되고 모듈 1의 액체 실리콘 조성물을 포함하는 15-mil 제2 층; 및
- [0189] 타이 층 상에 배치된 156 mm x 156 mm x 125 μm 지지층 (Tedlar[®]). 비교 모듈 A는 복수의 섬유를 포함하지 않는다.
- [0190] 비교 모듈 B는 하기를 포함한다:
- [0191] ASTM E424-71을 사용한 UV/Vis 분광 광도법으로 측정된 결과 적어도 70%의 광투과율을 갖는 156 mm x 156 mm x 3.2 mm 제1 최외각층 (유리);
- [0192] 제1 최외각층 상에 배치된 156 mm x 156 mm x 200 μm 광전지; 및
- [0193] 광전지 상에 및 이에 걸쳐서 균일하게 배치되고 모듈 B의 액체 실리콘 조성물을 포함하는 15-mil 제2 층. 비교 모듈 B는 복수의 섬유 또는 지지층을 포함하지 않는다.
- [0194] 비교 모듈 C는 하기를 포함한다:
- [0195] ASTM E424-71을 사용한 UV/Vis 분광 광도법으로 측정된 결과 적어도 70%의 광투과율을 갖는 156 mm x 156 mm x 3.2 mm 제1 최외각층 (유리);
- [0196] 제1 최외각층 상에 배치된 156 mm x 156 mm x 200 μm 광전지;
- [0197] 광전지 상에 및 이에 걸쳐서 균일하게 배치되고 에틸렌 비닐 아세테이트 폴리머로 적어도 일부 코팅된 복수의 섬유로서 직물 (부직포 유리섬유)를 포함하는 15-mil 제2 층; 및
- [0198] 타이 층 상에 배치된 156 mm x 156 mm x 125 μm 지지층 (Tedlar[®]). 비교 모듈 C는 실리콘을 포함하지 않는다.
- [0199] 비교 모듈 D는 하기를 포함한다:
- [0200] ASTM E424-71을 사용한 UV/Vis 분광 광도법으로 측정된 결과 적어도 70%의 광투과율을 갖는 156 mm x 156 mm x 3.2 mm 제1 최외각층 (유리);
- [0201] 제1 최외각층 상에 배치된 156 mm x 156 mm x 200 μm 광전지; 및
- [0202] 광전지 상에 및 이에 걸쳐서 균일하게 배치되고 에틸렌 비닐 아세테이트 폴리머로 적어도 일부 코팅된 복수의 섬유로서 직물 (부직포 유리섬유)를 포함하는 15-mil 제2 층. 비교 모듈 D는 실리콘 또는 지지층을 포함하지 않는다.
- [0203] 유리는 AFG Industries, Inc.에서 상품명 Solatex[®] 2000으로 상업적으로 입수가 가능하다. 부직포 유리섬유는 Crane Nonwovens (Dalton, MA)에서 상업적으로 입수가 가능하다. 부직포 폴리에스테르는 또한 Crane Nonwovens (Dalton, MA)에서 상업적으로 입수가 가능하다. 광전지는 Trina Solar 및 BP Solar에서 상업적으로 입수가 가능하다. Tedlar[®]는 DuPont에서 상업적으로 입수가 가능하다. 에틸렌 비닐 아세테이트 폴리머는 또한 DuPont에서 상업적으로 입수가 가능하다. 제1 및 제2 액체 실리콘 조성물은 하기 표 1에 기술되어 있으며, 여기서 달리 명시되지 않는 한 모든 부는 중량부이다. 형성 후에, 모듈 1 및 2, 및 비교 모듈 1-4를 제2 층에 빈 공간 (Void Space)의 존재를 결정하기 위해 시각적으로 평가하였다. 이러한 평가의 결과는 또한 하기 표 1에 기술되어 있다.

[0204] 표 1

포블레이션	모듈 A	모듈 B	비교 모듈 A	비교 모듈 B	비교 모듈 C	비교 모듈 D
제 1/ 제 2 실리콘 조성물	예	예	예	예	---	---
폴리머 1	88.31	47.10	88.31	47.10	---	---
폴리머 2	8.96	4.61	8.96	4.61	---	---
폴리머 3	0.60	0.74	0.60	0.74	---	---
접착 증진제 1	1.01	0.98	1.01	0.98	---	---
접착 증진제 2	1.01	0.98	1.01	0.98	---	---
촉매	0.06	0.25	0.06	0.25	---	---
경화 개시제	0.06	0.01	0.06	0.01	---	---
충진제	---	45.33	---	45.33	---	---
전체	~ 100	~ 100	~ 100	~ 100	---	---
SiH: SiVi 비율	0.95	1.05	0.95	1.05	---	---
폴리머 2: 폴리머 3의 중량비율	15.00	6.27	15.00	6.27	---	---
촉매로부터의 백금의 양	5.05	12.76	5.05	12.76	---	---

[0205]

(ppm)						
에틸렌 비닐 아세테이트 (EVA) 폴리머	---	---	---	---	예	예
부직포 유리섬유	예	---	---	---	예	---
부직포 폴리에스테르	---	예	---	---	---	예
Tedlar®	예	---	예	---	예	---
실리콘/EVA의 두께(mi l)	5	15	15	15	9	15
빈 공간	아니오	아니오	아니오	예	아니오	아니오

[0206]

[0207] 폴리머 1은 25°C에서 450 mPa.s의 점도를 가지고 0.46 중량% Si-비닐 결합을 포함하는 비닐디메틸실릴 말단-블로킹된 폴리디메틸실록산이다.

[0208] 폴리머 2는 10 mPa.s의 점도 및 0.16 중량%의 Si-H 결합을 갖는 디메틸하이드로젠실릴 말단 폴리디메틸실록산이다.

[0209] 폴리머 3은 5 mPa.s의 점도를 가지고 0.76 중량%의 Si-H 결합을 포함하는 트리메틸실릴 말단 폴리디메틸실록산-메틸하이드로젠실록산 코폴리머이다.

[0210] 접착 증진제1은 트리메틸실릴- 및 디메틸비닐실릴-처리된 실리카 및 유기작용성 실란의 반응 생성물로서, 25 mPa.s의 점도를 갖는다.

[0211] 접착 증진제2는 트리메틸실릴- 및 디메틸비닐실릴-처리된 실리카 및 에폭시 작용성 실란의 반응 생성물로서 25 mPa.s의 점도를 갖는다.

[0212] 촉매는 1,3-디에테닐-1,1,3,3-테트라메틸디실록산의 백금 착물을 포함하는 백금 촉매이다.

[0213] 경화 억제제는 4의 평균 DP, 344 g/mol의 중량평균분자량, 및 31.4 중량%의 Si-비닐기와 함께 3 mPa.s의 점도를 갖는 메틸비닐시클로실록산이다.

[0214] 충전제는 3 μm의 평균 입자 크기를 갖는 석영 충전제이다.

[0215] 상기 표 1에 기술된 바와 같이, 본 발명의 모듈 A 및 B는, 모듈 A의 타이 층에서 실리콘의 감소된 두께를 통해 기술된 바와 같이, 보다 적은 물질, 즉 보다 적은 실리콘으로 형성될 수 있다. 이는 생산 시간, 비용 및 복잡성을 감소시킨다. 모듈 A 및 B는 또한 빈 공간을 포함하지 않는다. 이는 모듈의 구조적 강도 및 안정성을 증가시킨다. 상술된 바와 같이, 모듈 A 및 B는 본 발명의 방법에 의해 형성되며, 여기서 복수의 섬유는 압축 단계 동안에 모듈로부터 액체 실리콘 조성물의 노출을 막기 위하여 제2 층을 가로질러 모듈의 양 단부 상의 모듈의 주변부로 측면으로 연장한다.

[0216] 추가 층의 형성:

[0217] 추가 층(층 A-E)을 형성시키고, 유전 강도 (볼트/mil) 및 보정된 유전 강도 (볼트/mil)를 결정하기 위해 평가하였다. 층 A-E를 생성시키고 임의의 제1 최외각층 및 임의의 광전지와 별도로 평가하였다. 층 A는 단지 에틸렌 비닐 아세테이트를 포함하고, 복수의 섬유를 포함하지 않고, 본 발명의 타이 층을 의미하지 않는다. 층 B는 단지 실리콘 조성물을 포함하고, 복수의 섬유를 포함하지 않고, 본 발명의 제2 (최외각) 층을 의미하지 않는다. 층 C는 본 발명의 하나의 가능한 제2 (최외각) 층을 의미하고, 층 B의 실리콘 조성물을 포함하고, 실리콘 조성물로 적어도 일부 코팅된 복수의 폴리에스테르 섬유를 포함한다. 더욱 상세하게, 층 C는 4 mil 두께를 갖는 부직포 폴리에스테르 섬유의 층을 포함한다. 층 D는 본 발명의 다른 가능한 제2 (최외각) 층을 의미하고, 층 B의 실리콘 조성물을 포함하고, 실리콘 조성물로 적어도 일부 코팅된 복수의 유리 섬유를 포함한다. 더욱 상세하게, 층 D는 4 mil 두께의 부직포 유리섬유의 층을 포함한다. 층 E는 본 발명의 또다른 가능한 제2 (최외각) 층을 의미하고, 층 B의 실리콘 조성물을 포함하고, 실리콘 조성물로 적어도 일부 코팅된 복수의 유리섬유의 2개의 층을 포함한다. 층 A-E 및 유전 강도 및 보정된 유전 강도의 평가 결과는 하기 표 2에 기술된다.

[0218] 표 2

	층 A	층 B	층 C	층 D	층 E
실리콘 조성물	아니오	예	예	예	예
폴리머 1	---	90.81	90.81	90.81	90.81
폴리머 2	---	8.5	8.5	8.5	8.5
폴리머 3	---	0.57	0.57	0.57	0.57
촉매	---	0.06	0.06	0.06	0.06
경화 억제제	---	0.06	0.06	0.06	0.06
전체	---	100	100	100	100
SiH: SiVi 비율	---	1.1	1.1	1.1	1.1
Pt 함량 (ppm)	---	4.9	4.9	4.9	4.9
에틸렌 비닐 아세테이트(EVA) 폴리머	예	아니오	아니오	아니오	아니오
부직포 유리섬유 (4 mils)	아니오	아니오	아니오	예	예 (2 층: 4+5 mil)
부직포 폴리에스테르 (4 mils)	아니오	아니오	예	아니오	아니오
실리콘 +(부직포 또는 EVA)의 두께 (mils)	17	21	19	19	20
유전 강도	907	720	752	737	790

(Volts/mil)					
보정된 유전 강도 (17 mil) (Volts/mil)	907	795	데이터 없음	데이터 없음	데이터 없음

[0220] 표 2에서, 폴리머 1-3, 촉매, 및 경화 억제제는 표 1에 기술된 것과 동일하다. 상기 기술된 데이터는, 본 발명

의 층들이 본 발명이 아닌 비교 층과 같이 또는 이보다 양호하게 수행한다는 것을 시사하는 것이다. 이러한 데이터는, 본 발명의 복수의 섬유 및 실리콘 조성물이 실리콘의 조절된 확산, 압축 단계 동안에 모듈로부터 실리콘 조성물의 누출에 대한 저항을 통해 사용되는 실리콘 조성물 양의 최소화, 최소화된 폐기물, 및 모듈의 두께 및 크기의 증가된 일관성으로 인하여 광전지 모듈의 비용 효율적이고 반복가능한 생산을 가능하게 함을 제시하는 것이다. 복수의 섬유 및 실리콘 조성물은 지지층 없이 모듈의 형성을 가능하게 하여, 비용, 생산 복잡성 및 모듈을 형성시키는데 필요한 시간을 감소시킨다.

[0222] 하이드로실릴화-경화성 실리콘 조성물의 형성:

[0223] 하기 표 3에 기술된 바에 같이, 일련의 하이드로실릴화-경화성 실리콘 (조성물 1-10)을 생산하였다. 형성 후에, 조성물 1-10을 약 125°C에서 15 내지 20분 동안에 가열되어 본 발명의 제2 (최외각) 층의 여러 구체예를 나타내는 대응하는 층(층 1-10)의 3개의 그룹을 경화시키고 형성시켰다. 층 1-10을 하기에 추가로 기술된 바와 같이, 여러 물리학적 성질에 대해 평가하였다.

[0224] **표 3**

	조성물 1	조성물 2	조성물 3	조성물 4
분지형 유기실리콘 화합물	---	---	---	3.93
선형 유기실리콘 화합물 1	90.8	35.1	43.15	---
선형 유기실리콘 화합물 2	---	---	---	92.35
선형 유기실리콘 화합물 3	---	---	5.68	---
유기히드로젠실리콘 화합물 1 (사슬 연장제)	8.5	---	4.9	---
유기히드로젠실리콘 화합물 2 (가교제)	0.57	1.44	0.61	3.62
억제제	0.07	0.19	0.025	0.03
촉매 1	---	0.09	---	---
촉매 2	0.06	---	0.065	0.07
충진제	---	55.38	44.55	---
안료	---	7.57	---	---
접착 증진제 1	---	---	1.01	---
접착 증진제 2	---	0.226	---	---
전체 중량%	100.00	100.00	99.99	100.00
SiH/SiVi 비율	1.1	1.12	1.04	1.49
가교제에 대한 사슬 연장제의 비율	15	N/A	8	N/A
Pt 농도 (ppm)	4.9	5.4	5.7	6.0

[0225]

	조성물 5	조성물 6	조성물 7	조성물 8
분지형 유기실리콘 화합물	6.74	9.33	13.19	9.29
선형 유기실리콘 화합물 1	---	---	---	---
선형 유기실리콘 화합물 2	88.01	84.03	78.18	74.09
선형 유기실리콘 화합물 3	---	---	---	10.01
유기히드로젠실리콘 화합물 1 (사슬 연장제)	---	---	---	---
유기히드로젠실리콘	5.16	6.54	8.53	6.51

[0226]

화합물 2 (가교제)				
억제제	0.03	0.04	0.03	0.03
촉매 1	---	---	---	---
촉매 2	0.07	0.07	0.07	0.07
충전제	---	---	---	---
안료	---	---	---	---
접착 증진제 1	---	---	---	---
	---	---	---	---
전체 중량%	100.01	100.01	100.00	100.00
SiH/SiVi 비율	1.51	1.51	1.50	1.53
가교제에 대한 사슬 연장제의 비율	N/A	N/A	N/A	N/A
Pt 농도(ppm)	6.0	5.8	6.0	5.7

[0227]

	조성물 9	조성물 10
분지형 유기실리콘 화합물	4.68	4.67
선형 유기실리콘 화합물 1	---	---
선형 유기실리콘 화합물 2	42.11	37.22
선형 유기실리콘 화합물 3	---	5.03
유기하이드로젠실리콘 화합물 1 (사슬 연장제)	---	---
유기하이드로젠실리콘 화합물 2 (가교제)	3.32	3.32
억제제	0.01	0.03
촉매 1	---	---
촉매 2	0.07	0.06
충전제	49.81	49.67
안료	---	---
접착 증진제 1	---	---
접착 증진제 2	---	---
전체 중량%	100.00	100.00
SiH/SiVi 비율	1.54	1.54
가교제에 대한 사슬 연장제의 비율	N/A	N/A
Pt 농도(ppm)	5.72	5.72

[0228]

[0229]

분지형 유기실리콘 화합물은 분자 당 두 개의 말단 불포화된 (즉, 비닐) 부분 및 분자 당 적어도 하나의 펜던트 불포화된 (즉, 비닐) 부분을 포함하고, 약 620의 평균 중합도, 약 46,000 g/mol의 중량평균분자량, ASTM D4287에 따라 결정된 25°C에서의 약 15,000 cps의 점도, 및 약 7.7%의 비닐기의 중량%를 갖는 폴리디메틸실록산이다.

[0230]

선형 유기실리콘 화합물 1은 분자 당 두 개의 말단 불포화된 (즉, 비닐) 부분을 포함하고, 약 297의 평균 중합도, 약 22,000 g/mol의 중량평균분자량, ASTM D4287에 따라 결정된 25°C에서의 약 21,000 cps의 점도, 및 약 0.21%의 비닐기의 중량%를 갖는 폴리디메틸실록산이다.

[0231]

선형 유기실리콘 화합물 2는 분자 당 두 개의 말단 불포화된 (즉, 비닐) 부분을 포함하고, 약 155의 평균 중합도, 약 11,500 g/mol의 중량평균분자량, ASTM D4287에 따라 결정된 25°C에서의 약 450 cps의 점도, 및 약 0.46%의 비닐기의 중량%를 갖는 폴리디메틸실록산이다.

[0232]

선형 유기실리콘 화합물 3은 분자 당 두 개의 말단 불포화된 (즉, 비닐) 부분을 포함하고, 약 837의 평균 중합도, 약 62,000 g/mol의 중량평균분자량, ASTM D4287에 따라 결정된 25°C에서의 약 55,000 cps의 점도, 및 약 0.088%의 비닐기의 중량%를 갖는 폴리디메틸실록산이다.

[0233]

유기하이드로젠실리콘 화합물 1은 디메틸하이드로젠 말단 디메틸 실록산 사슬 연장제로서, 약 12의 평균 중합도, 약 894 g/mol의 중량평균분자량, ASTM D4287에 따라 결정된 25°C에서의 약 10 센티스토크(centistoke)의 점도, 및 약 0.16%의 Si-H기의 중량%를 갖는다.

- [0234] 유기하이드로겐실리콘 화합물 2는 트리메틸실록시 말단화된 디메틸 메틸하이드로겐 실록산인 가교제이다. 이러한 가교제는 약 10의 평균 중합도, 약 684 g/mol의 중량평균분자량, ASTM D4287에 따라 결정된 25℃에서의 약 5 센티스토크의 점도, 및 약 0.76%의 Si-H기의 중량%를 갖는다.
- [0235] 억제제는 약 4의 평균 중합도, 약 344 g/mol의 중량평균분자량, ASTM D4287에 따라 결정된 25℃에서의 약 3 cps의 점도, 및 약 31.4%의 비닐기의 중량%를 갖는 메틸비닐시클로실록산이다.
- [0236] 촉매 1은 약 1.97%의 비닐기의 중량%를 갖는 실리콘 유체 중 백금을 갖는 1,3-디에테닐-1,1,3,3-테트라메틸디실록산 착물이다.
- [0237] 촉매 2는 약 0.86%의 비닐기의 중량%를 갖는 실리콘 유체 중 백금을 갖는 1,3-디에테닐-1,1,3,3-테트라메틸디실록산 착물이다.
- [0238] 충전제는 5 μm의 평균 입자 크기를 갖는 석영 충전제로서, 이의 평균 입자 크기는 1.8 μm이며, 충전제의 97% 이상은 5 μm의 평균 입자 크기를 갖는다.
- [0239] 안료는 아세틸렌 블랙, ZnO, 및 실리콘 유체를 포함한다.
- [0240] 접착 증진제1은 메타크릴록시프로필트리메톡시실란이다.
- [0241] 접착 증진제2는 트리메틸실릴 및 디메틸비닐실릴 처리된 실리카와 에폭시 작용성 실란의 반응 생성물로서, 이는 ASTM D4287에 따라 결정된 25 mPa.s의 점도를 갖는다.
- [0242] 하이드로실릴화 경화성 실리콘 조성물로부터 층의 형성:
- [0243] 다시 상술된 층 1-10과 관련하여, 층 1-10을 3 그룹으로 형성시켰다. 제1 그룹에서, 층 1-10을 임의의 복수의 섬유 없이 형성시켰다. 제2 그룹에서, 층 1-10을 형성시키고, 15 mil 두께의 부직포 유리섬유의 시트를 적어도 일부 코팅하였다. 제3 그룹에서, 층 1-10을 형성시키고 15 mil 두께의 부직포 폴리에스테르 섬유를 적어도 일부 코팅하였다. 형성 후에, 3 그룹 각각으로부터의 층 1-10의 여러 샘플을 평가하여 점도, 경도, 인장 강도, 신장, 절단 강도, 유전 강도, 항복 전압 및 체적 저항을 결정하였다. 이러한 평가 결과를 하기 표 4에 나타내었다.
- [0244] 표 4

	층 1	층 2	층 3	층 4
혼합 점도 (cps)	343	3750	5200	1566
쇼어 00 경도	35	75	73	---
쇼어 A 경도	---	---	---	21
인장 강도 (lb/in ²)	미시험됨	미시험됨	296	154
신장률%	미시험됨	미시험됨	166	161
절단 강도 -복수의 섬유 없음	실패	실패	실패	실패
절단 강도 - 15 mil 유리섬유 포함	통과* ⁺	통과 ⁺	통과 ⁺	실패
절단 강도 - 15 mil 폴리에스테르 포함	미시험됨	통과 ⁺	통과 ⁺	통과 ⁺
유전 강도 (volts/mil)				
복수의 섬유 없음	720	미시험됨	미시험됨	미시험됨
층 두께(mil)	21	미시험됨	미시험됨	미시험됨
유전 강도 (volts/mil)				
9 mil 유리섬유 포함	790	미시험됨	미시험됨	미시험됨
층 두께(mil)	20	미시험됨	미시험됨	미시험됨
항복 전압 (kV)				
복수의 섬유 없음	21 mil에서 15.1	미시험됨	미시험됨	미시험됨

[0245]

15 mil 유리섬유 포함	20mil에서 15.8	미시험됨	미시험됨	미시험됨
체적 저항 (ohm-cm)				
복수의 섬유 없음	미시험됨	미시험됨	미시험됨	미시험됨
15 mil 유리섬유 포함	미시험됨	미시험됨	미시험됨	미시험됨

* 7 mil Tedlar 후면시트가 층 1에 적용될 때 통과를 나타냄

	층 5	층 6	층 7	층 8
혼합 점도 (cps)	1801	1768	1706	3006
쇼어 00 경도	---	---	---	---
쇼어 A 경도	23	27	32	28
인장 강도 (lb/in ²)	282	345	426	459
신장률%	181	155	118	203
절단 강도 -복수의 섬유 없음	Fail	Fail	Fail	Fail
절단 강도 - 15 mil 유리섬유 포함	Pass ⁺	Pass ⁺	Pass ⁺⁺	Pass ⁺⁺
절단 강도 - 15 mil 폴리에스테르 포함	Pass ⁺	Pass ⁺	Pass ⁺⁺	Pass ⁺
유전 강도 (volts/mil)				
복수의 섬유 없음	미시험됨	705	미시험됨	미시험됨
층 두께(mil)	미시험됨	23	미시험됨	미시험됨
유전 강도 (volts/mil)				
15 mil 유리섬유 포함	Not Tested	643	Not Tested	802
층 두께(mil)	Not Tested	24	Not Tested	18
항복 전압 (kV)				
복수의 섬유 없음	미시험됨	16.2 at 23 mils	미시험됨	미시험됨
15 mil 유리섬유 포함	미시험됨	15.4 at 24 mils	미시험됨	14.4 at 18 mils
체적 저항 (ohm-cm)				
복수의 섬유 없음	미시험됨	1.23E+15	미시험됨	1.38E+15
15 mil 유리섬유 포함	미시험됨	1.50E+14	미시험됨	3.94E+14

	층 9	층 10
혼합 점도 (cps)	9700	13,400
쇼어 00 경도	---	---
쇼어 A 경도	70	66
인장 강도 (lb/in ²)	733	708

[0246]

신장률%	72	110
절단 강도 -복수의 섬유 없음	통과	통과
절단 강도 - 15 mil 유리섬유 포함	통과 ⁺⁺⁺	통과 ⁺⁺⁺
절단 강도 - 15 mil 폴리에스테르 포함	통과 ⁺⁺⁺	통과 ⁺⁺⁺
유전 강도 (volts/mil)		
복수의 섬유 없음	781	853
층 두께(mil)	25	20
유전 강도 (volts/mil)		
9 mil 유리섬유 포함	753	855
층 두께(mil)	28	24
항복 전압 (kV)		
복수의 섬유 없음	25 mil에서 19.7	20 mil에서 17.4
15 mil 유리섬유 포함	28mil에서 21	24mil에서 21
체적 저항 (ohm-cm)		
복수의 섬유 없음	1.82E+15	2.81E+15
15 mil 유리섬유 포함	2.45E+15	1.81E+15

[0247]

[0248]

(+)는 절단 시험(Cut-test) 후에 어떠한 홀 또는 천공이 존재하지 않음을 지시하는 층의 정성적 시각 평가이다.

[0249]

(++)는 상기 (+) 보다 우수하고 절단 시험에 노출된 측면으로부터 층의 배면 상에 시각적 돌출 마크가 존재하지 않음을 지시하는 층의 정성적 시각 평가이다.

- [0250] (+++)는 상기 (+) 및 (++) 보다 우수하고 절단 시험에 노출된 층의 측면 상에 임의의 마크의 매우 약간의 가시성(visibility)이 존재함을 지시하는 층의 정성적 시각 평가이다.
- [0251] 혼합 점도는 ASTM D4287에 따라 25℃에서 결정된다.
- [0252] 쇼어(shore) 00 경도는 ASTM D 2240을 이용하여 결정된다.
- [0253] 쇼어 A 경도는 ASTM D 2240을 이용하여 결정된다.
- [0254] 인장 강도(lb/in²)는 ASTM D-412를 이용하여 결정된다.
- [0255] 신장률은 ASTM D-412를 이용하여 결정된다.
- [0256] 절단 강도는 절단 시험(Cut-Test)을 이용하여 결정된다. 절단 시험은 UL-1703 및 IEC 61730-2를 이용하여 수행된다. "통과"의 결정은 하기에 보다 상세히 기술되는 습식-누출 시험(Wet-Leakage test)의 통과 이외에 층에 어떠한 홀 또는 천공이 없다는 시각적 평가를 기초로 하여 이루어진다. 유사하게, "실패"의 결정은 층에 하나 이상의 홀 또는 천공의 시각적 평가 및/또는 습식-누출 시험의 실패를 기초로 하여 이루어진다.
- [0257] 유전 강도 (볼트/mil)는 ASTM D 149를 이용하여 결정된다.
- [0258] 항복 전압 (kV) (또한 당해 분야에서 "Breakthrough Voltage"로서 공지됨)은 유전 강도 (볼트/mil) × 샘플 두께(mil)로서 계산된다.
- [0259] 체적 저항 (ohm-cm)은 ASTM D 257를 이용하여 결정된다.
- [0260] 상기 기술된 데이터는 본 발명의 하이드로실릴화-경화성 실리콘 조성물이 일반적으로 Tedlar 후면 시트 없이 모듈을 효과적으로 형성하여 비용, 생산 복잡성 및 광전지 모듈을 형성시키기 위해 요구되는 시간을 감소시키기 위해 사용될 수 있다는 것을 시사하는 것이다. 데이터는 또한, 선형 유기실리콘 화합물과 분지형 유기실리콘 화합물의 균형적인 사용이 또한 모듈을 강화시킬 수 있고, 값비싼 충전제 및 첨유를 사용할 필요성을 감소시킬 수 있다는 것을 시사한다. 또한, 데이터는 충전제 및/또는 첨유와 함께 선형 및 분지형 유기실리콘 화합물의 사용이 특별한 적용에서 사용하기 위해 모듈에 대한 추가적인 강도를 제공할 수 있음을 시사하는 것이다.
- [0261] 모듈의 형성:
- [0262] 조성물 1, 3, 6, 8, 및 10을 직렬의 모듈(모듈 1, 3, 6, 8 및 10)을 형성하기 위해 사용하였다. 모듈 1, 3, 6, 8, 및 10을 각각 상단에서 하단까지 하기 표 5에 기술된 바와 같이 형성하였다:

[0263] **표 5**

모듈 1,3,6,8,10의 구조	특징	치수
제 1 최외각층(22)	ASTM E424-71을 이용한 UV/Vis 분광법에 의해 결정하여 적어도 70%의 광투과율을 갖는 유리	204 mm X 204 mm X 125 mil
타이 층(30)	*실리콘	204 mm X 204 mm X 15 mil
광전지(24)	Aleo Solar AG로부터 상업적으로 입수가능한 다결정 전지	156 mm X 156 mm X 200 mil
제 2 최외각층(26)	조성물 1,3,6,8, 또는 10 + 15 mil 부직포 유리첨유 시트	204 mm X 204 mm X 20 mil
후면 시트 - 단지 모듈 1	Tedlar	204 mm X 204 mm X 7 mil

- [0264]
- [0265] * 실리콘은 "정면" 봉합체로서 추가로 규정되고, 52.77 중량부의 선형 유기실리콘 화합물 2, 10.75 중량부의 선형 유기실리콘 화합물 3, 32.39 그램의, ASTM D4287에 따라 측정된 결과 25℃에서 약 100 센티스토크의 점도를 갖는 트리메틸실록시 말단 디메틸 실록산, 3.77 중량부의 유기하이드로겐실리콘 화합물 1, 0.24 중량부의 유기하이드로겐실리콘 화합물 2, 0.01 중량부의 억제제, 및 0.07 중량부의 촉매 2를 포함한다. 정면 봉합체는 또한 ASTM D4287에 따라 측정된 결과 25℃에서 약 668 cps의 혼합된 초기 점도를 갖는다.

- [0266] 비교 모듈을 또한 상단에서 하단까지 표 6에서와 같이 형성하였다:

[0267] 표 6

비교 모듈의 구조	특징	치수
제 1 최외각층(22)	ASTM E424-71을 이용한 UV/Vis 분광법에 의해 결정하여 적어도 70%의 광투과율을 갖는 유리	204 mm X 204 mm X 125 mil
에틸렌 비닐 아세테이트 폴리머	---	204 mm X 204 mm X 17 mil
광전지(24)	Aleo Solar AG로부터 상업적으로 입수가능한 다결정 전지	156 mm X 156 mm X 200 mil
에틸렌 비닐 아세테이트 폴리머	---	204 mm X 204 mm X 17 mil
Tedlar	---	204 mm X 204 mm X 7 mil

[0268]

[0269] 모듈 1, 3, 6, 8, 및 10, 및 비교 모듈의 유리는 AFG Industries, Inc.에서 상표명 Solatex[®] 2000로 상업적으로 입수가능하다. 모듈 1, 3, 6, 8, 및 10의 유리섬유는 Crane Nonwovens (Dalton, MA)에서 상업적으로 입수가능하다. 모듈 1, 3, 6, 8, 및 10, 및 비교 모듈의 광전지는 Trina Solar and BP Solar에서 상업적으로 입수가능하다. 모듈 1 및 비교 모듈의 Tedlar[®]는 DuPont에서 상업적으로 입수가능하다. 비교 모듈의 에틸렌 비닐 아세테이트 폴리머는 또한 Dupont에서 상업적으로 입수가능하다.

[0270] 모듈의 온습도 저항률(damp-heat resistivity) 시험:

[0271] 형성 후에, 모듈 1, 3, 6, 8, 및 10, 및 비교 모듈 각각의 샘플을 대략 85°C 및 85% 상대 습도(85/85)에서의 환경에 다양한 시간 동안 노출 시킨 후 저항률(MOhm)에 대한 온습도의 효과를 결정하기 위해 IEC 61215 섹션 10.13, 1000 Hr 온습도 시험(Damp Heat Test)에 따라 평가하였다. 완료 직 후에, 습식-누출 시험을 IEC 61215 Section 10.15에 따라 수행하였다. 더욱 상세하게, 모듈 1, 3, 6, 8, 및 10, 및 비교 모듈 각각의 샘플을 상술된 바와 같은 절단 시험 전 및 후에 85/85 환경에 대해 노출하였다. 이후에, 샘플을 저항률을 결정하기 위해 평가하였다.

[0272] 모듈 1, 3, 6, 8, 및 10 및 비교 모듈 각각의 제1 세트를 85/85 환경에서 대략 1152 시간 동안 배치시킨 후에, 절단 시험을 수행하였다. 절단 시험 후에 제1 세트의 모듈을 22.8°C 물에서 2분 동안 침지시키고, 하기 표 7에 기술된 바와 같이, 습식-누출 시험에 따라 저항률을 결정하기 위해 평가하였다.

[0273] 2분의 침지 후에, 동일한 제1 세트의 모듈을 추가 2분 (총 4분 침지) 동안에 침지된 채로 유지시켰다. 총 4분 침지 후에, 제1 세트의 모듈을 다시 표 7에 기술된 저항률을 결정하기 위해 평가하였다.

[0274] 하기 표 7 내지 표 10에 요약된 하기 시험 각각에서, 모듈 1, 3, 6, 8, 및 10, 및 비교 모듈은, 다양한 시간 동안에 침지되고 절단 시험을 수행한 후에 평균 저항률이 400 MOhm 보다 큰 경우에 "통과(pass)"로 간주된다. 다시 말해서, 평균 2 및 4분 데이터가 400 MOhm 보다 큰 경우에, 모듈은 "통과"이다. 400 MOhm 미만인 경우에, 모듈은 "실패"이다.

[0275] 표 7

	MOhm 2분 제 1 세트 (1152 hr)	MOhm 4분 제 1 세트 (1152 hr)	평균 2 및 4분 데이터 제 1 세트 (1152 hr)	통과/실패
제 1 세트 모듈 1	1000	1000	1000	통과
제 1 세트 모듈 3	1000	1000	1000	통과
제 1 세트 모듈 6	1000	782	891	통과
제 1 세트 모듈 8	1000	871	935	통과
제 1 세트 모듈 10	1000	1000	1000	통과
제 1 세트 비교 모듈	1000	1000	1000	통과

[0276]

[0277] 또한, 상술된 2 및 4분 동안의 침지 후에, 제1 세트의 모듈을 85/85 환경에서 약 1635 시간의 추가 시간 동안에 다시 배치시켜 제1 세트의 모듈에 대한 전체 노출 시간이 대략 2787 시간이도록 하였다. 85/85 환경에 노출 후

에, 제1 세트의 모듈을 22.8℃ 물 중에 2분 동안 침지시키고 하기 표 8에 기술된 바와 같이, 저항률을 결정하기 위해 평가하였다.

[0278] 2분의 침지 후에, 동일한 제1 세트의 모듈(85/85 환경에서 총 대략 2787 시간 동안 노출 후)은 추가 2분 (총 4분 침지) 동안 침지를 유지시켰다. 총 4분 침지 후에, 제1 세트의 모듈을 다시 하기 표 8에 기술된 저항률을 결정하기 위해 평가하였다.

[0279] 표 8

	MOhm 2분 제 1 세트 (2787 hr)	MOhm 4분 제 1 세트 (2787 hr)	평균 2 및 4분 데이터 제 1 세트 (2787 hr)	통과/실패
제 1 세트 모듈 1	73	63	68*	Fail**
제 1 세트 모듈 3	1000	1000	1000	통과
제 1 세트 모듈 6	767	502	634	통과
제 1 세트 모듈 8	936	463	699	통과
제 1 세트 모듈 10	1000	1000	1000	통과
제 1 세트 비교 모듈	1000	1000	1000	통과

[0280]

[0281] *는 400 MOhm 보다 큰 측정이 통과를 위해 요구되기 때문에 85/85 환경에 대해 2,376 시간의 노출에서 시험된 제1 세트의 모듈이 실패된 것임을 지시하는 것이다.

[0282] **는 1,968 시간에, 샘플이 평균 831 MOhm으로 통과한 것이다.

[0283] 모듈 1, 3, 6, 8 및 10, 및 비교 모듈 각각의 제2 세트를 또한 제조한 후에 절단 시험을 수행하였다. 절단 시험 후에, 제2 세트의 모듈을 85/85 환경에서 대략 1152 시간 동안에 배치시켰다. 이후에, 제2 세트의 모듈을 22.8℃ 물에 2분 동안 침지시키고, 하기 표 9에 기술된 바와 같이, 저항률을 결정하기 위해 평가하였다.

[0284] 2분의 침지 후에, 동일한 제2 세트의 모듈은 추가 2분 (총 4분 침지) 동안 침지를 유지시켰다. 총 4분 침지 후에, 제1 세트의 모듈을 다시 하기 표 9에 기술된 저항률을 결정하기 위해 평가하였다.

[0285] 표 9

	MOhm 2분 제 2 세트 (1152 hr)	MOhm 4분 제 2 세트 (1152 hr)	평균 2 및 4분 데이터 제 2 세트 (1152 hr)	통과/실패
제 2 세트 모듈 1	991	968	980	통과
제 2 세트 모듈 3	1000	1000	1000	통과
제 2 세트 모듈 6	470	378	424	통과
제 2 세트 모듈 8	1000	609	804	통과
제 2 세트 모듈 10	1000	1000	1000	통과
제 2 비교 모듈	1000	1000	1000	통과

[0286]

[0287] 또한, 상술된 2 및 4분 동안의 침지 후에, 제1 세트의 모듈을 85/85 환경에서 약 1536 시간의 추가 시간 동안에 다시 배치시켜 제1 세트의 모듈에 대한 전체 노출 시간이 대략 2688 시간이도록 하였다. 85/85 환경에 노출 후에, 제1 세트의 모듈을 22.8℃ 물 중에 2분 동안 침지시키고 하기 표 10에 기술된 바와 같이, 저항률을 결정하기 위해 평가하였다.

[0288] 2분의 침지 후에, 동일한 제2 세트의 모듈(85/85 환경에 총 대략 2688 시간 동안 노출 후)은 추가 2분 (총 4분 침지) 동안 침지를 유지시켰다. 총 4분 침지 후에, 제2 세트의 모듈을 다시 하기 표 10에 기술된 저항률을 결정하기 위해 평가하였다.

[0289] 표 10

	MOhm 2분 제 2 세트 (2688 hr)	MOhm 4분 제 2 세트 (2688 hr)	평균 2 및 4분 데이터 제 2 세트 (2688 hr)	통과/실패
제 2 세트 모듈 1	35	30	32*	실패 **
제 2 세트 모듈 3	1000	1000	1000	통과
제 2 세트 모듈 6	726	370	548	통과
제 2 세트 모듈 8	586	426	506	통과
제 2 세트 모듈 10	1000	1000	1000	통과
제 2 비교 모듈	945	1000	973	통과

[0290]

[0291]

*85/85 환경에 2,376 시간의 노출에서 시험된 제 2 세트의 모듈 1이, 400 MOhm 보다 큰 측정이 통과를 위해 요구되기 때문에 실패되었음을 지시하는 것이다.

[0292]

**는 1,968 시간에, 샘플이 평균 649 MOhm으로 통과함을 지시하는 것이다.

[0293]

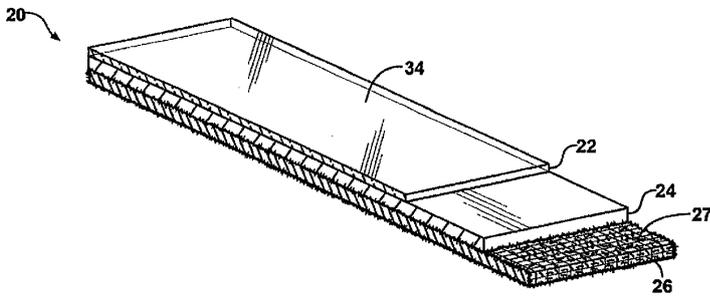
상기 기술된 데이터는, 본 발명의 모듈 1, 3, 6, 8, 및 10, 뿐만 아니라 본 발명이 아닌 비교 모듈이 실행됨을 시사한 것이다. 이에 따라, 모듈 3, 6, 8 및 10이 Tedler 없이 형성될 수 있기 때문에, 본 발명은 비용, 생산 복잡성, 및 광전지 모듈을 형성시키기 위해 요구되는 시간을 감소시킨다.

[0294]

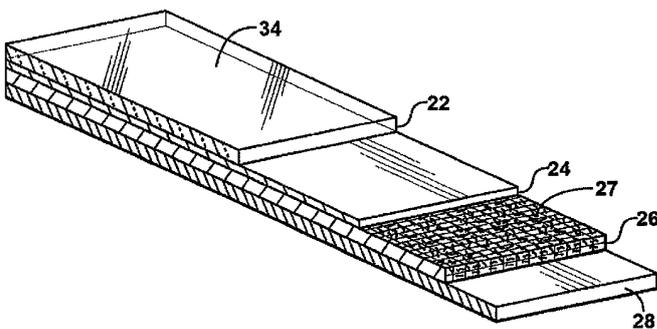
본 발명은 예시적 방식으로 기술된 것으로서, 사용된 용어가 한정하기 위한 것 보다 설명하도록 의도된 것으로 이해될 것이다. 본 발명의 여러 개질에 및 변형에는 상기 교시의 측면에서 가능할 것이며, 본 발명은 상세하기 기술된 것과 상이하게 실행될 수 있다.

도면

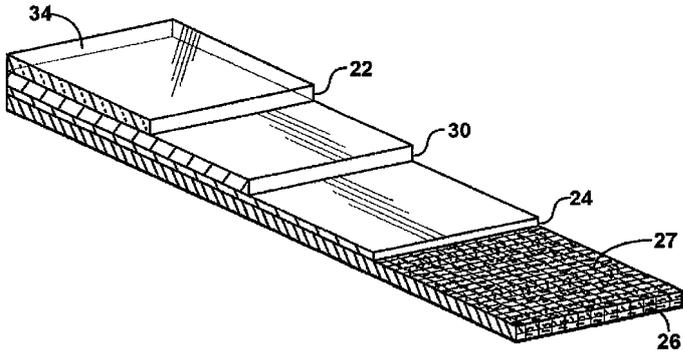
도면1



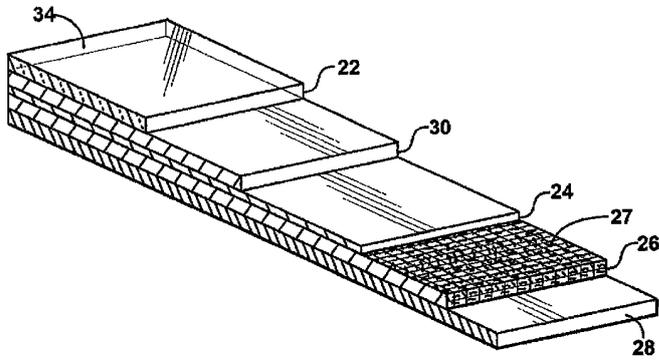
도면2



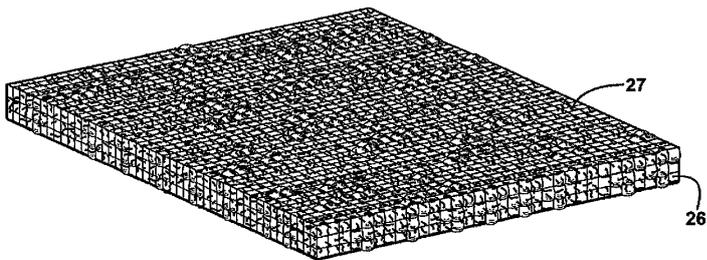
도면3



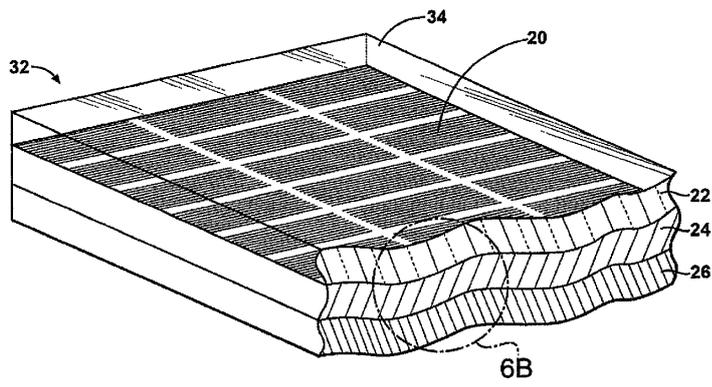
도면4



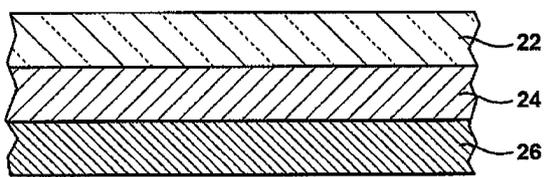
도면5



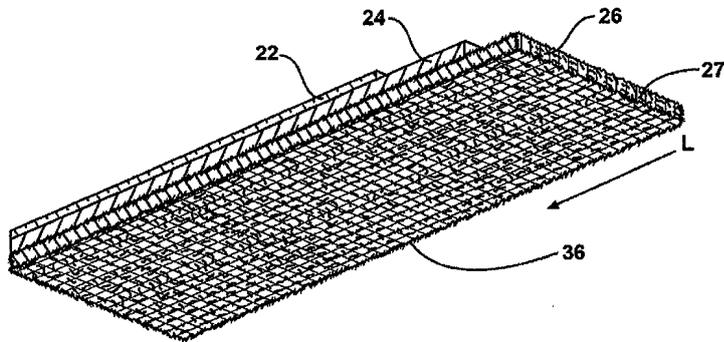
도면6a



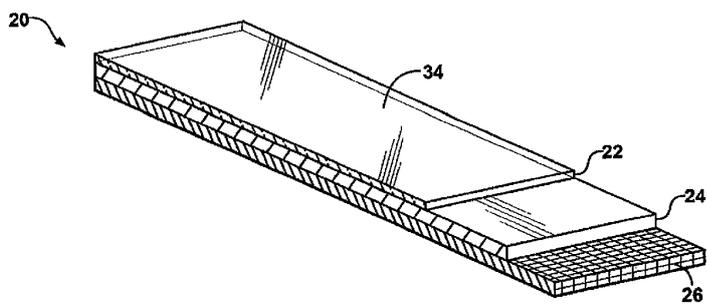
도면6b



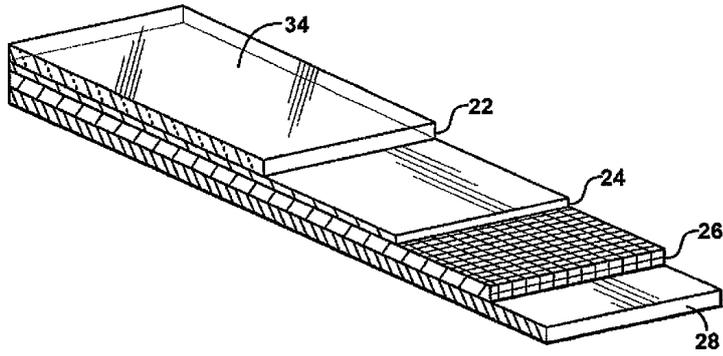
도면7



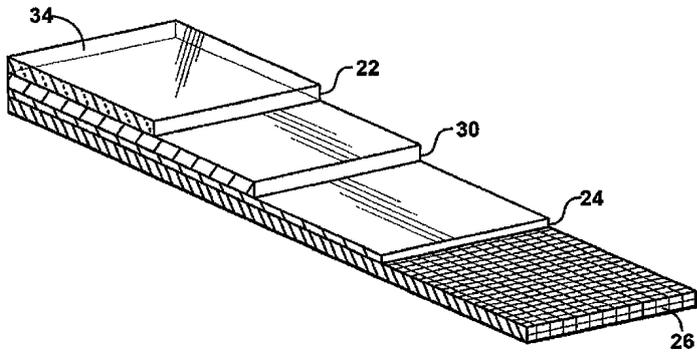
도면8



도면9



도면10



도면11

