



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년10월08일  
(11) 등록번호 10-1315544  
(24) 등록일자 2013년09월30일

- |  |  |
|--|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br/>G02B 6/35 (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2012-7013811</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2010년10월29일<br/>심사청구일자 2012년05월29일</p> <p>(85) 번역문제출일자 2012년05월29일</p> <p>(65) 공개번호 10-2012-0085874</p> <p>(43) 공개일자 2012년08월01일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/US2010/054851</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2011/053859<br/>국제공개일자 2011년05월05일</p> <p>(30) 우선권주장<br/>12/610,420 2009년11월02일 미국(US)</p> <p>(56) 선행기술조사문헌<br/>JP소화56055905 A<br/>EP1918746 A1<br/>EP0592902 A1<br/>JP평성01285915 A</p> <p>전체 청구항 수 : 총 6 항</p> | <p>(73) 특허권자<br/>해리스 코포레이션<br/>미합중국 플로리다 32919 멜보른 웨스트 나사 블러바드 1025</p> <p>(72) 발명자<br/>샤크레트, 로렌스, 웨인<br/>미국, 플로리다 32934, 멜번, 롱 레이크 로드 4404</p> <p>(74) 대리인<br/>김문중, 손은진</p> |
|--|--|

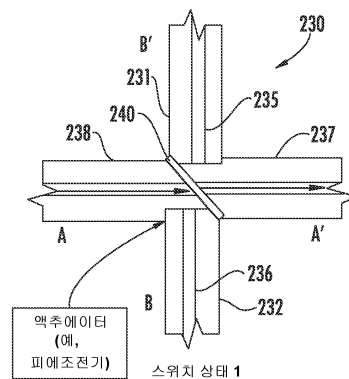
심사관 : 민경신

(54) 발명의 명칭 인덱스 매칭 엘라스토머릭 교체층을 포함하는 광학 화이버 스위치 및 관련된 방법

(57) 요약

광학 화이버 스위치(230)는 각각의 제 1 및 제 2 단부면(203, 204)을 갖는 제 1 및 제 2 각이 있는 광학 화이버(231, 232)를 포함할 수 있다. 제 1 및 제 2 각이 있는 광학 화이버(231, 232)의 각각은 코어 굴절률( $n_1$ )을 갖는 코어(235, 236) 및 코어 굴절률보다 작은 클래딩 굴절률( $n_2$ )을 갖고 코어를 둘러싸는 클래딩(237, 238)을 포함할 수 있다. 광학 화이버 스위치(230)는 제 1 단부면(203)에 결합되는 기부측 면 및 제 2 단부면(204)에 반복가능하게 광학적으로 결합되도록 기부측 면에 마주하는 말단면을 갖는 제 1 인덱스 매칭 엘라스토머릭 교체층(240)을 더 포함할 수 있다. 제 1 인덱스 매칭 엘라스토머릭 교체층(240)은 적어도 코어(235, 236)의 굴절률에 상응하는 굴절률을 가질 수 있다. 광학 화이버 스위치(230)는 또한 결합된 위치 및 비결합된 위치 사이에 제 1 및 제 2 각이 있는 광학 화이버(231, 232)를 상대적으로 이동시키기 위한 적어도 하나의 액추에이터(255)를 포함할 수 있다.

대표도 - 도15a



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

광학 화이버 스위치(230)로서:

각각 제 1 및 제 2 단부면(203, 204)을 가지며, 코어 굴절률( $n_1$ )을 갖는 코어(235, 236) 및 상기 코어 굴절률( $n_1$ )과 다른 클래딩 굴절률( $n_2$ )을 갖고 상기 코어(235, 236)를 둘러싸는 클래딩(237, 238)을 각각 포함하는 제 1 및 제 2 각진 광학 화이버(231, 232);

상기 제 1 단부면(203)에 화학적으로 결합되는 기부측 면 및 상기 기부측 면에 마주하는 로우-택 말단면을 갖고, 적어도 상기 코어 굴절률( $n_1$ )에 상응하는 굴절률을 갖는 제 1 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층(240);

상기 제 2 단부면(204)에 화학적으로 결합되는 기부측 단부면 및 상기 제 1 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층(240)의 상기 로우-택 말단면에 반복가능하게 광학적으로 그리고 기계적으로 직접 결합되도록 상기 기부측 면에 마주하는 로우-택 말단면을 갖는 제 2 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층; 및

결합된 위치와 비결합된 위치 사이에서 상기 제 1 및 제 2 각진 광학 화이버(231, 232)를 상대적으로 이동시키기 위한 적어도 하나의 액추에이터를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 화이버 스위치.

### 청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 제 1 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층(240)의 상기 로우-택 말단면은 상기 제 2 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층의 말단면에 맞대어 에어 포켓이 없는 습식 인터페이스를 형성하는 표면 특성을 가지는 것을 특징으로 하는 광학 화이버 스위치.

### 청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 제 1 각진 광학 화이버는 같이 결합되는 제 1의 횡형 광학 화이버 단부 쌍을 포함하고; 상기 제 2 각진 광학 화이버는 같이 결합되는 제 2의 횡형 광학 화이버 단부 쌍을 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 화이버 스위치.

### 청구항 4

광학 화이버 스위치(230)를 구성하기 위한 방법으로서,

각각 제 1 및 제 2 단부면(203, 204)을 가지며, 코어 굴절률( $n_1$ )을 갖는 코어(235, 236) 및 상기 코어 굴절률( $n_1$ )과 다른 클래딩 굴절률( $n_2$ )을 갖고 상기 코어(235, 236)를 둘러싸는 클래딩(237, 238)을 각각 포함하는 제 1 및 제 2 각진 광학 화이버(231, 232)를 형성하는 단계;

상기 제 1 단부면(203)에 화학적으로 결합되는 기부측 면 및 상기 기부측 면에 마주하는 로우-택 말단면을 갖고, 적어도 상기 코어 굴절률( $n_1$ )에 상응하는 굴절률을 갖는 제 1 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층(240)을 형성하는 단계;

상기 제 2 단부면(204)에 화학적으로 결합되는 기부측 단부면 및 상기 제 1 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층(240)의 상기 로우-택 말단면에 반복가능하게 광학적으로 그리고 기계적으로 직접 결합되도록 상기 기부측 면에 마주하는 로우-택 말단면을 갖는 제 2 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층을 형성하는 단계; 및

결합된 위치와 비결합된 위치 사이에서 상기 제 1 및 제 2 각진 광학 화이버(231, 232)를 상대적으로 이동시키도록 적어도 하나의 액추에이터를 위치시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 화이버 스위치 구성 방법.

### 청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 제 1 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층(240)의 상기 로우-택 말단면은 상기 제 2 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층의 말단면에 맞대어 에어 포켓이 없는 습식 인터페이스를 형성하는 표면 특성을 갖는 것을 특징으로 하는 광학 화이버 스위치 구성 방법.

**청구항 6**

제 4항에 있어서,

상기 제 1 각진 광학 화이버를 형성하는 단계는 같이 결합되는 제 1의 횡형 광학 화이버 단부 쌍을 형성하는 단계를 포함하고; 상기 제 2 각진 광학 화이버를 형성하는 단계는 같이 결합되는 제 2의 횡형 광학 화이버 단부 쌍을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 화이버 스위치 구성 방법.

**청구항 7**

삭제

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

삭제

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 광학 도파관 및 광학 화이버의 분야, 그리고 더 구체적으로, 광학 화이버 커넥터, 도파관 디바이스 및 관련된 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 광학 화이버는 단거리 및 장거리 모두에 걸쳐 데이터 신호를 전달하기 위한 텔레커뮤니케이션에서 일반적으로 사용된다. 금속 와이어와 같은, 다른 통신 매체에 대해서, 광학 화이버는 신호가 더 적은 손실로 그들을 따라 진행하고, 그들이 또한 전자기 간섭에 덜 민감하다는 점에서 유리하다. 광학 화이버는 또한 매우 높은 대역폭 (즉, 데이터 속도)을 가진다. 광학 화이버는 또한 조명(illumination)을 위해 사용될 수 있고, 번들로 랩핑되고 광 화이버 광학 카메라에서와 같이, 이미지를 운반하도록 사용될 수 있다. 광학 화이버는 또한 예를 들어, 센서 및 레이저와 같은 다른 용도로 사용될 수 있다.

[0003] 그러나 광학 화이버의 하나의 불리점은 연결 포인트에서의 불연속성이 신호 품질을 현저하게 저하시킬 수 있는 광 반사 및 손실을 유도할 수 있기 때문에, 그들이 와이어 컨덕터보다 같이 결합하기가 더 어렵다는 것이다. 광학 화이버를 결합시키기 위한 하나의 접근은 기계적 융착 접속기의 사용이고, 그것은 두 개의 화이버 단부를 함께 정렬하고 융착시킨다. 이것은 화이버 사이에 매우 저손실 연결을 제공하는 반면에, 융착 결합기는 일반적으로 매우 고가이고, 따라서 많은 구현에 있어서 실제적이지 않다. 융착 접속기는 영구적인 연결을 형성하고, 일시적인 스플라이스 또는 일시적이거나 역동적이거나 하는 다른 연결에 대해 덜 적합하다.

[0004] 일부 광학 인터페이스에서 사용되는 또 다른 접근은 액체 또는 겔과 같은, 인덱스-매칭되는 물질을 적용시키는 것이다. 그러한 물질은 광학 매체의 굴절률에 매칭하도록 일반적으로 제조될 수 있는 반면에, 원치않는 영역에서의 인덱스-매칭된 물질의 이동 및 오염으로 인한 문제가 발생할 수 있다. 게다가, 그러한 물질은 먼지를 유인하는 경향이 있고, 일단 오염되면 제거하기가 일반적으로 어렵다.

[0005] 질리안(Gillian) 등에 허여된 미국 특허 제 5,778,127호는 렌즈와 정렬되고, 그 사이에 주입되는 광학 필터 조성물을 갖는 다이오드 패키지를 포함하는 하우징을 갖는 광학 트랜시버 장치를 개시한다. 광학 필터 조성물은 인덱스 매칭 소자로서, 위치설정 수단 및 록킹 수단, 또는 광학 감쇠기로서 사용될 수 있는 실리콘 엘라스토머를 포함한다. 광학 화이버 커넥터 또는 터미네이션을 위한 다른 예시적인 접근이 다음의 참조: 킹(King) 등에 허여된 미국 특허 제 5,619,610호; 올린(Olin) 등에 허여된 미국 특허 제 5,515,465호; 알로지오 주니어(Aloisio, Jr.) 등에 허여된 미국 특허 제 6,501,900호; 필라스(Filas) 등에 허여된 미국 특허 제 6,097,873호; 및 코르크에(Corke) 등에 허여된 미국 특허 제 5,058,983호에서 제시된다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0006] 앞서 언급된 배경의 관점에서, 그러므로 향상된 광학 상호연결을 제공하는 광학 화이버 스위치 및 관련된 방법을 제공하는 것이 본 발명의 목적이다.

**과제의 해결 수단**

[0007] 이들 목적 그리고 다른 목적, 특징 및 이점이 각각 제 1 및 제 2 단부면을 갖는 제 1 및 제 2 각진 광학 화이버를 포함할 수 있는 광학 화이버 스위치에 의해 달성된다. 제 1 및 제 2 각진 광학 화이버의 각각은 코어 굴절률을 갖는 코어 및 코어 굴절률과는 다른 클래딩 굴절률을 갖고 코어를 둘러싸는 클래딩을 포함할 수 있다. 광학 화이버 스위치는 제 1 단부면에 결합되는 기부측 면 및 제 2 단부면에 반복가능하게 광학적으로 결합되도록 기부측 면에 마주하는 말단면을 갖는 제 1 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층을 더 포함할 수 있다. 제 1 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층은 적어도 코어의 굴절률에 매칭하는 굴절률을 가질 수 있다. 광학 화이버 스위치는 또한 결합된 위치와 비결합된 위치 사이에서 제 1 및 제 2 각진 광학 화이버를 상대적으로 이동시키기 위한 적어도 하나의 액추에이터를 포함할 수 있다. 그러한 바와 같이, 따라서 광학 화이버 스위치는 소망되는 광학 결합 특성을 갖는 상대적으로 내구성이 있는 광학 화이버 스위치를 제공한다.

[0008] 더 구체적으로, 기부측 단부면은 제 1 단부면에 화학적으로 결합될 수 있고, 말단면은 제 2 단부면에 반복가능하게 직접적으로 기계적으로 결합되도록 로우-택일 수 있다. 게다가, 제 1 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층의 로우-택 말단면은 맞대어 눌러질 때 제 2 단부면과의 에어 포켓이 없는 습식 인터페이스를 형성하는 표면 특성을 가질 수 있다. 부가적으로, 광학 화이버 스위치는 제 2 단부면에 화학적으로 결합되는 기부측 단부면 및 제 1 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층의 로우-택 말단면에 반복가능하게 광학적으로 그리고 기계적으로 결합되도록 기부측 면에 마주하는 로우-택 말단면을 갖는 제 2 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층을 더 포함할 수 있다.

[0009] 제 1 각진 광학 화이버는 같이 결합되는 제 1의 횡형 광학 화이버 단부 쌍을 포함할 수 있고, 제 2 각진 광학 화이버는 같이 결합되는 제 2의 횡형 광학 화이버 단부 쌍을 포함할 수 있다. 예시의 방법에 의해, 제 1 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층은 아크릴레이트 폴리머를 포함할 수 있다. 또한, 제 1 단부면은 제 1 광학 화이버 축의 수직으로부터 경사진 각을 가질 수 있고, 제 1 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층은 균일한 두께를 가질 수 있고 경사진 각에 매칭할 수 있다.

[0010] 덧붙여, 제 1 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층은 소망되는 동작 과정에서 코어에 매칭하는 방사상으로 균일한 굴절률을 가질 수 있다. 제 1 및 제 2 광학 화이버의 각각은 예를 들어 유리를 포함할 수 있다. 또한 예시의 방법에 의해, 제 1 및 제 2 광학 화이버의 각각은 다중모드 광학 화이버를 포함할 수 있고, 적어도 하나의 액추에이터는 적어도 하나의 피에조 전기 액추에이터를 포함할 수 있다.

[0011] 광학 화이버 스위치를 구성하는 관련된 방법은 각각의 제 1 및 제 2 단부면을 갖는 제 1 및 제 2 각진 광학 화이버를 형성하는 단계를 포함할 수 있다. 제 1 및 제 2 각진 광학 화이버의 각각은 코어 굴절률을 갖는 코어 및 코어 굴절률과 다른 클래딩 굴절률을 갖고 코어를 둘러싸는 클래딩을 포함할 수 있다. 방법은 제 1 단부면에 결합되는 기부측 면 및 제 2 단부면에 반복가능하게 광학적으로 결합되도록 기부측 면에 마주하는 말단면을 갖는 제 1 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있고, 여기서 제 1 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층은 적어도 그것의 부분 또는 코어의 굴절률에 매칭하는 굴절률을 가진다. 방법은 또한 결합된 위치와 비결합된 위치 사이에서 제 1 및 제 2 각진 광학 화이버를 상대적으로 이동시키기 위한 적어도 하나의 액추에이터를 위치시키는 단계를 포함할 수 있다.

**발명의 효과**

[0012] 본 발명은 향상된 광학 상호연결을 제공하는 광학 화이버 스위치 및 관련된 방법을 제공한다.

**도면의 간단한 설명**

[0013] 도 1a 및 도 1b는 본 발명에 부합해서 매칭하는 코어 굴절률을 제공하는 인덱스 매칭 엘라스토머틱 고체층을 포함하는 반복가능한 광학 화이버 상호연결의 도식화된 횡단면도(각각 결합된 그리고 비결합된 위치에서 도시됨)이다.

도 2a 및 도 2b는 제 1 및 제 2 인덱스 매칭 엘라스토머틱 고체층을 포함하는 도 1a 및 도 1b의 반복가능한 광학 화이버 상호연결의 대체적인 실시예의 도식화된 횡단면도이다.

도 3 및 도 4는 도 1a 및 도 1b의 상호연결의 대체적인 실시예에서의 사용을 위해, 각각 대응하는 인덱스 매칭 엘라스토머틱 고체층과 함께 그리고 그것 없이 도시되는, 각진 단부를 갖는 광학 화이버의 도식화된 횡단면도이다.

도 5a 및 도 5b는 광학 화이버를 위한 페룰 마운트를 포함하는 도 1a 및 도 1b의 반복가능한 광학 화이버 상호연결의 대체적인 실시예의 도식화된 횡단면도이다.

도 6은 도 1a 및 도 1b의 상호연결을 구성하기 위한 방법을 도시하는 흐름도이다.

도 7a 및 도 7b는 본 발명에 부합해서 매칭하는 코어 및 클래딩 굴절률을 제공하는 인덱스 매칭 엘라스토머틱 고체층을 포함하는 반복가능한 광학 화이버 상호연결의 도식화된 횡단면도(각각 결합된 그리고 비결합된 위치에서 도시됨)이다.

도 8은 도 7a 및 도 7b의 인덱스 매칭 엘라스토머틱 고체층의 단부도이다.

도 9는 그레이디드 굴절률을 갖는 도 8의 인덱스 매칭 엘라스토머틱 고체층의 대체적인 실시예의 단부도이다.

도 10은 도 7a 및 도 7b의 상호연결을 구성하기 위한 방법 측면을 도시하는 흐름도이다.

도 11은 도 8의 인덱스 매칭 엘라스토머틱 고체층을 구성하기 위한 방법을 도시하는 일련의 도식화된 도면이다.

도 12는 도 7a 및 도 7b의 상호연결의 대체적인 실시예에서의 사용을 위해 각진 단부 및 대응하는 인덱스 매칭 엘라스토머틱 고체층을 갖는 광학 화이버의 도식화된 횡단면도이다.

도 13은 도 7a 및 도 7b의 상호연결의 대체적인 실시예에서의 사용을 위한 광학 화이버 및 대응하는 페룰 마운트의 도식화된 횡단면도이다.

도 14는 도 7a 및 도 7b의 상호연결의 대체적인 실시예의 도식화된 횡단면도이고 여기서 제 1 및 제 2 광학 화이버는 다른 코어 크기를 가지고, 인덱스 매칭 엘라스토머틱 고체층은 그레이디드 코어 부분을 갖고 그로써 GRIN 렌즈 상호연결 구조를 제공한다.

도 15a 및 도 15b는 본 발명에 부합해서 인덱스 매칭 엘라스토머틱 고체층을 포함하는 광학 화이버 스위치의 도식화된 횡단면도(각각 결합된 그리고 비결합된 위치에서 도시됨)이다.

도 16은 도 15a 및 도 15b의 광학 화이버 스위치를 구성하기 위한 방법을 도시하는 흐름도이다.

도 17은 코어 및 클래딩 굴절률 매칭을 제공하는 인덱스 매칭 엘라스토머틱 고체층을 포함하는 도 15a 및 도 15b의 광학 화이버 스위치의 대체적인 실시예를 구성하기 위한 방법을 도시하는 흐름도이다.

도 18은 본 발명에 부합해서 상호연결 및 광학 화이버 스위치에서의 사용을 위한 인덱스 매칭 엘라스토머틱 고체층을 위해 출발 조성물을 계산하도록 사용될 수 있는 일련의 표이다.

도 19는 본 발명에 부합해서 상호연결에서의 사용을 위한 인덱스 매칭 엘라스토머틱 고체층 및 광학 화이버 스위치를 형성하기 위해 사용될 수 있는 예시적인 아크릴레이트 모노머를 위한 일련의 화학식이다.

도 20 및 도 21은 본 발명에 부합해서 상호연결 및 광학 화이버 스위치에서의 사용을 위한 인덱스 매칭 엘라스토머틱 고체 물질 포폴레이션에 포함될 수 있는 예시적인 광개시제를 위한 화학식이다.

도 22는 본 발명에 부합해서 상호연결 및 광학 화이버 스위치에서의 사용을 위한 인덱스 매칭 엘라스토머틱 고체 코어 및 클래딩 물질에 관한 굴절률의 측정된 분산의 그래프이다.

도 23은 도 15a 및 도 15b의 광학 화이버 스위치에서의 사용을 위해 각진 광학 화이버를 생성하기 위한 픽스처

의 도식화된 도면이다.

도 24는 본 발명에 부합해서 상호연결 및 광학 화이버 스위치에서의 사용을 위한 예시적인 인텍스 매칭 엘라스토펙 고체 물질 포물레이션을 위해 기대되는 화이버-화이버 손실에 대해 측정된 그래프이다.

도 25-28은 본 발명에 부합해서 광학 화이버 디바이스 및 인텍스 매칭 엘라스토펙 고체층을 구성하기 위한 추가적인 방법을 도시하는 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0014] 본 발명은 이제 첨부된 도면에 대한 참조와 함께 이하에서 더 완전하게 설명될 것이고, 여기서 본 발명의 바람직한 실시예가 도시된다. 그러나 본 발명은 많은 다른 형태로 구현될 수 있고 여기서 제시된 실시예로 제한되는 것으로 해석되지 않아야만 한다. 그보다는, 이들 실시예는 본 개시가 철저해지고 완전해지며, 해당 기술분야의 당업자에게 본 발명의 범위를 충분히 전달하도록 제공된다. 동일한 번호는 전체에 걸쳐 동일한 요소를 나타내고, 프라임 기호는 대체적인 실시예에서 유사한 요소를 나타내도록 사용된다.

[0015] 도 1a 및 도 1b에 관해 최초로 언급할 때, 반복가능한 광학 화이버 상호연결(30)은 각각의 제 1 및 제 2 단부면(33, 34)을 갖는 제 1 및 제 2 광학 화이버(31, 32)를 설명적으로 포함한다. 제 1 및 제 2 광학 화이버(31, 32)의 각각은 코어 굴절률( $n_1$ )을 갖는 각각의 코어(35, 36)(예, 도핑된 실리카 유리 코어), 및 코어를 둘러싸고 코어 굴절률보다 작은 클래딩 굴절률( $n_2$ )을 갖는 각각의 클래딩(37, 38)(예, 플라스틱)을 설명적으로 포함한다. 반복가능한 광학 화이버 상호연결(30)은 도시된 실시예에서 점에 의해 나타나는 바와 같이, 제 1 단부면(33)에 화학적으로 결합되는 기부층 단부면(41)을 갖는 제 1 인텍스 매칭 엘라스토펙 고체층(40)을 더 설명적으로 포함한다. 화학적 결합은 해당 기술분야의 당업자에 의해 이해되는 바와 같이, 예를 들어 실란(silane) 화합물과 같이, 단부면(33)에 대한 표면 처리의 다양한 유형과 인텍스 매칭 물질의 적합한 선택 중 하나 이상에 의해 얻어질 수 있다. 게다가, 제 1 인텍스 매칭 엘라스토펙 고체층(40)은 또한 도시되는 바와 같이 제 2 광학 화이버(32)의 제 2 단부면(34)에 반복가능하게 광학적으로 유리하게 결합될 수 있는 기부층 단부면(41)에 마주하는 로우-택 말단면(42)을 설명적으로 포함한다. 로우-택 말단면은 해당 기술분야의 당업자에 의해 역시 인정될 바와 같이, 표면 코팅의 추가와 인텍스 매칭 물질의 적합한 선택(그것의 경화 후 특징을 고려함)에 의해 얻어질 수 있다. 여기서 사용된 바와 같이, "로우-택" 표면은 단위 영역 당 초과하는 힘에 대한 필요 없이 그리고 인텍스 매칭 물질의 표면의 영구적인 변형을 야기함 없이 분리되도록 결합된 제 1 및 제 2 광학 화이버를 허용하는 것이다. 예시의 방법에 의해, 그러한 힘은 제 2 결합된 대상이 용융 실리카일 때,  $10\text{g}/\text{nm}^2$ 보다 더 작고, 그리고 더 구체적으로  $1\text{g}/\text{nm}^2$ 보다 더 작을 수 있다.

[0016] 제 1 인텍스 매칭 엘라스토펙 고체층(40)은 또한 적어도 코어(35, 36)의 굴절률( $n_1$ )에 부합하는 굴절률( $n_1$ )을 유리하게 가진다. 즉, 제 1 인텍스 매칭 엘라스토펙 고체층(40)의 굴절률은 같이 결합될 코어(35, 36)의 것과 잠재적으로 동일하도록 선택된다. 이러한 제 1 인텍스 매칭 엘라스토펙 고체층(40)은 인텍스 매칭 액체 또는 겔의 광학 기능을 그러한 물질의 위에서 언급된 불리점 없이(예를 들어, 오염에 대해 덜 민감한 것 등) 유리하게 제공한다. 또한, 제 1 단부면(41)에 제 1 인텍스 매칭 엘라스토펙 고체층(40)을 화학적으로 결합시키는 것에 의해, 그로써 층은 제 위치에 영구적으로 남겨질 수 있는 반면에 일시적인 연결이 제 2 결합 단부면(34)과 반복적으로 이루어진다.

[0017] 그것의 인텍스 매칭, 엘라스토펙 고체 특성 및 제 1 단부면(33)에의 화학적 결합의 결과로서, 고체층(40)은 감소된 전송 손실 및 후방 반사를 유리하게 제공한다. 게다가, 그것은 또한 무기한으로 제 위치에 남겨지고, 인텍스 매칭 겔 및 액체가 그러한 바와 같이 이동하지 않는다. 부가적으로, 고체층(40)은 먼지 및 오염에 대해 더 내성을 가질 수 있고 깨끗해질 수 있으며, 그것은 광학적으로 평활한 표면을 유지하고, 소망된 형상으로 구조되거나 형성될 수 있으며, 그것은 해당기술분야의 당업자에 의해 인정될 바와 같이, 굴절률 값의 넓은 범위 및 엘라스틱 특성(예, 모듈러스, 유연성 등)에 맞춰질 수 있다. 예시의 방법에 의해, 제 1 인텍스 매칭 엘라스토펙 고체층(40)은 아크릴레이트 폴리머를 포함할 수 있다. 아크릴레이트는 예를 들어 리소그래피를 사용하여 패터닝될 수 있기 때문에, 그들은 상대적으로 높은 정도의 정확성으로 성형되고 위치되는 정밀한 층 구조를 형성하는 능력을 제공한다. 고체층(40)을 위해 사용될 수 있는 예시적인 엘라스토펙 포물레이션에 관련된 또 다른 세부 사항이 이하에 더 논의될 것이다.

[0018] 일부 실시예에서, 로우-택 말단 단부면(42)이 제 2 단부면에 반복가능하게 직접적으로 기계적으로 결합될 수 있다. 예를 들어, 제 1 인텍스 매칭 엘라스토펙 고체층의 로우-택 말단면은 맞대어 눌러질 때 제 2 단부면과의

에어 포켓이 없는 습식 인터페이스를 형성하는 표면 특성을 가질 수 있고, 그로써 해당 기술분야의 당업자에 의해 인정되는 바와 같이, 제 2 광학 화이버(32)의 제 2 결합 단부면(34)과 결합하는 기계적 석션(suction)을 부분적으로 제공할 수 있다.

[0019] 도시된 실시예에서, 광학 화이버(31, 32)는 다중모드 화이버이다. 즉, 광학 화이버(31, 32)는 단일 모드 또는 전파 경로를 지지하는 단일 모드 화이버와는 대조적으로, 많은 전파 경로 또는 횡형 모드를 유리하게 지지할 수 있다. 다중모드 화이버는 일반적으로 더 큰 코어 직경을 가질 수 있고, 단거리 통신 링크를 위해 그리고 빌딩 사이에서 또는 국부적인 네트워크에서와 같이, 하이 파워 전송이 요구되는 어플리케이션을 위해 사용된다. 그러한 바와 같이, 광학 화이버의 추가 또는 재배치가 다중 화이버가 사용되는 국부적인 영역에서 더 일반적일 수 있기 때문에, 다중모드 화이버를 반복가능하게 광학적으로 (그리고 선택적으로, 기계적으로) 결합시키는 능력은 상당한 이점일 수 있다. 그러나, 여기서 설명된 바와 같은 인텍스 매칭 엘라스토머릭 고체층 역시 단일 모드 광학 화이버와 함께 사용될 수 있고, 상대적으로 긴 통신 링크를 위해 일반적으로 사용된다는 것이 해당 기술분야의 당업자에 의해 인정될 것이다.

[0020] 이제 도 2에 대해 부가적으로 언급할 때, 반복가능한 광학 화이버 상호연결(30')의 대체적인 실시예는 제 2 인텍스 매칭 엘라스포머릭 고체층(43')을 설명적으로 포함한다. 제 2 고체층(43')은 제 2 광학 화이버(32')의 제 2 단부면(34')에 화학적으로 결합되는 기부측 단부면(44') 및 제 1 인텍스 매칭 엘라스토머릭 고체층(40')의 로우-택 말단면(42')에 반복가능하게 광학적으로 그리고 기계적으로 결합되도록 기부측 단부면에 마주하는 로우-택 말단면(45')을 가진다는 점에서 제 1 고체층(40')과 유사하다.

[0021] 도 3에서 도시되는 바와 같이, 일부 실시예에서 제 1 단부면(34")은 제 1 광학 화이버(31")의 축(46")의 수직으로부터 경사진 각을 가질 수 있다. 그러한 실시예에서, 제 1 인텍스 매칭 엘라스토머릭 고체층(40")은 도 4에 도시되는 바와 같이 균일한 두께를 가질 수 있고 경사진 각에 매칭할 수 있다. 그러한 바와 같이, 상호연결은 직교하는 광학 화이버 단부면이 사용되는 어플리케이션 뿐만 아니라, 각진 광학 화이버 단부면이 광학 스위치에서와 같이, 반복가능한 광학 결합을 요구하는 어플리케이션에서도 유리하게 사용될 수 있고, 그것은 이하에 더 논의될 것이다.

[0022] 고체층(40")은 광학 화이버(31")의 연장을 형성하고 화이버의 단부면의 각에 따르도록 조절된다. 고체층(40")의 결과로서 높은 정도의 광 전송이 두 개의 광학 화이버(31", 32") 사이에 유리하게 유지될 수 있는 반면에, 이러한 층 없이 거의 또는 어떠한 광도 그 사이에 전송되지 않을 수 있다. 게다가, 고체층(40")의 엘라스토머릭 성질은 균일하게 채워지도록 결합 면에서의 작은 불연속성을 유리하게 허용하고, 따라서 해당기술 분야의 당업자에 의해 인정되는 바와 같이, 인터페이스에서의 산란 및 반사를 통한 광의 손실을 감소시킨다.

[0023] 반복가능한 광학 화이버 상호연결(30")의 여전히 또 다른 실시예가 이제 도 5a 및 도 5b에 대한 참조와 함께 설명된다. 도시된 예시에서, 제 1 광학 화이버를 위한 제 1 페룰 마운팅(50")이 제 2 광학 화이버를 위한 제 2 페룰 마운팅(51")과 함께 제공된다. 해당 기술분야의 당업자에 의해 인정되는 바와 같이, 화이버 옵틱 터미네이션에서, 정밀 페룰은 때때로 두 개의 화이버를 같이 연결하는 것을 돕도록 소망된다. 제 1 및 제 2 화이버(31", 32")는 도 5b에서 같이 광학적으로 결합되는 것으로 도시된다.

[0024] 제 1 및 제 2 광학 화이버(31, 32) 사이에 반복가능한 광학 화이버 상호연결을 구성하는 관련된 방법이, 이제 도 6에 대한 참조와 함께 설명된다. 블록(60)에서 시작해서, 이 방법은 블록(61)에서, 제 1 광학 화이버(31)의 제 1 단부면(33)에 화학적으로 결합되는 기부측 단부면(41) 및 기부측 단부면에 마주하는 로우-택 말단면(42)을 갖는 제 1 인텍스 매칭 엘라스토머릭 고체층(40)을 형성하는 단계를 설명적으로 포함한다. 위에서 언급된 바와 같이, 로우-택 말단면(42)은 제 2 광학 화이버(32)의 제 2 단부면(34)에 반복가능하게 광학적으로 결합될 것이고, 따라서 도시된 방법을 종료한다(블록(62)).

[0025] 이제 도 7a, 도 7b 및 도 8로 돌아가서, 반복가능한 광학 화이버 연결(130)의 또 다른 실시예는 코어(135) 및 클래딩(137)의 굴절률에 대응하는 굴절률 프로파일을 갖는 인텍스 매칭 엘라스토머릭 고체층(140)을 설명적으로 포함한다. 더 구체적으로, 고체층(140)은 코어(135)의 굴절률에 매칭하는 굴절률( $n_1$ )을 갖는 제 1 부분(148) 및 클래딩(149)의 굴절률에 매칭하는 굴절률( $n_2$ )을 갖는 제 2 부분(149)을 설명적으로 포함한다. 위에 설명된 구조에서와 같이, 고체층(140)은 광학 화이버(131)에 화학적으로 결합된다. 고체층(140)은 그로써 도광 구조, 즉, 광학 도파관을 제공한다. 즉, 고체층(140)은 광학 화이버(131)의 연장을 형성하도록 유리하게 맞춰질 수 있고, 전파 광학 모드의 보존을 제공한다. 또한 고체층(140)의 엘라스토머릭 성질은 균일하게 채워지도록 결합 면(131, 132)에서의 작은 불연속성을 허용하고, 그로써 인터페이스에서의 산란 및 반사를 통한 광 손실을 방지한다.

다. 안내 구조에 부합되는 모드는 따라서 감소된 손실 및 후방 반사를 유리하게 제공한다.

- [0026] 역시 위에서 언급된 바와 같이, 우레탄 및 티오렌을 갖는 코폴리머 및 아크릴레이트는 소망되는 광학 매칭을 제공할 수 있고 상대적으로 높은 정도의 정확성으로 리소그래피 또는 몰딩과 같은 기법을 사용하여 정밀하게 패터닝될 수 있기 때문에, 고체층(140)을 형성하기에 유리한 물질이다. 게다가, 이들 물질은 제 1 부분(148)을 위해 다른 인덱스 프로파일을 생성하도록 유리하게 사용될 수 있다. 더 구체적으로, 고체층(140')의 대체적인 실시예가 도 9에 도시되고, 여기서 제 1 부분(148')은 해당 기술분야의 당업자에 의해 인정될 바와 같이, 소망되는 동작 과정에서 코어(135')에 부합하는 방사상으로 균일한 굴절률을 가지는 도 8의 제 1 부분(148)과는 대조적으로, 그레이디드 굴절률을 가진다. 그레이디드 부분(148')은 아래에 더 논의될 바와 같이, GRIN 렌즈 어플리케이션에서 특히 유용할 수 있다.
- [0027] 제 1 및 제 2 광학 화이버(131, 132) 사이에 반복가능한 광학 화이버 상호연결을 구성하는 또 다른 방법이 이제 도 10에 대한 참조와 함께 설명된다. 블록(60')에서 시작해서, 이 방법은 블록(61')에서, 제 1 광학 화이버(131)의 제 1 단부면(133)에 화학적으로 결합되는 기부측 단부면(141) 및 기부측 단부면에 마주하는 로우-택 말단면(142)을 갖는 제 1 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층(140)을 형성하는 단계를 설명적으로 포함한다. 위에서 언급된 바와 같이, 로우-택 말단면(142)은 제 2 광학 화이버(132)의 제 2 단부면(134)에 반복가능하게 광학적으로 결합될 것이고, 따라서 도시된 방법을 종료한다(블록(62')).
- [0028] 제 1 및 제 2 부분(148, 149)을 갖는 고체층(140)을 형성하기 위한 예시적인 접근이 이제 도 11에 대한 참조와 함께 논의될 것이다. 고체층(140)의 제 1 부분(148)을 형성하는 것은 처음에 코어 물질의 패터닝 노출을 포함하고, 그것은 단계(110)에서, 예를 들어, 실리콘 기판과 같은 기판(109) 상에 코어 포물레이션을 스피닝한 후에 유리 마스크를 통한 근접 노출로 유리하게 달성될 수 있다. 일부 실시예에서, 코어 포물레이션은 기판(109)보다는 광학 화이버(131)의 단부 상에 직접적으로 형성될 수 있다. 접촉 노출이 사용될 수 있고 여기서 액상 모노머는 마스크와 기판(109) 사이의 영역을 채운다. 이 후에 단계(111)에서 제 1 부분(140)이 패터닝되고 전개될 수 있고, 단계(112)에서 클래딩 포물라의 주입이 뒤따른다. 클래딩은 설명된 바와 같이 커버 판(113)을 사용하는 것에 의해 코어의 측면 상에만 형성하도록 제한될 수 있고, 그것은 삼투압이 클래딩 모노머로 기판과 유리 커버 판(113) 사이의 공간을 채우는 것을 허용한다.
- [0029] 그레이디드 인덱스가 소망된다면, 코어 또는 제 1 부분(148)은 코어를 형성하기에 충분한 레벨로 부분적으로 경화될 수 있고, 액상 클래딩 포물레이션이 단계(114)에서 일부 상승된 온도(예, 다른 실시예에서 다른 온도가 사용될 수 있음에도, 40°C 내지 60°C)에서 조립체가 소킹(soaking)하는 것을 허용함으로써 코어와 모노머를 교환하도록 허용될 수 있다. 그레이딩의 정도는 해당 기술분야의 당업자에 의해 인정되는 바와 같이, 시간, 온도 및 패터닝된 코어에서의 경화의 백분율에 의존할 것이다. 일반적으로, 그레이디드 인덱스 가이드에 있어서, 각각의 포물레이션에서의 모노머는 상대적으로 넓게 분포된 굴절률 및 다른 경화의 속도를 가지는 두 개 이상의 모노머를 포함하고, 역시 해당 기술분야의 당업자에 의해 인정되는 바와 같이 모노머가 코어 영역의 안과 밖 중 하나 이상으로 용이하게 확산되도록 다른 굴절률을 가지는 것을 허용하는 것이 소망된다.
- [0030] 열 소크(thermal soak)가 그레이디드 인덱스를 제공하도록 사용되지 않으면, 주입된 클래딩 포물레이션은 클래딩 부분(149)이 코어 부분(148) 주변에 펼쳐지는 것을 허용하도록 충분한 양의 시간 동안 실내 온도에서 유지되도록 단순히 허용될 수 있다. 제 2 UV 노출이 단계(115)에서 수행될 수 있고, 그 후에 단계(116)에서 고체층(140)이 패키징 또는 핸들링을 위해 기판 상에 본딩되어 남겨질 수 있고, 또는 단계(117)에서 광학 화이버(131)에 결합되도록 프리 스탠딩 레이어(free standing layer)를 제공하도록 기판(116)으로부터 제거될 수 있다. 하나의 예시적인 구현에 부합해서, 고체층(140)이 기판으로부터 벗겨질 수 있는 반면에 유리 커버 판(113)에 여전히 부착될 수 있다. 직경 62.5 미크론의 마스크 크기가 하나의 예시적인 구현에서 사용되었고, 이 직경은 코어의 크기로 필수적으로 재생성되었다. 직경에서의 편차는 해당기술분야의 당업자에 의해 인정되는 바와 같이, 노출 부족 또는 노출 과다 의해 또는 전개 부족(under development)에 의해 유리하게 생성될 수 있다.
- [0031] 위에-설명된 접근의 변형을 사용하여 생성될 수 있는 추가적인 구성이 도 12-14에 도시된다. 경사진 단부면을 갖는 광학 화이버(131') 및 균일한 두께를 갖고 경사진 단부면의 경사진 각에 부합하는 대응하는 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층(140')이 도 12에 나타난다. 도 5a 및 도 5b에서 도시된 실시예와 유사하게, 페룰 마운팅(150') 및 제 1(코어 매칭) 부분과 제 2(클래딩 매칭) 부분(148", 149")을 갖는 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층(140")을 갖는 또 다른 예시적인 실시예 역시 도 13에서 보여지는 바와 같이 제공될 수 있다. 도 14에서 도시된 실시예에서, 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층(140')은 그레이디드 굴절률을 갖는 제 1(코어) 부분(148'')을 포함하고, 층은 해당 기술분야의 당업자에 의해 인정되는 바와 같이, 제 1 및 제 2 광학 화이버(131'', 132'')

사이에 배치되고 그로써 페룰(150'') 상에 고정되는 일체형 GRIN 렌즈를 제공한다.

- [0032] 이제 도 15a 및 도 15b에 관해 언급할 때, 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층(240)을 포함하는 예시적인 광학 화이버 스위치(230)는 제 1 및 제 2 각진 광학 화이버(201, 202)를 설명적으로 포함하고, 여기서 그것은 다중 모드 또는 단일 모드 화이버일 수 있다. 더 구체적으로, 스위치(230)는 도 15a에서의 결합된 또는 밀폐된 위치(스위치 상태 1) 및 도 15b에서의 비결합된 또는 개방 위치(스위치 상태 2)로 나타난다. 결합된 위치에서, 광은 경로 A-A'(즉, 두개의 코어(235, 237) 사이)를 따라, 비결합된 위치에서 경로 A-B(즉, 제 1 광학 화이버(231) 내에서)와 경로 B'-A'(즉, 제 2 광학 화이버(232) 내에서) 중 하나 이상을 따라 전송된다.
- [0033] 제 1 및 제 2 각진 광학 화이버(201, 202)의 각각은 각각의 제 1 및 제 2 단부면(203, 204)을 설명적으로 포함한다. 위에서-설명된 실시예와 같이, 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층(240)은 제 1 단부면(203)에 결합되는 기부측 단부면, 및 제 2 단부면(204)에 반복가능하게 광학적으로 결합되도록 기부측 단부면에 마주하는 말단면을 가지고 포함된다. 여기서 다시, 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층(240)은 도 1a 및 도 1b에 도시되는 바와 같이 코어의 굴절률에 매칭하는 굴절률을 가진다. 광학 화이버 스위치(200)는 또한 해당 기술분야의 당업자에 의해 이해되는 바와 같이, 결합 그리고 비결합 위치 사이에 제 1 및 제 2 각진 광학 화이버(231, 232)를 상대적으로 이동하기 위한 하나 이상의 액추에이터(255)(즉, 피에조 전기 액추에이터)를 포함할 수 있다.
- [0034] 광학 화이버 스위치(230)를 구성하기 위한 관련된 방법이 도 16에 도시된다. 블록(160)에서 시작해서, 제 1 및 제 2 각진 광학 화이버(231, 232)가 형성되고, 각각은 각각의 제 1 및 제 2 단부면을 가진다(블록(161)). 위에서 언급되었듯이, 제 1 및 제 2 각진 광학 화이버(231, 232)의 각각은 코어 굴절률( $n_1$ )을 갖는 코어(235, 237), 및 코어 굴절률과는 다른 클래딩 굴절률( $n_2$ )을 갖고 코어를 둘러싸는 클래딩(236, 238)을 설명적으로 포함한다. 이 방법은 블록(162)에서 제 1 단부면(203)에 결합되는 기부측 단부면, 및 제 2 단부면(204)에 반복가능하게 광학적으로 결합되도록 기부측 단부면에 마주하는 말단면을 갖는 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층(140)을 형성하는 단계를 더 설명적으로 포함한다. 여기서 다시, 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층(204)은 적어도 코어(235)의 굴절률( $n_1$ )에 대응하는 굴절률을 가진다. 이 방법은 또한 블록(163)에서, 결합 위치(도 15a)와 비결합 위치(도 15b) 사이에 제 1 및 제 2 각진 광학 화이버(231, 232)를 상대적으로 이동시키기 위해 하나 이상의 액추에이터(255)를 배치하는 단계를 설명적으로 포함하고, 따라서 도시된 방법을 종료한다(블록(164)).
- [0035] 일부 실시예에서, 광학 스위치는 도 7a 및 도 7b에 대한 참조와 함께 위에서 논의된 바와 같이, 코어와 클래딩 모두에 합치하는 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층을 포함할 수 있다. 그러한 광학 스위치를 구성하기 위한 관련된 방법이 도 17에 도시되고, 블록(162')에서 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층은 코어 및 클래딩 굴절률에 매칭하는 굴절률을 가지도록 형성된다. 일부 광학 화이버 스위치 실시예에서 제 2 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층은 해당 기술분야의 당업자에 의해 인정되는 바와 같이, 도 2a 및 도 2b에 대한 참조와 함께 위에서 유사하게 논의된 바와 같이, 제 2 광학 화이버(232)의 제 2의 면(204)에 화학적으로 결합될 수 있다.
- [0036] 일반적으로 말해서, 다중모드 스위치의 소망되는 특성은 낮은 삽입 손실, 낮은 리턴 손실, 및 빠른 스위칭 타임의 엄격한 요구사항을 획득하는 것을 포함한다. 그러나 그러한 특성은 다중모드 스위치에서 획득하기가 일반적으로 어렵다. 일반적으로, 다중모드 스위치는 화이버를 이동시키거나 광학 소자(즉, 미러)를 이동시키는 것을 사용하는 기계적 유형의 것이다. 빠른 스위칭 타임을 획득하는 것은 이동 질량을 감소시키도록 마이크로-전자기계 시스템(MEMS) 스케일 컴포넌트를 요구한다. 요구되는 이동 영역을 감소시키는 설계 역시 소망된다. 게다가 결합 스위치 상태에서의 스위치의 정밀한 정렬, 도파관 면의 각도 설정 및 가이드 사이의 인터페이스 내의 신중한 인덱스 매칭 중 하나 이상 역시 일반적으로 소망된다. 임의의 안내되지 않은 광 경로의 감소 역시 중요한 고려사항이다.
- [0037] 이들 특성은 스위치(200)로 유리하게 획득될 수 있고, 그것은 FTIR(frustrated total internal reflection)의 원칙 위에 동작한다. 스위치(200)는 제 1 및 제 2 단부면(203, 204) 사이의 짧은 정도의 이동만을 요구한다. 일반적으로, 요구되는 변위는 스위치(200)를 동작시키기 위해 단지 3과장(예, 4 마이크로) 이하만을 필요로 한다. 스위치는 45-도 이상의 각도( $\alpha$ ) 인터페이스로 설계될 수 있고, 그래서 상태 1(결합된 위치)에서의 후방 반사가 강력하게 억제될 것이다. 위에서 언급된 바와 같이, 스위치(200)는 두 개의 스위치 상태(즉, (1) A-A'(즉, 결합) 및 (2) A-B와 B'-A' 중 하나 이상(비결합)) 중 어느 하나를 달성할 수 있다. 스위치(200)는 하프 2x2 크로스바 스위치로서 세워질 수 있고, 또는 해당 기술분야의 당업자에 의해 인정되는 바와 같이, 그것은 두 개의 1x2 스위치로부터 조립될 수 있다.
- [0038] 예시적인 광학 화이버 스위치 구현이 이제 도 18-24를 참조하여 설명될 것이다. 다음의 예시에서, 인덱스 매칭

엘라스토머릭 고체층은 EIMM(elastomeric index matching medium)으로 언급된다. EIMM이 광 가이드로서 구성되는 경우에, 그것은 필름의 평면에 대해 45-도 이상의 각으로 배치되는 코어를 가질 수 있고, 화이버의 코어(예, 50 $\mu$ m 또는 62.5 $\mu$ m)에 부합하도록 크기조절된다. 도 15a 및 도 15b에 도시되는 바와 같이, 코어는 EIMM이 고정되는 화이버와 함께 정렬된다.

[0039] EIMM의 코어 영역(148) 역시 인덱스에서 그레이딩될 수 있는 이들 실시예에서, 광은 그 자체로 화이버를 통해 전파하는 것처럼 EIMM을 통해 전파하도록 유리하게 허용된다. 이것은 감소된 손실을 제공하고, EIMM이 기존 설계의 기계적 측면을 충족시키도록 요구되는 바와 같이 다른 두께가 되는 것을 허용한다. 상태 2(즉, 비결합)에서, 광의 상당한 일부가 EIMM과 공기 사이의 인터페이스에서 반사될 것이다. 해당 기술분야의 당업자에 의해 인정되는 바와 같이, 도 15a와 도 15b에 도시되는 기본 설계의 변형이 가능하다. 일부 잠재적 변형은 예를 들어, 경로 B와 B'에서 광을 수집하거나 삽입하기 위해 정지 미러 또는 렌즈의 사용을 포함할 수 있다. 게다가, 액추에이터의 다른 형태 역시 사용될 수 있다.

[0040] 다양한 EIMM 폴리머 포물레이션이 위에 논의된 광학 화이버 스위치 및 반복가능한 광학 화이버 상호연결을 위해 사용될 수 있다. 일반적으로 말해서, EIMM 폴리머는 아크릴레이트와 메타크릴레이트 중 하나 이상의 UV 경화를 통해 형성될 수 있다. 폴리머의 제조는 적은 양의 광개시제 및 산화방지제와의 액상 아크릴레이트와 메타크릴레이트(여기서 아크릴레이트(메타크릴레이트)로 축약됨) 모노머 중 하나 이상의 포물레이션으로 시작할 수 있다. 589.3nm(소듐 D 라인)에서의 모노머의 굴절률이 제조자에 의해 제공된다. 광학 화이버 어플리케이션에 있어서, 1310nm에서 그리고 850nm에서 중 하나 이상에서의 폴리머의 인덱스는 특히 흥미롭다. 다른 모노머 포물레이션으로 구성된 폴리머는 해당 기술분야에서 당업자에 의해 인정되는 바와 같이, 다른 인덱스 및 다른 분산 모두를 가질 것이다.

[0041] 최초 추정치 출발 포물레이션에서 모노머의 상대적 양의 함수로서 굴절률을 결정하도록 사용될 수 있다. 이 추정된 포물레이션은 출발 포인트로서 사용될 수 있고, 그런 후에 소정 모노머의 적은 첨가가 소망된 폴리머를 위해 타겟팅된 굴절률 포물레이션을 정제하도록 실제 측정에 기반해서 사용될 수 있다. 도 18은 액상 모노머 포물레이션의 출발 조성물을 계산하도록 사용될 수 있는 표의 예시적인 세트를 제공한다. 광개시제 및 산화방지제는 총 부피의 작은 일부를 나타내기 때문에, 계산에서 무시된다.

[0042] 표 18.1은 액상 모노머의 특징을 설명하는 입력 값 및 사용을 위해 타겟팅되는 각각의 모노머의 부피 백분율을 제공한다. 표 18.3의 제 1의 두 개의 칼럼에서의 임상 파라미터는 분산( $\xi$ )의 결과로서 589nm에서 1310nm 또는 850nm까지 진행되는 인덱스에서의 기대되는 시프트 및 중합( $\delta$ )의 결과로서 발생될 기대되는 변화의 측정을 제공한다.  $\delta$ 는 액상 모노머와 경화된 폴리머 사이에 589.3nm에서의 인덱스의 비율에 의해 추정된다. 분산 팩터( $\xi$ )는 589.3nm에서의 인덱스 및 타겟 파장(850nm 또는 1310nm)에서의 폴리머의 인덱스의 비율이다. 이들 파라미터는 가깝게 관련된 아크릴레이트 폴리머 상의 측정으로부터 획득된다. 계산된 값은 표 18.3의 마지막 세 개의 칼럼에서 강조된다. 도시된 예시에서, Corning InfiniCor SX 50- $\mu$ m 화이버의 NA는 0.200이고, 그래서 다양한 모노머의 부피 백분율이 이 값에 도달하도록 조절된다. 기대되는 굴절률의 계산이 아래에 수학적(1)으로 이루어지고, 여기서  $Vf_i$ 는  $i^{th}$  컴포넌트의 부피율을 나타내고,  $\delta$ 는 중합 팩터이고,  $\xi$ 는 1310nm 또는 850nm에서의 분산 팩터이다:

**수학적 1**

[0043] 
$$n_{polymer} = (n_A * Vf_A + n_B * Vf_B + n_C * Vf_C + n_D * Vf_D + n_E * Vf_E) * \delta * \xi .$$

[0044] 예시적인 스위치가 두 개의 그레이디드-인덱스 화이버 유형: 뉴욕의 코닝 사(Corning, Inc.)로부터의 Corning InfiniCor CL-1000(62.5  $\mu$ m) 및 InfiniCor SX(50 $\mu$ m) 주위에 설계되었다. 양쪽 화이버 유형이 양쪽 파장 영역 내에서 사용될 수 있음에도, 850nm에서 동작하는 시스템은 InfiniCor SX를 사용하는 반면에 1310nm 부근에 동작하는 시스템은 InfiniCor CL-1000을 사용하는 경향이 있을 수 있다. EIMM은 인덱스 매칭을 제공하도록 설계되기 때문에, 관심의 파장에서 각각의 화이버의 굴절률을 특징화하는 것은 중요하고, 그것의 요약이 InfiniCor 화이버에 관해 측정되고 구체화된 파라미터에 관한 다음의 표에서 제공된다.

표 1

화이버 유형	파장 (nm)	피크 코어 인덱스	클래딩 인덱스	$\Delta n$	$\Delta$	Spec 로부터의 $\Delta$	피크 NA	Spec 로부터의 NA
InfiniCor SX	850	1.46735	1.4525	0.01485	1.01%	1.00%	0.208	0.200
InfiniCor CL 1000	1322	1.4753	1.4467	0.0286	1.92%	2.00%	0.289	0.275

[0045]

[0046]

위에서 논의된 바와 같이, EIMM은 UV 경화에 의해 아크릴레이트와 메타크릴레이트 모노머로부터 합성되는 아크릴레이트(메타크릴레이트) 폴리머일 수 있다. 모노머는 해당 기술분야의 당업자에 의해 인정될 바와 같이, 굴절률, 경성, 모듈러스, 인성, 및 투명성과 같은 폴리머의 소망되는 특징을 포함하는 다양한 기준의 토대 상에 선택된다. 더 낮은 건강 위험 또는 독성을 갖는 모노머 역시 선호될 수 있다. 낮은 경성 내지 중간 경성의 폴리머 역시 일반적으로 소망되고, 그래서 스위치가 폐쇄되거나 또는 결합되는(A-A') 위치에 있을 때 광 접촉 표면의 효과적인 습식이 용이하게 획득될 수 있다. 모듈러스는 화이버의 전체 코어(및 선택적으로 클래딩) 영역을 포괄하는 습식 영역을 획득하기에 필요한 힘을 결정할 것이다.

[0047]

아크릴레이트 모노머의 하나의 예시적인 선택이 도 19에 도시된다. 각각의 모노머는 고유한 속성에 기여한다. 불소첨가 화합물, F8DA 및 TFPM은 화이버 코어 및 클래딩의 굴절률에 매칭하도록 포플레이션의 굴절률을 낮추도록 사용된다. 방향족 화합물, EBDA-10은 페닐 그룹의 존재를 통해 코어에 더 높은 인덱스에 기여한다. 에톡시 그룹의 긴 펜던트 체인의 장점에 의해, 그것은 또한 유연성, 강성을 주고 경성을 감소시킨다. 지방족 디아크릴레이트, PNGDA 역시 소망되는 기계적 유연성과 함께, 중간 굴절률을 갖고, F8DA 또는 EBDA-10과 조합해서 클래딩과 코어의 인덱스 중 하나 이상이 상하로 조절되는 것을 허용한다. 단일 작용기의 모노머, TFPM, IBA 및 IOA는 가교 밀도가 조절되는 것을 허용하고, 경성 및 강성에 영향을 미친다. IBA의 호모폴리머가 상대적으로 높은 Tg(90°C)를 갖고 IOA의 것은 상대적으로 낮은 Tg(-54°C)를 갖기 때문에, 이들 모노머는 또한 폴리머의 유리 전이 온도(Tg)를 상하로 조절하도록 사용될 수 있다. 일반적으로 말해서, 중합 시에 위상 분리되지 않고 혼합가능한 이들 또는 다른 적합한 모노머의 조합이 사용될 수 있다. 다음 표는 여러 예시적인 모노머의 물리적 특징의 목록을 제공한다:

표 2

물질	MW	점도 (cp)	밀도 (kg/L)	호모폴리머의 Tg (°C)	Liq. @ 589 nm 의 RI	표면 장력 (dyn/cm)	Est. Liq. 손실 @1310 dB/cm
EBDA-10	776	610	1.126	2	1.5142	37.6	0.20
EBDM-30	2156	610	1.122	-43	1.4906	43.8	0.17
PNGDA	328	15	1.005	32	1.4500	32.0	0.20
IOA	184	5	0.88	-54	1.4346	28.0	0.22
F8DA	370	0.46	1.383		1.3937	24.2	0.09
TFPM	200		1.215	68	1.3730	20.6	0.11

[0048]

[0049]

위에-언급된 모노머는 단일 작용기의 그리고 2-작용기의 모노머 모두를 포함한다(즉, 그들은 하나 또는 두 개의 아크릴레이트(메타크릴레이트) 그룹 중 어느 하나를 포함한다). 이들 그룹은 엘라스토머릭 특성을 가지는 무겁게 가교된 고체로 유도하는 유리기 중합 메커니즘의 대상이 된다. UV 광으로 중합을 개시하기 위해, UV-민감한 광개시제가 포플레이션에 포함된다. 또한, 에이징과 함께 황변하는 경향성을 감소시키도록, 산화방지제가 첨가된다. 이들 구성성분의 각각은 예를 들어, 2% 또는 더 낮은 레벨에서 포플레이션의 작은 백분율로서만 존재한다. 이미 언급된 바와 같이, 포플레이션의 하나의 소망되는 측면은 구성하는 성분이 혼합가능하고, 중합이 발생함에 따라 그대로 남겨지는 것이다. 위상 분리는 실안개 형성, 그리고 따라서 광학 산란 손실을 초래할 수 있다. 예시적인 포플레이션이 아래의 표에 목록화된다:

표 3

엘라스토머릭 인덱스 매칭 물질 포물레이션

물질	약어	EIMM 200	EIMM 200	EIMM 401	EIMM 401
		코어 포물레이션 (중량 %)	클래딩 포물레이션 (중량 %)	코어 포물레이션 (중량 %)	클래딩 포물레이션 (중량 %)
이소옥틸 아실레이트	IOA		28.3%		
퍼플루오로헥산디올 디아크릴레이트	F8DA	79.0%	26.4%	26.6%	35.1%
프로폭실레이티드 네오펜틸 글리콜 디아크릴레이트	PNGDA	21.0%	26.0%	21.3%	15.6%
테트라플루오로프로필 메타크릴레이트	TFPM		19.3%	25.6%	32.8%
에톡실화된(10) 비스페놀 A 디아크릴레이트	EBDA-10			26.6%	16.6%
첨가제 <sup>(1)</sup>					
디에톡시아세토페논 (광개시제)	DEAP	2.0%	2.0%		
Daracur 4265 (광개시제)	D-4265			2.0%	2.0%
Irganox 1010 (산화방지제)	I-1010	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%

총 물질 리스트의 퍼센트로서 취해진 첨가제

[0050]

[0051]

예시의 방법에 의해, 스위스, 바젤의 시바(Ciba)사로부터의 Irganox 1010은 적합한 산화방지제로서 사용될 수 있다. 게다가, 두 개의 적합한 액상 광개시제가 도 20 및 도 21에 도시된다. 도시된 광개시제 둘 모두는 수은 램프(I-line)로부터의 UV 광에 대해 소망하는 반응을 가진다. D4265는 가장 강한 반응을 가지나, 청색 광에 대해서도 역시 일부 민감성을 포함하고(I-line), 그래서 그것은 해당 기술분야의 당업자에 의해 인정될 바와 같이, 필터링된 (황색 광) 조명을 갖는 영역에서의 사용 및 저장을 요구할 수 있다.

[0052]

위의 모노머와 광개시제로 구성되는 여러 물질 포물레이션은 굴절률 및 분산률 특성의 관점에서 특징화된다. 코어 및 클래딩의 샘플이 실리콘 기판 상에 코팅되고 대략적으로 35 mW/cm<sup>2</sup>를 출력하는 고-압력 수은 광원으로부터의 1500 mJ 도스의 UV 광에 노출되었다. 그런 후에 경화된 샘플이 125℃에서 1 시간 동안 유동 질소 하에서 담금질되었다. 담금질하는 프로세스는 잔류하는 경화되지 않은 모노머 및 광개시제와 같은 임의 저 분자량 종에서 떨어져 승화에 대한 잠재성을 가진다. 굴절률은 박막(일반적으로 10 내지 50 마이크론 두께) 상의 프리즘 결합 측정에 의해 측정되었다. 도 18에서의 EIMM-200을 나타내는 포물레이션에 대한 결과가 도 7에 도시된다. 이들 결과는 EIMM-200 코어 및 클래딩의 포물레이션을 위한 것이고, 그것은 위에 열거된(그리고 도 18의 그래프에서 검은색 정사각형으로 나타나는) InfiniCor SX 화이버에 대한 값을 갖는 라인에 있다.

[0053]

위에서 언급된 바와 같이, 기존 스위치에 요구되는 특징에 부합하도록 EIMM의 기계적 특성을 설계하는 것이 소망될 수 있다. 예를 들어, 측정은 유리 전이 온도(Tg)를 결정하도록 DSC(Differential Scanning Calorimeter) 및 저장 모듈러스를 결정하도록 DMA(Dynamic Mechanical Analyzer)를 사용하여 포물레이팅된 물질에 대해 이루어질 수 있다. 굴절률에 따른 이들 값이 다음의 표에 기록된다. 데이터는 기계적 그리고 열적 특징이 모노머 포물레이션에 대한 다른 배합표의 선택을 통해 매우 큰 범위에 걸쳐 변화될 수 있다는 것을 나타낸다.

표 4

아크릴레이트 폴리머 필름의 측정된 특징<sup>(1)</sup>

포물레이션	RI @ 1322 nm	RI @ 850 nm	Tg <sup>(2)</sup> (°C)	모듈러스 <sup>(3)</sup> @ 30°C (kpsi)	Est. 고체 밀도 (g/cm <sup>3</sup> )
1a 코어	1.4895		7.44	0.3	1.08
1b 코어	1.4904		11.6	14.5	1.08
1a 클래드	1.4703		37.3	143.8	1.04
1b 클래드	1.4685		32.7	137.5	1.08
2 코어		1.4669		9.3 내지 60 <sup>(4)</sup>	
2 클래드		1.4525		2	

- (1) 질소 하에서 1시간 동안 125°C에서 담금질 후의 고형 폴리머
- (2) DSC에서의 1차 가열로부터 결정된 Tg
- (3) DMA로부터의 모듈러스
- (4) 경화 및 열적 히스토리에 따른 범위

[0054]

표 5

선택된 엘라스토머릭 고체를 위한 모노머 포물레이션

포물레이션	F8DA (wt%)	PNGDA (wt%)	EBDA-10 (wt%)	TFPM (wt%)	IOA (wt%)	DEAP (wt%)	D-4265 (wt%)	I-1010 (wt%)
1a 코어		59.4	38.3			2		0.3
1b 코어		59.4	38.3				2	0.3
1a 클래드	2.8	94.9				2		0.3
1b 클래드	10.7	82.3	4.7			2		0.3
2 코어		77.2		20.5		1	1	0.3

[0055]

[0056]

EIMM 구조 또는 층은 다양한 형태를 취할 수 있고, 그 중 하나는 화이버의 실효 굴절률과 등가인 굴절률을 가지는 물질의 층이다. 다시, 작은 면이 있는(각진) 화이버 단부로부터 내부 전반사(total internal reflection)를 획득하는 것이 에어 인터페이스를 요구하기 때문에, EIMM은 도 15a 및 도 15b에서 도시되는 이들과 같은 어플리케이션에서 액상 인텍스 매칭 물질에 대해 유리하다. 액체는 스위치의 사이클링 시에 깨끗하게 제거될 필요가 있을 수 있다. 고형 EIMM은 하나 또는 둘 모두의 면에 대한 이러한 요구사항을 달성하고, 화이버의 단부면 중 하나에 남겨진다면 스위치 상태 2(비결합됨)에서의 평면 반사 표면을 선택적으로 형성할 수 있다. 도 11에 대한 참조와 함께 위에서 논의된 바와 같이, EIMM은 프리-스탠딩 필름으로서 제조될 수 있고 뒤이어 정렬되고 화이버 단부면에 적용될 수 있거나, 또는 그것은 폴리싱된 페룰 또는 화이버 단부 상에 직접적으로 제조될 수 있다. 전자의 경우에 그것은 유리 또는 실리콘 상에 성장되고 경화 후에 박리된다. 해당 기술분야의 당업자에 의해 인정되는 바와 같이, 후자의 경우에, 접착 촉진제가 화이버 단부에 적용될 수 있고, 그런 후에 EIMM이 단단히 부착되어 남겨질 수 있다.

[0057]

화이버의 단부 상에 도파관을 제조하기 위해, 50-미크론 코어 화이버가 지지되는 광선에 대해 화이버 단부에서 내부 전반사를 제공하도록 51도에서 각도 설정될 수 있다. 도파관은 화이버와 같은 축을 가질 수 있다. 이러한 지오메트리를 생성하기 위한 하나의 예시적인 픽스처(300)가 도 23에 도시된다. 예를 들어, 광학 화이버(331)는 실리콘 V-그루브 블록(301)에 고정될 수 있고 51-도 각도에서 폴리싱될 수 있다. 화이버(331)는 EIMM 층(340) 제조 단계 동안 블록(301)에 남겨질 수 있다. 와이어 스페이서(302)는 EIMM 층(340)에 대해 두께(t)를 확립하도록 사용될 수 있고, 마스크(303)는 도 24에 도시되는 바와 같이 화이버(331)의 코어(335)에 매칭하는 타원형 코어 부분(348)을 형성하도록 사용될 수 있다. 일단 마스크(303)가 화이버(331)의 코어(335)로 적합하게 정렬되면, 픽스처(300)는 수직으로 조준된 광원으로부터의 UV 노출에 대해 도시된 바와 같이 51-도 각도에서 배향될 것이다. 결합 프리즘(304)은 해당 기술분야의 당업자에 의해 인정될 바와 같이, 마스크와 액상 EIMM 모노머를 통해 51-도 각도에서 UV 빛이 전파하는 것을 허용하도록 마스크(303)에 부착될 수 있다. 마스크(303) 및 프리즘(304) 둘 모두는 퀴즈(실리카)로부터 형성될 수 있고 EIMM과 동일하거나 유사한 굴절률을 가질 수 있다. EIMM이 경화함에 따라 그것의 인텍스가 증가할 것이고, 그런 이유로 UV 빛의 경로에 관한 실선 및 파선 사이에 나타나는 바와 같이 UV 빛의 일부 굴절이 있을 것이다.

- [0058] 코어 노출 후에, 구조는 예를 들어, 메탄올 및 이소프로판올의 용매 혼합물을 사용하여 전개될 수 있다. 클래딩 구조를 포함하는 제 2 마스크(도 23에 미도시)는 도 11에 대한 참조와 함께 위에 논의된 바와 같이, 화이버(331)의 클래딩(337)이 뒤따르는 클래딩 부분(349)을 형성하도록 사용될 수 있다. 다시, 이것은 화이버 자체로서 동일한ジオ메트리를 갖는 화이버(331)의 단부 상에 EIMM 층(340)을 생성할 것이고, 51-도 각도에서 종료되고, 단부면이 공기 중에 있을 때 횡으로 광을 반사할 것이고 결합시키는 화이버가 EIMM 층(340)과 접촉할 때 동축으로 광을 전송할 것이다.
- [0059] 광학 화이버 스위칭 및 상호연결 어플리케이션에서 EIMM 층(340)에 대해 사용될 수 있는 예시적인 두께가 다른 두께 역시 사용될 수 있음에도, 예를 들어, 약 25 μm에서 75 μm까지의 범위에 있을 수 있다. 그러한 두께에 있어서, 스위치의 폐쇄 시의 층(340)의 1-μm 변형은 각각 약 4%와 1.3% 사이에 놓인 스트레인을 초래할 것이다. 그러한 박막에 있어서 기판의 강성이 폴리머의 유효 강성에 영향을 미치기 때문에 층(340)의 유효 강성이 두께에 관련될 것이라는 점이 언급되어야만 한다.
- [0060] EIMM 층(340)은 반사 또는 산란 손실을 감소시키도록 두 개의 일시적으로 같이 결합된 광학 화이버의 인터페이스에서의 불규칙성을 유리하게 따를 수 있다. 45-도 각도에서 폴리싱된 화이버의 쌍들에 관한 테스트가 수행되었고 이러한 기능이 입증되었다. 테스트에 있어서, EIMM 폴리머가 화이버 단부를 커버링하는 1mm x 1mm 패드의 형상으로 화이버 폴리싱 블록의 표면 상에 성장되었다. 제 2 화이버 역시 그것의 폴리싱 블록에서 고정되었으나, EIMM에 의해 커버링되지 않았고, 그런 후에 제 1 화이버로의 광학 연결을 구성하도록 사용되었다. 이러한 연결은 능동적인 정렬을 통해 획득되었고, OTDR(optical time-domain reflectometer)로 측정된 바와 같은 최소 전송 손실 및 최대 반사 손실이 기록되었다. 테스트는 Corning InfiniCor CL 1000 62.5-μm 화이버를 사용했다. 테스트를 위해 EIMM 층에 어떠한 안내 구조도 없었고, 해당기술 분야의 당업자에 의해 인정될 바와 같이 그레이디드 인덱스 화이버의 피크 인덱스에 매칭되는 EIMM 물질의 지속적인 코팅만이 있었다.
- [0061] 다양한 두께의 EIMM으로 취해진 데이터가 다음의 표에 나타난다:

**표 6**

**EIMM으로 채워진 갭을 통한  
1310-nm 광 전송에 대해 측정되고 계산된 손실**

분리	62.5 화이버에 대해 계산된 손실	데이터* @ 1310	RL
(μm)	(dB)	(dB)	(dB)
5	0.034		
10	0.068		
25	0.173	0.175	59
50	0.353	0.306	71
100	0.738	1.037	75

\* 두께의 EIMM-12 코어의 패드를 사용함

- [0062]
- [0063] 보여질 수 있는 바와 같이, 소망되는 리턴 손실이 획득될 수 있다(예, 70dB보다 더 큼). 블록이 RL의 최적화 및 완전한 접근을 허용하도록 충분히 평행해질 수 없다는 것이 가장 얇은 샘플에 있어서, 그것에 결합되는 것을 소망함 없이 이론화된다. 전송 손실 역시 어떠한 안내 구조도 없었음을 고려할 때, 이론을 허용할 만큼 기본적으로 낮았다는 것 역시 언급되어야만 한다. 주어진 NA 및 반경의 그레이디드 인덱스 화이버(a)에 있어서, 인덱스의 물질( $n_0$ )에 의해 채워지는 갭에서의 전파를 위해 기대되는 화이버-화이버 손실(s)에 있어서, 다음의 수학적식은 기대되는 갭 손실 관계를 나타낸다:

**수학식 2**

$$Gap\_Loss(dB) = -10 \cdot \log \left\{ 1 - \frac{s \cdot NA}{4 \cdot a \cdot n_0} \right\}$$

- [0064]
- [0065] 위의 관계로부터의 데이터는 도 24에 비교를 위해 나타난다. 어떠한 도파관 구조도 EIMM에 나타나지 않음에도, 15μm보다 작은 분리는 0.1 dB보다 적은 전송 손실을 초래할 수 있다는 것이 언급될 것이다. 그러한 바와 같이,

EIMM 층(340)은 해당 기술분야의 당업자에 의해 인정될 바와 같이, 후방 반사를 억제하고 전송을 향상시키는 실효 굴절률 매칭 매질이다.

[0066] 부가적으로 도 25 및 도 26으로 돌아가서, 위에 논의된 상호연결(130)과 같은 광학 디바이스를 구성하기 위한 방법이 이제 설명된다. 그러나 이하에 설명되는 기법 역시 광학 화이버 스위치(230), 광학 도파관 등과 같은 다른 광학 화이버 디바이스에 적용될 수 있다는 것이 언급되어야만 한다. 블록(400)에서 시작해서, 블록(401)에서, 경화성 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층(140)을 위한 제 1 프리커서가 광학 화이버(131)와 같은 광학 가이드 디바이스의 단부면(133) 상에 적용된다. 다른 광학 가이드 디바이스는 예를 들어, 평면 광학 회로의 일부인 도파관, 레이저와 같은 광학칩, 변조기 또는 다른 광학 부품을 포함할 수 있다. 블록(407')에서 하나 이상의 표면 처리 조작(예, 화학적 그리고/또는 기계적 폴리싱)이 제 1 프리커서의 적용에 앞서 수행될 수 있다. 게다가, 소망된다면, 알콕시실란 또는 클로로실란과 같은 접착 촉진제가 화이버(131)의 단부면(133)에 최초로 적용될 수 있다.

[0067] 위에 논의된 바와 같이, 제 1 프리커서는 하나 이상의 부분적으로 불소첨가된 아크릴레이트 모노머를 포함할 수 있고, 그것은 실리카의 인덱스 매칭에 도움이 된다. 또한, 소망되는 형상을 유지하는 소망되는 엘라스토머릭 구조를 얻기 위해, 다기능 모노머의 적어도 일부 역시 포함될 수 있다. 부가적으로, 상대적으로 낮은 모듈러스를 얻기 위해, 예를 들어, 두 개의 화이버의 결합 동안 갭과 표면 불규칙성을 채우는 것을 허용하는 것이 소망되고, 프리커서의 일부는 기능성 아크릴레이트 그룹 사이의 상대적으로 신축성의 측쇄 및/또는 연결을 포함하는 모노머일 수 있다(예를 들어, 25°C보다 적은, 더 구체적으로 0°C보다 적은 것과 같은, 호모폴리머를 위해 상대적으로 낮은 유리 전이 온도를 갖는 것에 의해 일반적으로 반사됨). 또한, 프리커서에서의 모노머가 위에 설명된 속성을 얻기에 필요한 비율로 혼화성이고 하나 이상의 모노머가 실내 온도에서 액체인 것 역시 소망될 수 있다. 일반적으로 말해서, 프리커서에 포함될 광개시제는 상대적으로 높은 활성을 가질 수 있고 모노머의 액상 포물레이션에서 적어도 1%로, 그리고 더 구체적으로 약 2%로 가용성일 수 있다. 다시 그러한 모노머와 광개시제의 적합한 예시가 도 19-21에 대한 참조와 함께 위에 논의된다.

[0068] 이 방법은 블록(402)에서, 코어(135)의 굴절률에 대응하는 굴절률( $n_1$ )을 갖도록 단부면(133) 상에 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층(140)의 코어 부분(148)을 형성하도록 제 1 프리커서를 선택적으로 경화시키는 단계를 설명적으로 더 포함한다. 위에 논의된 바와 같이, 이것은 예를 들어, UV 광과 같은 전자기(EM) 방사를 사용하여 이루어질 수 있다(블록(402')). 이 방법은 또한 블록(403)에서 제 1 프리커서의 경화되지 않은 부분을 제거하고, 블록(404)에서 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층의 코어 부분(148)을 둘러싸는 광학 화이버(131)의 단부면(133) 상에 경화성인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층(140)에 제 2 프리커서를 적용시키는 단계를 포함할 수 있다. 제 2 프리커서는 위에 논의된 이들과 유사한 부품을 포함할 수 있으나, 클래딩(137)의 다른 굴절률( $n_2$ )로 조절된다. 해당 기술분야의 당업자에 의해 인정되는 바와 같이, 그레이디드 인덱스가 생성되어야만 한다면, 그때 중합(또는 교차 연결) 속도에서의 차이 및/또는 굴절률에서의 차이를 갖는 다른 모노머의 세트가 사용될 수 있다(블록(404')). 위에 언급된 바와 같이, 블록(408')에서, 상승된 온도에서 소킹을 수행하는 것과 같은 조작이 그레이디드 인덱스 구조를 제공하도록 사용될 수 있다.

[0069] 이 방법은 블록(405)에서 클래딩의 굴절률에 대응하는 굴절률( $n_2$ )을 가지도록 단부면(133) 상에 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층(140)의 클래딩 부분(149)을 형성하도록 제 2 프리커서를 경화시키는 단계를 더 설명적으로 포함하고, 따라서 도 25에 도시된 방법을 종결한다. 여기서 다시, 경화는 예를 들어, 광개시제를 활성화하도록 적합한 파장을 갖는 UV 광과 같은 EM 방사의 사용을 통해 얻어질 수 있다.

[0070] 엘라스토머릭 고체층(140)이 유사하지 않은 광학 화이버 또는 도파관의 상호연결에 사용되어야 하고, 각각의 코어 및 클래딩의 굴절률이 연결될 도파관 및/또는 화이버 사이에 다를 수 있는 경우들에서, 코어 및 클래딩의 인덱스는 상호연결된 화이버 또는 도파관의 이들 사이에 유리하게 놓일 수 있다. 예를 들어, 상호연결될 도파관의 코어의 굴절률의 평균과 같은, 엘라스토머릭 고체층의 코어의 굴절률에 관한 중간 값을 선택하는 것은 상호연결에서 소실된 광학 파워에서의 감소를 제공할 수 있다. 유사하게, 엘라스토머릭 고체층의 코어는 물론 클래딩에 관한 굴절률의 중간 값을 선택하는 것은 상호연결에서의 손실을 더 감소시킬 수 있다. 코어 및 클래딩의 굴절률이 두 개의 유사하지 않은 화이버 또는 도파관의 값 사이에 단계적인 방식으로 진행하게 변경되는 엘라스토머릭 고체의 다중 층을 생성하는 것은 해당 기술분야의 당업자에 의해 인정될 바와 같이 손실에서 훨씬 더 감소하도록 유도할 수 있다.

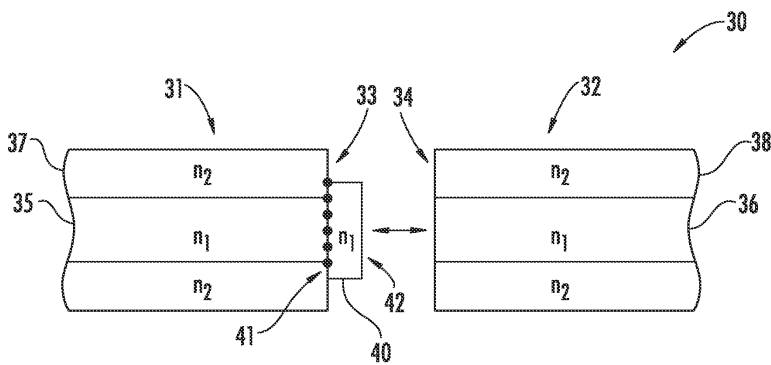
[0071] 광학 화이버(131)의 단부면(133) 상에 위치될 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층을 구성하기 위한 관련된 방법

이 이제 도 27에 관한 참조와 함께 설명된다. 이 방법은 도 25 및 도 26에 관한 참조와 함께 위에 설명된 바와 유사하지만, 본 예시적인 실시예에서 제 1 프리커서는 도 11에 관한 참조와 함께 위에 설명된 바와 같이 기관(109) 상에 적용된다(블록(401)). 제 2 프리커서의 경화 후에, 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층(140)이 위에서 더 논의된 바와 같이, 예를 들어, 광학 화이버 상의 뒤이은 배치를 위해, 블록(410)에서 기관(109)으로부터 제거될 수 있다.

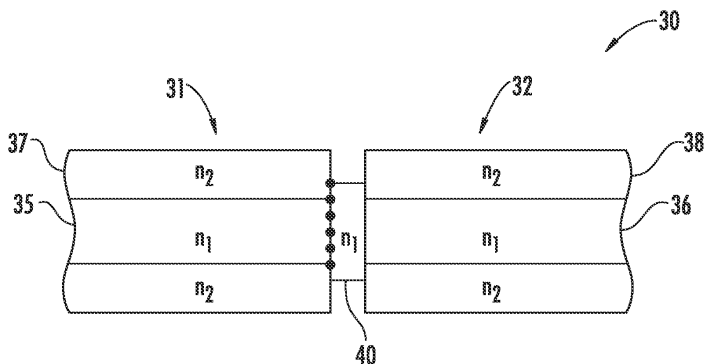
[0072] 상호연결(30)과 같은, 광학 화이버 디바이스를 구성하기 위한 유사한 방법이 이제 도 28에 관한 참조와 함께 설명된다. 블록(420)에서 시작해서, 이 방법은 블록(421)에서 광학 화이버(31)의 단부면(33) 상에 경화성 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층(40)에 적어도 하나의 프리커서를 적용시키는 단계를 설명적으로 포함한다. 그런 후에 적어도 하나의 프리커서는 블록(422)에서 적어도 코어(35)의 굴절률에 대응하는 굴절률( $n_1$ )을 갖도록 단부면(33) 상의 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층(40)을 형성하도록 경화되고, 따라서 도시된 방법을 종결한다(블록(423)). 일부 실시예에서, 경화성 인덱스 매칭 엘라스토머릭 고체층(40)은 또한 위에서 논의된 바와 같이 클래딩(37)의 굴절률( $n_2$ )에 대응할 수 있다.

도면

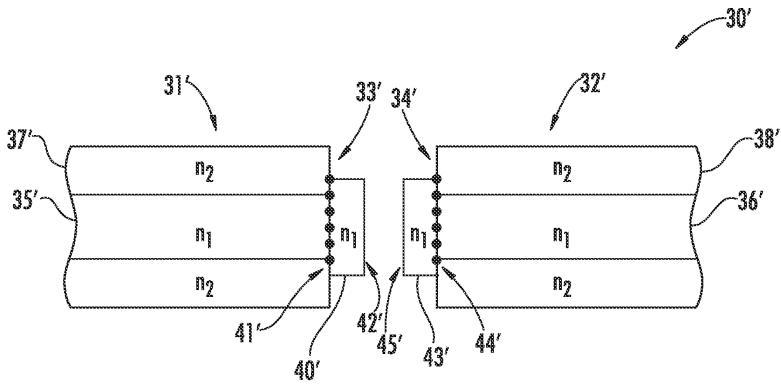
도면1a



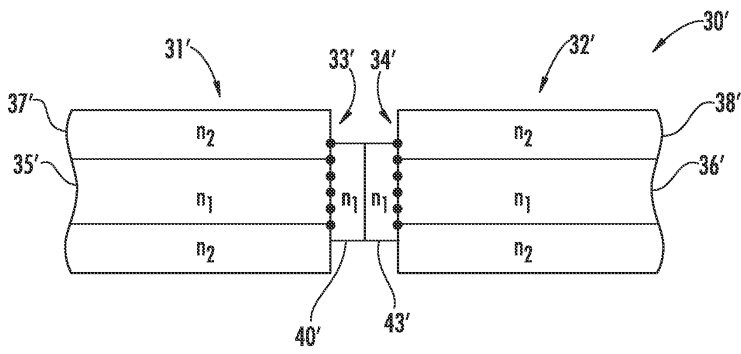
도면1b



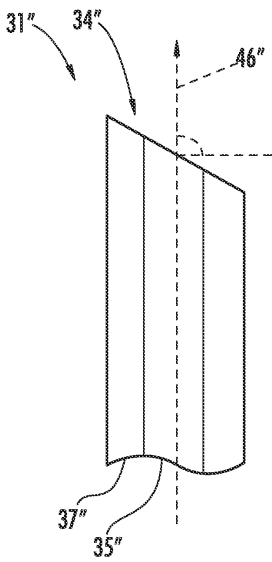
도면2a



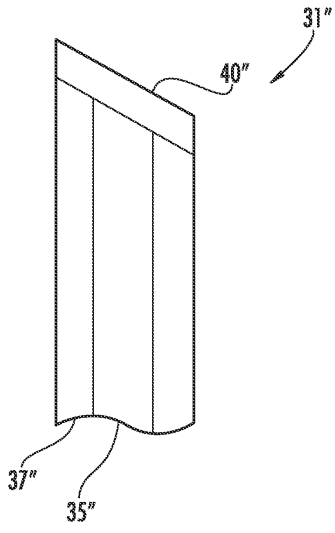
도면2b



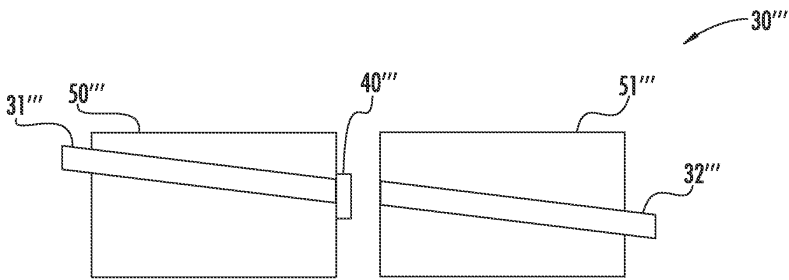
도면3



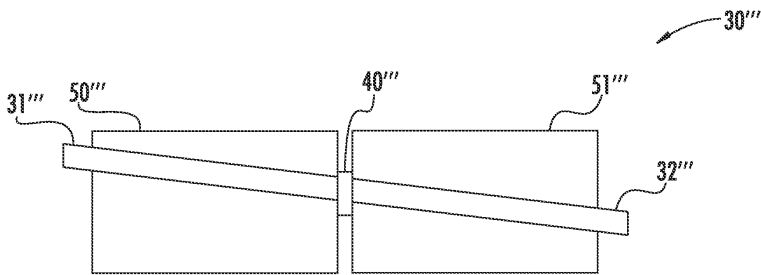
도면4



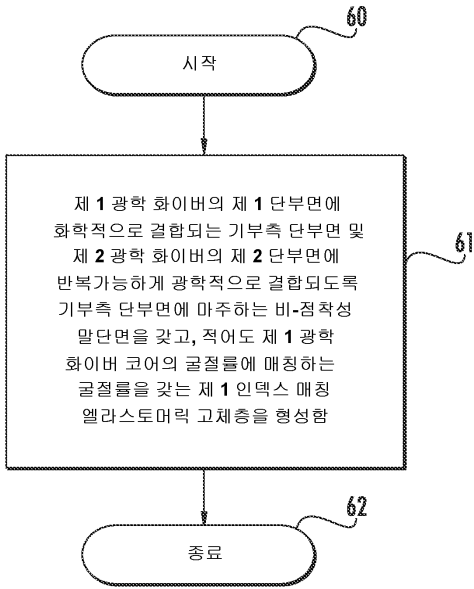
도면5a



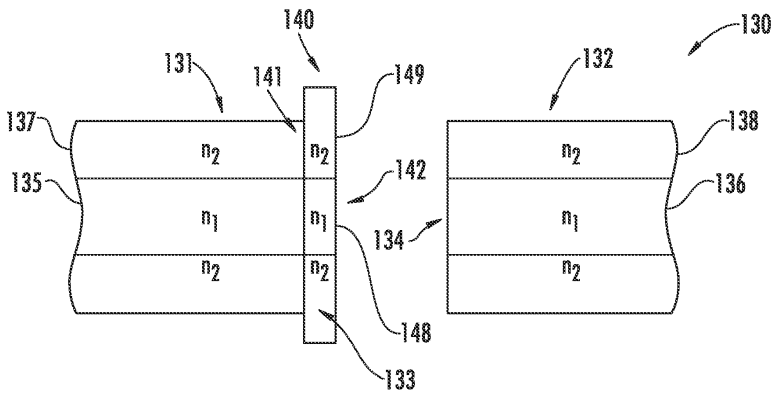
도면5b



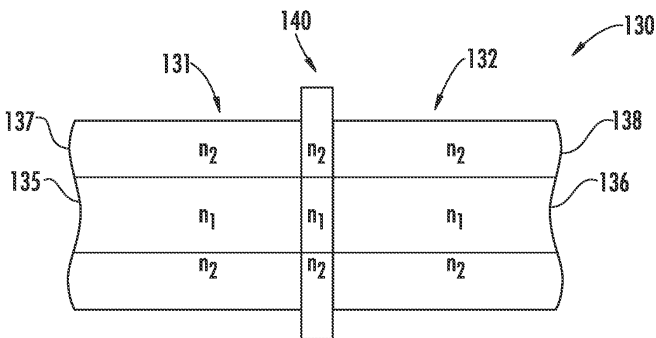
도면6



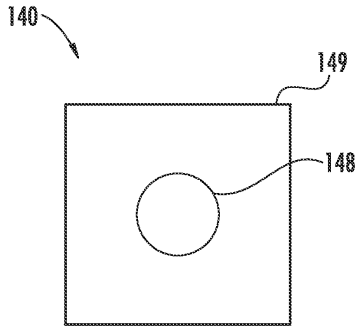
도면7a



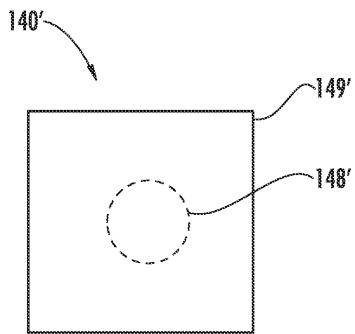
도면7b



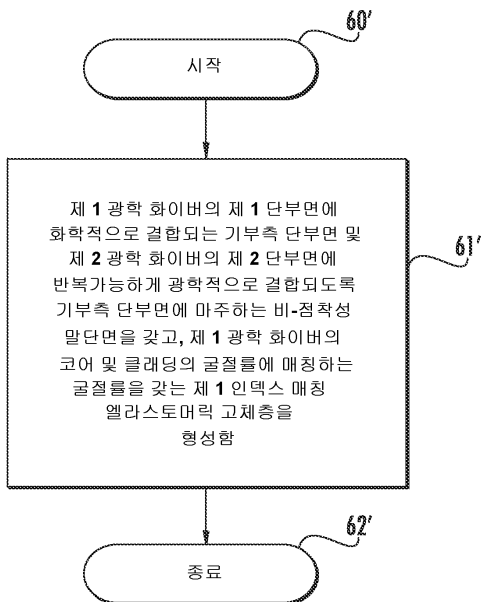
도면8



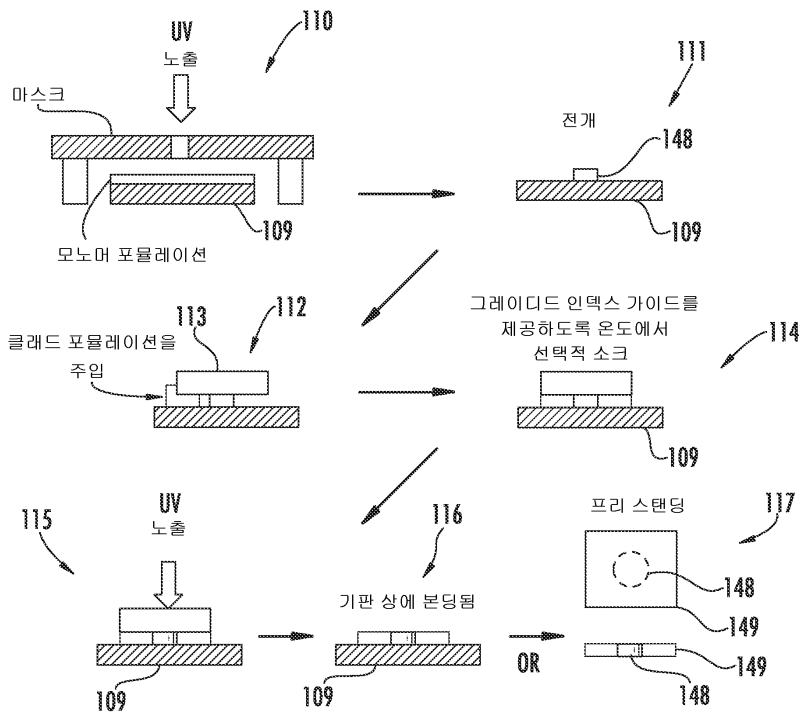
도면9



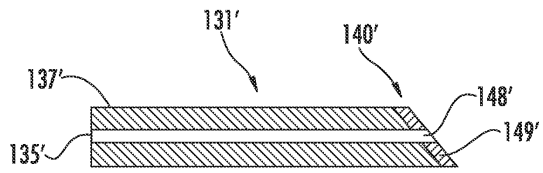
도면10



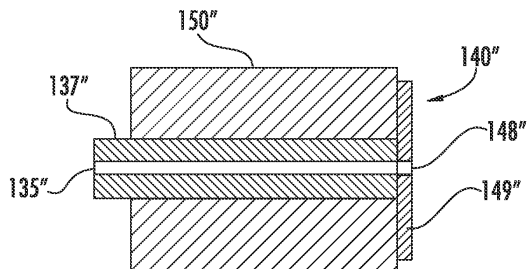
도면11



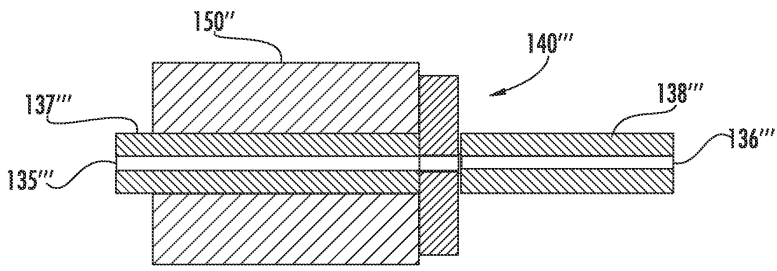
도면12



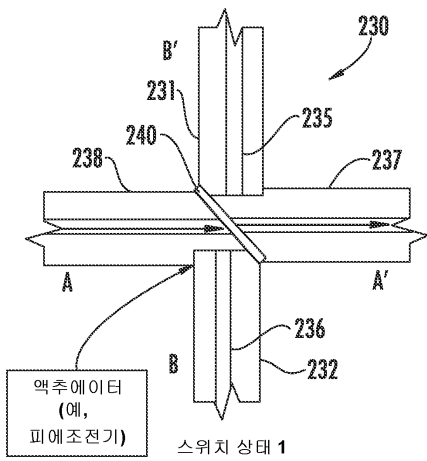
도면13



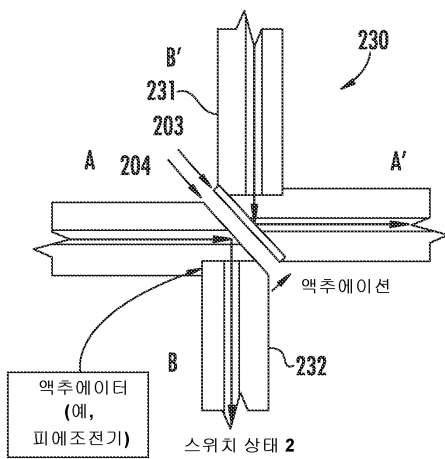
도면14



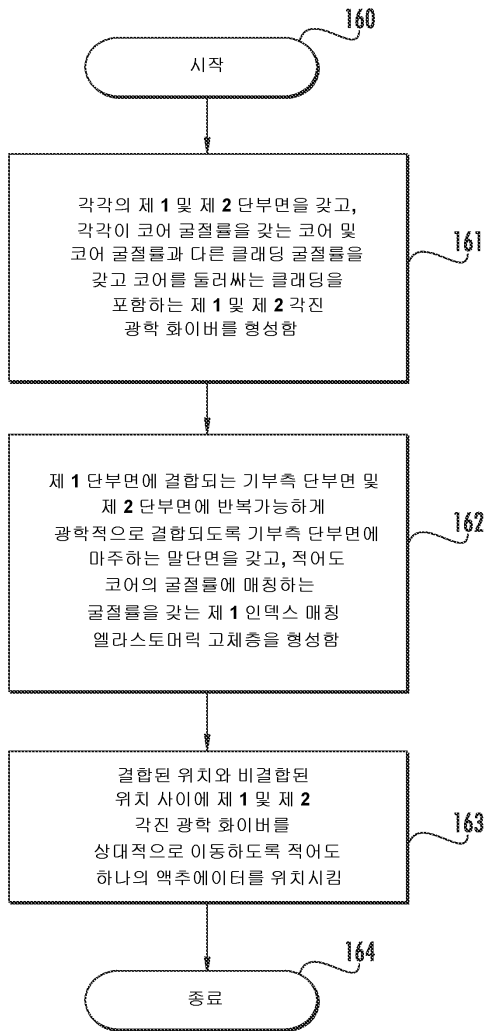
도면15a



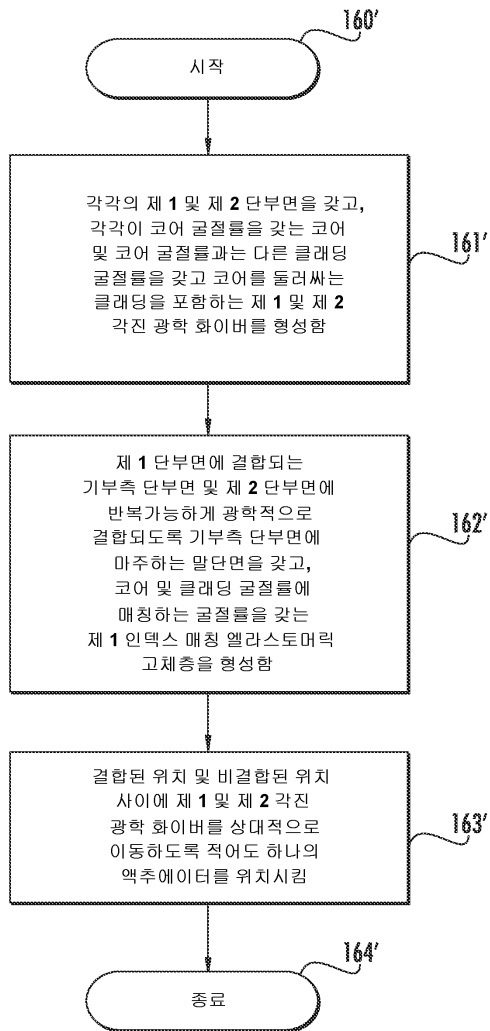
도면15b



도면16



도면17



도면18

	모노머 (kg/L)		RI (589nm에서의 액체)
	컴포넌트 A	컴포넌트 B	RI
컴포넌트 A:	F8DA	1.43	1.3937
컴포넌트 B:	PNGDA	1.005	1.45
컴포넌트 C:	TFPM	1.215	1.373
컴포넌트 D:	IOA	0.88	1.4346
컴포넌트 E:	EBDA-10	1.126	1.5142

표 18.1

EIMM-200	F8DA (VOL%)	PNGDA (VOL%)	TFPM (VOL%)	IOA (VOL%)	EBDA-10 (VOL%)
코어:		82	18		
클래드:	20	28	17.2	34.8	

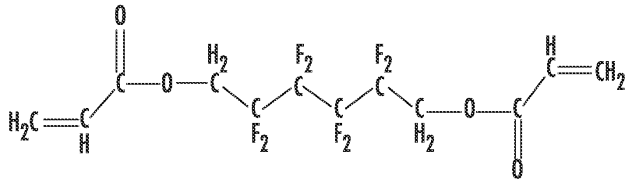
표 18.2

경화 시의 지름화 ( $\delta$ )	반사 계수 ( $\delta$ )	RI AT 850	$\Delta_n$	NA
1.0261	0.9957	1.4673	0.0147	0.207
1.0268	0.9962	1.4526		

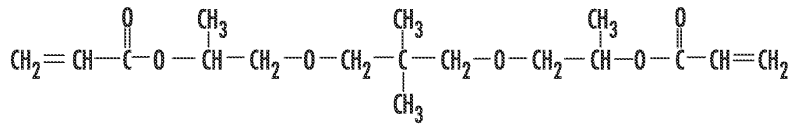
표 18.3

도면19

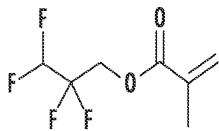
F8DA- 불소첨가된 헥산디드 디아크릴레이트



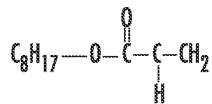
PNGDA- 프로폭살레이티드 네오펜틸 글리콜 디아크릴레이트



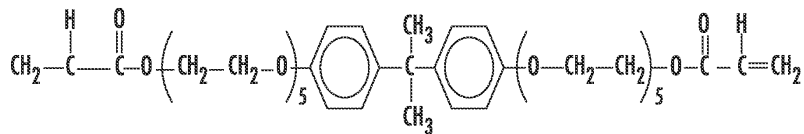
TFPM- 테트라플루오로프로필 메타크릴레이트



IOA- 아이소-옥틸 아크릴레이트

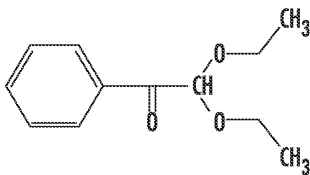


EBDA10- 에톡실화된 (10) 비스페놀 A 디아크릴레이트



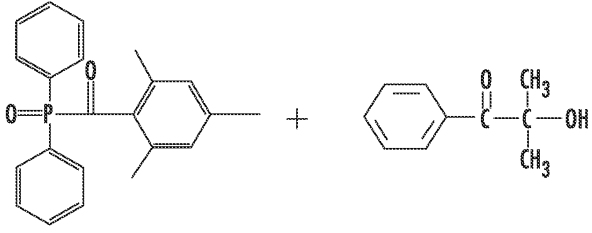
도면20

DEAP - 디에톡시아세토페논



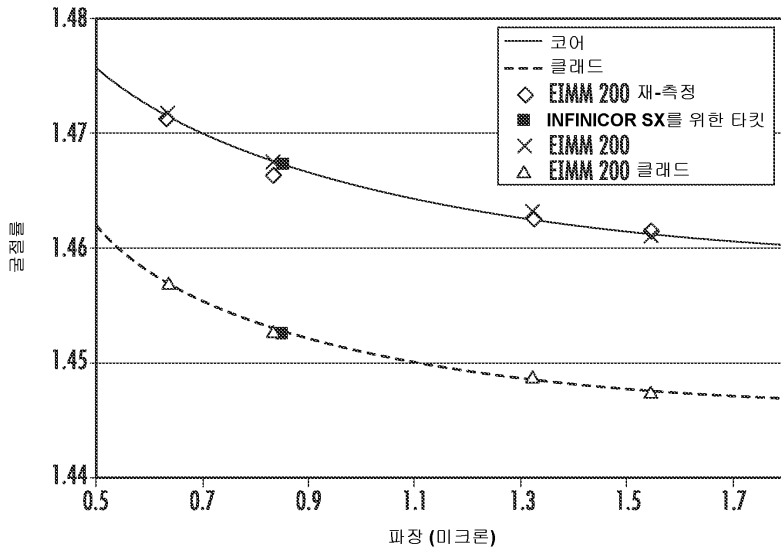
도면21

D4265 - DAROCUR 4265 (DAROCUR TPO 및 1173의 혼합물)

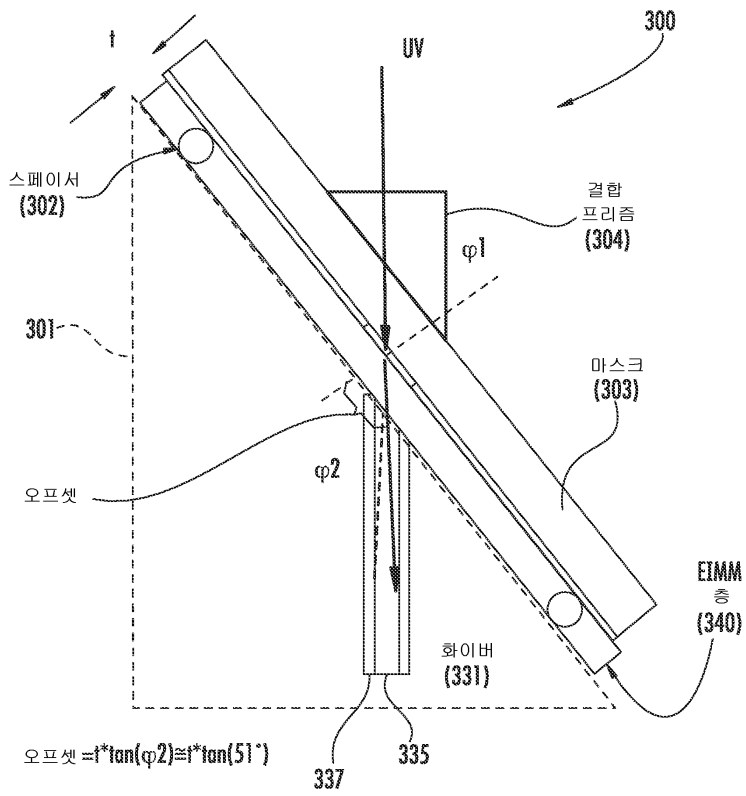


도면22

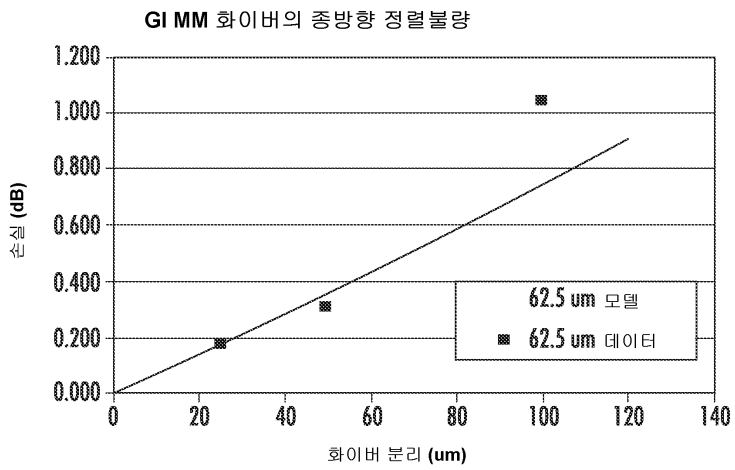
EIMM-200 포물레이션



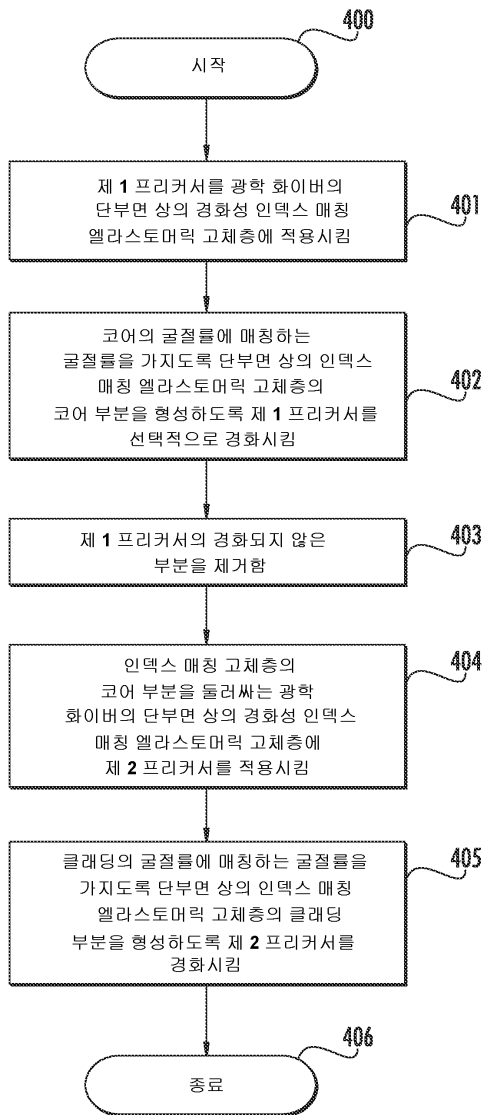
도면23



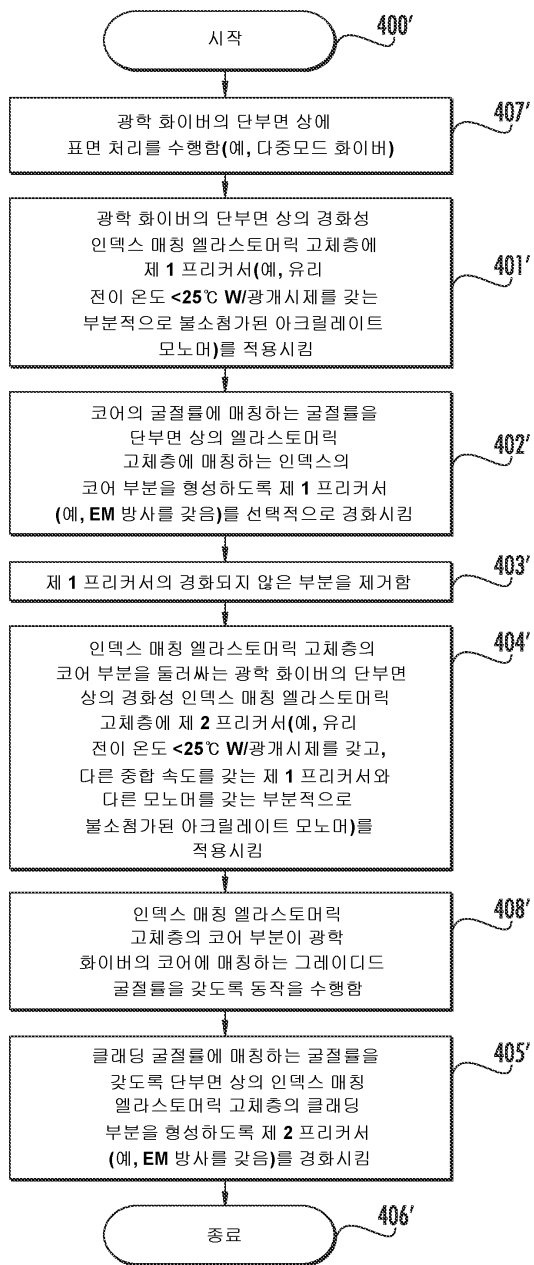
도면24



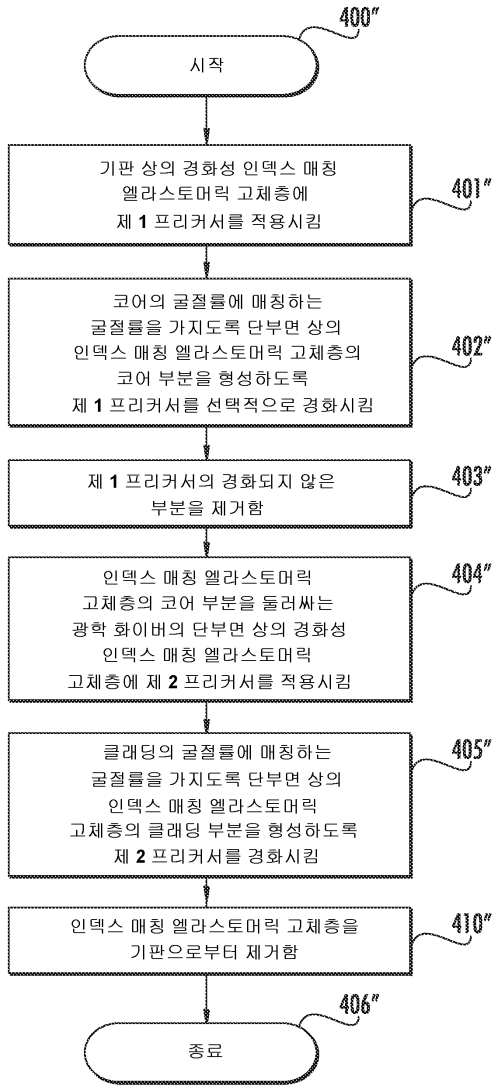
도면25



도면26



도면27



도면28

