



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년08월04일  
(11) 등록번호 10-2564340  
(24) 등록일자 2023년08월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C09J 4/00 (2006.01) B32B 27/08 (2006.01)  
B32B 37/06 (2006.01) B32B 37/10 (2006.01)  
B32B 37/12 (2006.01) B32B 7/12 (2019.01)  
C09J 133/04 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
C09J 4/00 (2013.01)  
B32B 27/08 (2021.01)  
(21) 출원번호 10-2019-7015860  
(22) 출원일자(국제) 2017년11월20일  
심사청구일자 2020년11월20일  
(85) 번역문제출일자 2019년06월03일  
(65) 공개번호 10-2019-0089900  
(43) 공개일자 2019년07월31일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2017/062554  
(87) 국제공개번호 WO 2018/102179  
국제공개일자 2018년06월07일  
(30) 우선권주장  
62/429,306 2016년12월02일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2016047924 A\*  
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니  
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박  
스 33427 쓰리엠 센터  
(72) 발명자  
클래퍼 제이슨 디  
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오  
피스 박스 33427 쓰리엠 센터  
베홀링 로스 이  
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오  
피스 박스 33427 쓰리엠 센터  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 박정경

(54) 발명의 명칭 가요성 전자 디스플레이를 위한 광학적으로 투명한 저 유전 접착제

(57) 요약

본 발명은 가요성 장치용 조립체 층이다. 조립체 층은 약 0 내지 약 50 중량%의 C<sub>1</sub>-C<sub>9</sub> 알킬(메트)아크릴레이트, 약 40 내지 약 99 중량%의 C<sub>10</sub>-C<sub>24</sub> (메트)아크릴레이트, 약 0 내지 약 30 중량%의 하이드록실(메트)아크릴레이트, 약 0 내지 약 10 중량%의 비-하이드록시 작용성 극성 단량체 및 약 0 내지 약 5 중량%의 가교결합제를 포함하는 전구체로부터 유도된다.

(52) CPC특허분류

**B32B 37/06** (2013.01)

**B32B 37/10** (2013.01)

**B32B 37/12** (2013.01)

**B32B 7/12** (2019.01)

**C09J 133/04** (2013.01)

**B32B 2307/412** (2013.01)

**C09J 2301/312** (2020.08)

(72) 발명자

**캠벨 크리스토퍼 제이**

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

**에버레이츠 엘버트 아이**

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427 쓰리엠 센터

(56) 선행기술조사문헌

JP2016172865 A\*

WO2016140131 A1\*

KR1020130118159 A

KR1020130128359 A

KR1020160018238 A

KR1020160077565 A

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

가요성 장치용 조립체 층으로서,

상기 조립체 층은

0 내지 50 중량%의  $C_1-C_9$  알킬(메트)아크릴레이트;

40 내지 95 중량%의  $C_{10}-C_{24}$  (메트)아크릴레이트;

5 내지 30 중량%의 하이드록실 (메트)아크릴레이트;

0 내지 10 중량%의 비-하이드록시 작용성 극성 단량체; 및

0 내지 5 중량%의 가교결합제

를 포함하는 전구체로부터 유도되고,

$-30^{\circ}\text{C}$  내지  $90^{\circ}\text{C}$ 의 온도 범위 내에서, 1 Hz의 주파수에서의 전단 저장 모듈러스가 2 MPa 이하이고, 20 kPa 내지 200 kPa의 인가된 전단 응력으로 5초에 측정되는 전단 크리프 컴플라이언스(J)가  $6 \times 10^{-6}$  1/Pa 이상이고, 20 kPa 내지 200 kPa의 범위 내의 인가된 전단 응력의 적어도 하나의 지점에서 인가된 전단 응력을 제거한 후 1분 이내의 변형 회복률(strain recovery)이 50% 이상이고,

상기 조립체 층은 100  $\mu\text{m}$ 의 주파수에서 측정될 때 5.0 미만의 유전 상수(Dk)를 가지고,

상기 조립체 층은  $-30^{\circ}\text{C}$  미만의 유리 전이 온도를 가지는, 조립체 층.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

$65^{\circ}\text{C}/90\%$  상대 습도 조건에 300 시간 동안 노출시, 노출 제거 1시간 이내에 100  $\mu\text{m}$ 의 주파수에서 측정될 때, 조립체 층의 유전 상수(Dk)는  $23^{\circ}\text{C}/50\%$  상대 습도의 주위 평형 상태에 대해서 30% 이하 증가하는, 조립체 층.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

광학적으로 투명한 조립체 층.

#### 청구항 4

제1 개요성 기재(substrate);

제2 개요성 기재; 및

제1 개요성 기재와 제2 개요성 기재 사이에서 그리고 제1 개요성 기재 및 제2 개요성 기재와 접촉하여 위치되는 조립체 층을 포함하며, 조립체 층은

0 내지 50 중량%의  $C_1-C_9$  알킬(메트)아크릴레이트;

40 내지 95 중량%의  $C_{10}-C_{24}$  (메트)아크릴레이트;

5 내지 30 중량%의 하이드록실 (메트)아크릴레이트;

0 내지 10 중량%의 비-하이드록시 작용성 극성 단량체; 및

0 내지 5 중량%의 가교결합제

를 포함하는 전구체로부터 유도되고,

상기 조립체 층은 -30℃ 내지 90℃의 온도 범위 내에서, 1 Hz의 주파수에서의 전단 저장 모듈러스가 2 MPa 이하이고, 20 kPa 내지 200 kPa의 인가된 전단 응력으로 5초에 측정되는 전단 크리프 컴플라이언스(J)가  $6 \times 10^{-6}$  1/Pa 이상이고, 20 kPa 내지 200 kPa의 범위 내의 인가된 전단 응력의 적어도 하나의 지점에서 인가된 전단 응력을 제거한 후 1분 이내의 변형 회복률이 50% 이상이고,

상기 조립체 층은 100 kHz의 주파수에서 측정될 때 5.0 미만의 유전 상수(Dk)를 가지고,

상기 조립체 층은 -30℃ 미만의 유리 전이 온도를 가지는, 라미네이트.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

실온에서 24시간의 기간에 걸쳐 10 mm 미만의 곡률 반경을 강제하는 채널 내에 배치된 때에 파괴를 나타내지 않는 라미네이트.

#### 청구항 6

제4항에 있어서,

10 mm 미만의 곡률 반경으로 10,000회 접는 실온에서의 동적 접힘 시험을 받은 때에 파괴를 나타내지 않는 라미네이트.

#### 청구항 7

제1 기재와 제2 기재를 접착시키는 방법으로서, 제1 및 제2 기재 둘 모두는 가요성이며, 상기 방법은

라미네이트를 형성하기 위하여 제1 가요성 기재와 제2 가요성 기재 사이에 조립체 층을 위치시키는 단계; 및

라미네이트를 형성하기 위하여 압력 및 열 중 적어도 하나를 가하는 단계를 포함하며,

조립체 층은

0 내지 50 중량%의 C<sub>1</sub>-C<sub>9</sub> 알킬(메트)아크릴레이트;

40 내지 95 중량%의 C<sub>10</sub>-C<sub>24</sub> (메트)아크릴레이트;

5 내지 30 중량%의 하이드록실 (메트)아크릴레이트;

0 내지 10 중량%의 비-하이드록시 작용성 극성 단량체; 및

0 내지 5 중량%의 가교결합제

를 포함하는 전구체로부터 유도되고,

상기 조립체 층은 -30℃ 내지 90℃의 온도 범위 내에서, 1 Hz의 주파수에서의 전단 저장 모듈러스가 2 MPa 이하이고, 20 kPa 내지 200 kPa의 인가된 전단 응력으로 5초에 측정되는 전단 크리프 컴플라이언스(J)가  $6 \times 10^{-6}$  1/Pa 이상이고, 20 kPa 내지 200 kPa의 범위 내의 인가된 전단 응력의 적어도 하나의 지점에서 인가된 전단 응력을 제거한 후 1분 이내의 변형 회복률이 50% 이상이고,

상기 조립체 층은 100 kHz의 주파수에서 측정될 때 5.0 미만의 유전 상수(Dk)를 가지고,

상기 조립체 층은 -30℃ 미만의 유리 전이 온도를 가지는, 방법.

#### 청구항 8

삭제

#### 청구항 9

삭제

#### 청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

## 발명의 설명

## 기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 가요성 조립체 층의 분야에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 가요성 또는 접힘성 전자 디스플레이 및 가요성 또는 접힘성 광기전 재료와 같은 가요성 장치에서 사용되는 가요성 조립체 층에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0002] 오늘날 업계에서 감압 접착제의 일반적인 응용은 컴퓨터 모니터, TV, 휴대전화 및 (자동차, 가전제품, 웨어러블(wearable), 전자 장비 등에서의) 소형 디스플레이와 같은 다양한 디스플레이의 제조에 있다. 디스플레이가 균열 또는 파단 없이 자유롭게 구부러질 수 있는 가요성 전자 디스플레이는, 예를 들어, 가요성 플라스틱 기재(substrate)를 사용하여 전자 장치를 제조하기 위한 급속히 부상하는 기술 영역이다. 이러한 기술은 비평면 물체로의 전자적 기능성의 통합(integration), 원하는 설계에 대한 부합(conformity), 및 다수의 새로운 응용을 일으킬 수 있는 사용 중의 가요성을 가능하게 한다.

[0003] 가요성 전자 디스플레이의 출현에 따라, (유리, PET, PC, PMMA, 폴리이미드, PEN, 환형 올레핀 공중합체 등에 기초한) 외측 커버 렌즈 또는 시트와 전자 디스플레이 조립체의 하부 디스플레이 모듈 사이의 조립체 층 또는 간극 충전 층(gap filling layer)으로서 역할을 하는 접착제에 대한, 특히 광학적으로 투명한 접착제(optically

clear adhesives; OCA)에 대한 요구가 증가하고 있다. OCA의 존재는 휘도 및 콘트라스트를 증가시킴으로써 디스플레이의 성능을 개선하는 한편, 조립체에 대한 구조적 지지를 또한 제공한다. 가요성 조립체에서, OCA는 조립체 층에서 또한 역할을 할 것이며, 이는 전형적인 OCA 기능에 더하여, 접힘 유도된 응력의 대부분을 또한 흡수하여 디스플레이 패널의 부서지기 쉬운 구성요소에 대한 손상을 방지할 수 있고 접힘 응력 하에서의 파단으로부터 전자 구성요소를 보호할 수 있다. OCA 층은, 예를 들어, 유기 발광 디스플레이(OLED)의 배리어 층, 구동 전극, 또는 박막 트랜지스터와 같은, 디스플레이의 부서지기 쉬운 구성요소에 또는 적어도 그 근처에 중립 굽힘축(neutral bending axis)을 위치시키고 유지하는 데 또한 사용될 수 있다.

[0004] 디스플레이의 관찰 영역(viewing area) 또는 광기전 조립체의 광-활성 영역 외부에서 사용되는 경우, 가요성 조립체 층은 광학적으로 투명할 필요가 없다. 실제로, 그러한 재료는, 예를 들어, 장치를 밀봉하기에 충분한 접착력을 유지하면서 기재의 이동을 가능하게 하기 위해 조립체 주연부에서 실런트(sealant)로서 또는 디스플레이의 배면 조립체를 위한 접착체로서 여전히 유용할 수 있다.

[0005] 전형적인 OCA는 사실상 점탄성이며 다양한 환경 노출 조건 및 고주파 로딩 하에서 내구성을 제공하고자 하는 것이다. 그러한 경우에, 접착력의 높은 수준 및 점탄성 특성의 약간의 균형이 유지되어, 양호한 감압성 거동을 달성하고 OCA에 감쇠(damping) 특성을 통합한다. 그러나, 이러한 특성은 점함성 또는 내구성 디스플레이를 가능하게 하기에 전적으로 충분하지는 않다.

[0006] 터치 감도(touch sensitivity)는 터치가 가능한 디스플레이에 있어서 중요한 인자이다. 투영 정전용량 방식(projective capacitive, PCAP)은 디스플레이의 특정 지점에서 정전용량의 변화에 의해 터치를 감지한다. OCA의 사용은 유전 상수의 신중한 고려를 통하여 PCAP 터치 감도를 개선하는 데 도움이 될 수 있다.

[0007] 터치 센서의 최적 작동을 결정하기 위하여, 유전 상수 또는 유전율이 디스플레이와 접촉하는 손가락 또는 스타일러스의 정전용량( $C_{finger}$ )에 미치는 영향은 중요한 인자이다.  $C_{finger}$ 는 하기 수학식에 의해 정의된다:

$$C_{finger} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_R A}{t} = \frac{\epsilon_0 A}{T_v}$$

[0009] 상기 식에서,  $\epsilon_R$ 은 손가락과 터치 전극(예를 들어, 터치 센서) 사이의 재료의 유전 상수이고,  $\epsilon_0$ 는 진공 유전율이고, A는 터치 면적이고, t는 전극과 손가락 사이의 두께이고,  $T_v$ 는 전극과 손가락 사이의 두께를 전극과 손가락 사이의 유전 상수로 나눈 것으로 정의되는 등가 진공 두께이다. 일 실시 형태에서,  $\epsilon_R$ 은 가산적일 수 있다(예를 들어, 터치 센서가 OCA를 이용하여 커버글라스에 접합된 필름의 배면 상에 있는 경우, 유리 + OCA + 필름 터치 센서가 작동한다).

[0010] (감지 회로 뒤의) 터치 센서와 디스플레이 사이에 대한 최적의 접착제를 결정하기 위하여, 기생 용량( $C_p$ )은 최소화되어야 한다. 목표는 터치 센서 뒤에 절연체를 제공하여 디스플레이 및 디스플레이 뒤에 위치한 전자장치에 의해 생성되는 잡음(noise)을 절연/최소화하는 것이다. 유전 상수가 1인 경우, 공기 간극은 이러한 경우에 이상적인 절연체일 수 있다. 그러나, 광학 성능을 개선하고 더 얇은 장치를 가능하게 하기 위하여, OCA를 종종 사용하여 터치 센서를 디스플레이에 직접 접합시킨다. 이러한 경우에, OCA는 등가 진공 두께( $T_v$ )를 최소화하도록 선택되어야 한다. 이는 더 낮은 유전 상수 또는 더 두꺼운 접착제 층을 통해 이루어질 수 있다. 점함성 OLED 장치 구성에 있어서, 더 얇은 접착제 층이 바람직할 수 있으며, 따라서 더 낮은 유전 상수의 OCA를 갖는 것이 이상적일 것이다.

[0011] 터치 감도를 위한 다른 중요한 인자는 터치 센서 트레이스(trace) 상의 부식의 방지이다. 많은 터치 센서 제조자는 부식을 방지하는 유기 층으로 터치 센서 트레이스를 부동태화하여 이러한 문제를 처리한다. 공정을 단순화하고 비용을 줄이기 위하여, OCA는 유기 층으로서 사용될 수 있으며 터치 센서의 부식 민감성 부분과 직접 접촉하게 위치될 수 있다. 그러나, 이러한 유기 층뿐만 아니라 이들 트레이스에 대한 금속 플렉스 접속부(metal flex connection)에 대한 환경 노출은 터치 회로에 대한 손상 및 터치 감도의 손실로 이어질 수 있다. 이를 방지하기 위하여, 산이 없고, 접촉하게 되는 재료의 산화 및/또는 환원을 유발하지 않는 OCA가 선택되어야 한다.

[0012] 업계의 또 다른 요구는 OCA가 위치하고 있는 환경과는 관계없이 OCA가 비교적 안정한 유전 상수를 갖는 것이다. 예를 들어, 환경 습도의 변화로 인한 유전 상수의 큰 변동은 터치 센서의 감도에 현저히 영향을 미칠 수 있다.

[0013] 가요성 디스플레이 조립체에 대한 현저히 상이한 기계적 요건으로 인해, 이러한 새로운 기술 영역에서의 응용을 위한 신규한 접착제를 개발할 필요가 있다. 광학 투명성, 접착력, 및 내구성과 같은 통상적인 성능 속성과 함

게, 이러한 OCA는 결함 및 탈층(delamination) 없이 굽힘 가능성 및 복구 가능성과 같은 조건들의 새로운 과제 세트를 충족시킬 필요가 있다.

### 발명의 내용

- [0014] 일 실시 형태에서, 본 발명은 가요성 장치용 조립체 층이다. 조립체 층은 약 0 내지 약 50 중량%의  $C_1-C_9$  알킬(메트)아크릴레이트, 약 40 내지 약 99 중량%의  $C_{10}-C_{24}$  알킬(메트)아크릴레이트, 약 0 내지 약 30 중량%의 하이드록실(메트)아크릴레이트, 약 0 내지 약 10 중량%의 비-하이드록시 작용성 극성 단량체 및 약 0 내지 약 5 중량%의 가교결합제를 포함하는 전구체로부터 유도된다.
- [0015] 다른 실시 형태에서, 본 발명은 제1 기재, 제2 기재, 및 제1 기재와 제2 기재 사이에 그리고 제1 기재 및 제2 기재와 접촉하여 위치되는 조립체 층을 포함하는 라미네이트이다. 조립체 층은 약 0 내지 약 50 중량%의  $C_1-C_9$  알킬(메트)아크릴레이트, 약 40 내지 약 99 중량%의  $C_{10}-C_{24}$  알킬(메트)아크릴레이트, 약 0 내지 약 30 중량%의 하이드록실(메트)아크릴레이트, 약 0 내지 약 10 중량%의 비-하이드록시 작용성 극성 단량체 및 약 0 내지 약 5 중량%의 가교결합제를 포함하는 전구체로부터 유도된다.
- [0016] 또 다른 실시 형태에서, 본 발명은 제1 기재와 제2 기재를 접착시키는 방법이며, 여기서 제1 기재 및 제2 기재 둘 모두는 가요성이다. 상기 방법은 제1 기재와 제2 기재 사이에 조립체 층을 위치시키는 단계, 및 압력 및/또는 열을 가하여 라미네이트를 형성하는 단계를 포함한다. 조립체 층은 약 0 내지 약 50 중량%의  $C_1-C_9$  알킬(메트)아크릴레이트, 약 40 내지 약 99 중량%의  $C_{10}-C_{24}$  알킬(메트)아크릴레이트, 약 0 내지 약 30 중량%의 하이드록실(메트)아크릴레이트, 약 0 내지 약 10 중량%의 비-하이드록시 작용성 극성 단량체 및 약 0 내지 약 5 중량%의 가교결합제를 포함하는 전구체로부터 유도된다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 본 발명은, 예를 들어, 전자 디스플레이, 가요성 광기전 전지 또는 태양 패널, 및 웨어러블 전자 기기와 같은 가요성 장치에서 사용가능한 조립체 층이다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 용어 "조립체 층"은 하기 특성을 갖는 층을 지칭한다: (1) 적어도 2개의 가요성 기재에 대한 접착력 및 (2) 내구성 시험을 통과하도록 반복적인 굴곡(flexing) 동안 피착체 상에 유지되기에 충분한 능력. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "가요성 장치"는 200 mm, 100 mm, 50 mm, 20 mm, 10 mm, 5 mm만큼 작거나, 또는 심지어 2 mm 미만인 굽힘 반경으로 반복적인 굴곡 또는 롤 업(roll up) 동작을 겪을 수 있는 장치로서 정의된다. 조립체 층은 연질이며, 주로 탄성 이어서 플라스틱 필름 또는 유리와 같은 다른 가요성 기재에 대해 양호한 접착력을 갖고, 동적 전단 하중에 대해 높은 허용도(tolerance)를 갖는다. 또한, 조립체 층은 비교적 낮은 모듈러스(modulus), 적당한 응력에서의 높은 퍼센트 컴플라이언스(percent compliance), 낮은 유리 전이 온도, 접힘 동안 최소 피크 응력의 발생, 및 응력 인가 및 제거 후의 양호한 변형 회복률(strain recovery)을 가져서, 반복적인 접힘 및 펼침을 견디는 능력으로 인해 가요성 조립체에 사용하기에 적합하다. 다층 구조물의 반복적인 굴곡 또는 롤링 하에서는, 접착체 층에 대한 전단 하중이 매우 중요해지며, 임의의 형태의 응력이 기계적 결함(탈층, 하나 이상의 층의 좌굴(buckling), 접착제 내의 캐비테이션 버블(cavitation bubble) 등)뿐만 아니라 광학적 결함 또는 무라(Mura)를 유발할 수 있다. 특성이 주로 점탄성인 전통적인 접착제와는 달리, 본 발명의 조립체 층은 사용 조건에서 주로 탄성이지만, 다양한 내구성 요건을 충족시키기에 충분한 접착력을 유지한다. 일 실시 형태에서, 조립체 층은 광학적으로 투명하며 낮은 탁도(haze), 높은 가시광 투명도, 백화 방지 거동(anti-whitening behavior), 및 환경적 내구성을 나타낸다.
- [0018] 본 발명의 조립체 층은, 선택된 아크릴 단량체 조성물로부터 제조되고, 일반적으로 모든 광학적 투명 요건을 여전히 충족시키면서, 다양한 탄성 특성을 제공하도록 상이한 수준으로 가교결합된다. 예를 들어, 라미네이트의 탈층 또는 좌굴 또는 접착제의 버블링을 유발하지 않으면서, 5 mm 이하만큼 낮은 접힘 반경으로 라미네이트 내에 사용되는 조립체 층이 얻어질 수 있다. 일 실시 형태에서, 아크릴-기반 조립체 층 조성물은 약 0 내지 약 50 중량%의  $C_1-C_9$  알킬(메트)아크릴레이트, 약 40 내지 약 99 중량%의  $C_{10}-C_{24}$  알킬(메트)아크릴레이트, 약 0 내지 약 30 중량%의 하이드록실(메트)아크릴레이트, 약 0 내지 약 10 중량%의 비-하이드록시 작용성 극성 단량체 및 약 0 내지 약 5 중량%의 가교결합제를 포함하는 전구체로부터 유도된다.
- [0019] 적합한 알킬 아크릴레이트(즉, 아크릴산 알킬 에스테르 단량체)의 예에는 비-3차 알킬 알코올(여기서, 알킬 기는 1 내지 24개의 탄소 원자를 가짐)의 선형 또는 분지형 1작용성 아크릴레이트 또는 메타크릴레이트가 포함되



지만 이에 한정되지 않는다. 적합한 단량체의 예에는 2-에틸헥실 (메트)아크릴레이트, 에틸 (메트)아크릴레이트, 메틸 (메트)아크릴레이트, n-프로필 (메트)아크릴레이트, 아이소프로필 (메트)아크릴레이트, 펜틸 (메트)아크릴레이트, n-옥틸 (메트)아크릴레이트, 아이소옥틸 (메트)아크릴레이트, 아이소노닐 (메트)아크릴레이트, n-부틸 (메트)아크릴레이트, 아이소부틸 (메트)아크릴레이트, 헥실 (메트)아크릴레이트, n-노닐 (메트)아크릴레이트, 아이소아밀 (메트)아크릴레이트, n-데실 (메트)아크릴레이트, 아이소데실 (메트)아크릴레이트, 도데실 (메트)아크릴레이트, 아이소보르닐 (메트)아크릴레이트, 사이클로헥실 (메트)아크릴레이트, 페닐 메트(아크릴레이트), 벤질 메트(아크릴레이트), 아이소스테아릴아크릴레이트 및 2-메틸부틸 (메트)아크릴레이트, 및 이들의 조합이 포함되지만 이에 한정되지 않는다. 다른 적합한 단량체에는 분지형 장쇄 아크릴레이트, 예를 들어 본 명세서에 참고로 포함된 미국 특허 제8,137,807호에 기재된 것들이 포함된다. 추가적인 적합한 알킬 단량체에는 2차 알킬 아크릴레이트, 예를 들어 본 명세서에 참고로 포함된 미국 특허 제9,399,724호에 기재된 것들이 포함된다. 일 실시 형태에서, 아크릴-기반 조립체 층은 오직 알킬 (메트)아크릴레이트 단량체와 선택적인 비닐에스테르 또는 스티렌성 단량체를 포함한다. 그러한 경우에, 조성물의 모듈러스 및 유리 전이 온도(Tg)는 저 Tg 및 고 Tg 산출 단량체의 조합을 선택함으로써 조정될 수 있다. 일 실시 형태에서, 아크릴-기반 조립체 층은 약 0 내지 약 50 중량%의 C<sub>1</sub>-C<sub>9</sub> 알킬(메트)아크릴레이트 및 약 40 내지 약 100 중량%의 C<sub>10</sub>-C<sub>24</sub> 알킬(메트)아크릴레이트를 포함한다.

[0020] 일부 실시 형태에서, 전구체 조성물은 하이드록실 (메트)아크릴레이트 공단량체를 포함한다. 적합한 단량체의 예에는 2-하이드록시에틸 (메트)아크릴레이트 및 2-하이드록시-프로필 (메트)아크릴레이트, 4-하이드록시부틸 (메트)아크릴레이트 등이 포함되지만 이에 한정되지 않는다. 일 실시 형태에서, 아크릴-기반 조립체 층은 중량 기준으로 약 0 내지 약 40부, 특히 약 5 내지 약 35부, 더욱 특히 약 15 내지 약 30부의 하이드록시 작용성 공중합성 단량체를 포함한다.

[0021] 일부 실시 형태에서, 전구체 조성물은 비-하이드록시 작용성 극성 공중합성 단량체를 포함한다. 적합한 비-하이드록시 작용성 극성 공중합성 단량체의 예에는 아크릴산(AA), 메타크릴산, 이타콘산, 푸마르산, 에테르 작용성 단량체, 예컨대 2-에톡시에틸 (메트)아크릴레이트, 2-에톡시에톡시에틸 (메트)아크릴레이트, 다이메틸아미노 에틸(메트)아크릴레이트, 질소 함유 단량체, 예컨대 아크릴아미드, 메타크릴아미드, N-알킬 치환 및 N, N-다이알킬 치환된 아크릴아미드 또는 메타크릴아미드(여기서, 알킬 기는 최대 3개의 탄소를 가짐), 및 N-비닐 락탐이 포함되지만 이에 한정되지 않는다. 적합한 치환된 아미드 단량체의 예에는 n,n-다이메틸아크릴아미드, n,n-다이에틸 아크릴아미드, N-모르폴리노 (메트)아크릴레이트, N-비닐 피롤리돈 및 N-비닐 카프로락탐이 포함되지만 이에 한정되지 않는다. 일 실시 형태에서, 아크릴-기반 조립체 층은 중량 기준으로 약 0 내지 약 10부, 특히 약 1 내지 약 7부, 더욱 특히 약 1 내지 약 5부의 극성 공중합성 단량체를 포함한다.

[0022] 아크릴-기반 조립체 층의 단량체 조성물은 비닐 에스테르, 및 특히 C<sub>1</sub> 내지 C<sub>10</sub> 비닐 에스테르를 또한 포함할 수 있다. 구매가능한 적합한 비닐 에스테르의 예에는 미국 플로리다주 뉴 스미르나 비치에 소재하는 모멘티브 스페셜티 케미칼스(Momentive Specialty Chemicals)로부터 입수가 가능한 비닐 아세테이트인 VeOVA 9 또는 VeOVA 10 이 포함되지만 이에 한정되지 않는다. 비닐 에스테르는 전형적으로 중량 기준으로 약 1부 내지 약 20부, 특히 약 1 내지 약 15부, 더욱 특히 약 1 내지 약 10부의 양으로 단량체 혼합물에 첨가된다. 다른 단량체, 예를 들어 스티렌성 단량체가 또한 사용될 수 있다.

[0023] 일 실시 형태에서, 자유-라디칼 생성 개시제가 조성물에 포함된다. 자유-라디칼 생성 개시제의 예에는 열개시제 또는 광개시제가 포함되지만 이에 한정되지 않는다. 열개시제의 예에는 퍼옥사이드, 예를 들어 벤조일 퍼옥사이드 및 그의 유도체 또는 아조 화합물이 포함되지만 이에 한정되지 않는다. 구매가능한 아조 화합물의 예에는 미국 델라웨어주 월밍턴에 소재하는 이. 아이. 듀폰 디 네모아 앤드 컴퍼니(E. I. du Pont de Nemours and Co.)로부터 입수가 가능한 바조(VAZO) 67이 포함되며, 이는 2,2'-아조비스-(2-메틸부티로니트릴)이다. 매우 다양한 온도에서 열중합을 개시하는 데 사용될 수 있는 다양한 퍼옥사이드 또는 아조 화합물이 입수가 가능하다. 광개시제가 열개시제를 대체하여 또한 사용될 수 있거나, 열개시제와 조합하여 사용될 수 있다. 특히 유용한 광개시제에는 이르가큐어(IRGACURE) 819, 이르가큐어 651 및 다로큐어(Darocur) 1173이 포함되지만 이에 한정되지 않으며, 이들 모두는 미국 뉴욕주 태리타운 소재의 바스프(BASF)로부터 입수가 가능하다. 광개시제는 전형적으로 중량 기준으로 약 0.01부 내지 약 2부, 특히 약 0.02 내지 약 1부, 더욱 특히 약 0.02 내지 약 0.5부의 양으로 전구체 혼합물에 첨가된다.

[0024] 일 실시 형태에서, 단량체 혼합물은 다작용성 가교결합제를 포함한다. 예를 들어, 전구체 혼합물은 용매 코팅된 접착제를 제조하는 건조 단계 동안 활성화되는 열적 가교결합제, 및 중합 단계 동안 공중합되는 가교결합제



를 포함할 수 있다. 그러한 열적 가교결합제에는 다작용성 아이소시아네이트, 다작용성 아지리딘, 및 에폭시 화합물이 포함될 수 있지만 이에 한정되지 않는다. 공중합될 수 있는 예시적인 가교결합제에는 1,6-헥산다이올 다이아크릴레이트와 같은 2작용성 아크릴레이트 또는 당업자에게 공지된 바와 같은 다작용성 아크릴레이트가 포함된다. 중합 동안 포함될 수 있는 다른 유용한 가교결합제에는 가교결합 네트워크를 생성시키기 위한 (메트)아크릴레이트 말단화된 화합물, 예컨대 우레탄 다이(메트)아크릴레이트, 폴리에테르 다이(메트)아크릴레이트, 폴리에스테르 다이(메트)아크릴레이트 및 에폭시 다이(메트)아크릴레이트가 포함되지만 이에 한정되지 않는다. 공중합될 수 있는 구매가능한 예시적인 가교결합제에는 벨기에 브뤼셀 소재의 알넥스(Allnex)로부터의 에베크릴(EBECRYL) 270, 에베크릴 8402, 에베크릴 8807, 또는 에베크릴 230; 및 미국 펜실베이니아주 엑스톤 소재의 사토머(Sartomer)로부터의 CN9XX 또는 CN9XXX 시리즈의 지방족 우레탄 (메트)아크릴레이트가 포함되지만 이에 한정되지 않는다. 추가의 유용한 다이(메트)아크릴레이트 가교결합제에는 일본 도쿄 소재의 니폰 카야쿠(Nippon Kayaku)로부터 입수가 가능한 UX-0937, UX3204, UXF4002, 및 UXT-6000; 일본 도쿄 소재의 저팬 유-피카 컴퍼니(Japan U-PiCa Company)로부터의 유-피카 8965, 8966 또는 8967 우레탄 다이(메트)아크릴레이트; 또는 일본 노미시 소재의 네가미 케미칼 인더스트리얼 컴퍼니(Negami Chemical Industrial Company)로부터의 아트 레진(ART RESIN) 우레탄 (메트)아크릴레이트 올리고머가 포함된다.

[0025] 유용한 아이소시아네이트 가교결합제에는, 예를 들어, 독일 쾰른에 소재하는 바이엘(Bayer)로부터 데스모두르(DESMODUR) N3300으로 입수가 가능한 방향족 트리아이소시아네이트가 포함된다. 자외선, 또는 "UV" 활성화 가교결합제가 또한 조립체 층의 전구체를 가교결합하는 데 사용될 수 있다. 그러한 UV 가교결합제에는 비-공중합성 광가교결합제, 예를 들어, 벤조페논, 및 공중합성 광가교결합제, 예를 들어 4-아크릴옥시벤조페논과 같은 아크릴화 또는 메타크릴화 벤조페논이 포함될 수 있다. 전형적으로, 가교결합제는, 존재하는 경우, 중량 기준으로 약 0.01부 내지 약 5부, 특히 약 0.01 내지 약 4부, 더욱 특히 약 0.01 내지 약 3부의 양으로 단량체 혼합물에 첨가된다. 예를 들어, 폴리메틸메타크릴레이트 거대단량체(macromer) 또는 폴리스티렌 거대단량체와 같은 고 Tg 거대단량체를 공중합하는 것에 의한 것과 같은, 이온성 가교결합, 산-염기 가교결합, 또는 물리적 가교결합 방법의 사용과 같은 다른 가교결합 방법이 또한 사용될 수 있다. 포함될 때, 거대단량체는 조립체 층 조성물 내의 총 단량체 성분의 중량 기준으로 약 1 내지 약 20부의 양으로 사용될 수 있다.

[0026] 조립체 층은 본질적으로 점착성일 수 있다. 원한다면, 조립체 층의 형성 전에 점착부여제가 전구체 혼합물에 첨가될 수 있다. 유용한 점착부여제에는, 예를 들어 로진 에스테르 수지, 방향족 탄화수소 수지, 지방족 탄화수소 수지, 테르펜, 및 테르펜 페놀 수지가 포함된다. 일반적으로, 수산화 로진 에스테르, 테르펜, 또는 방향족 탄화수소 수지로부터 선택되는 열은 색의 점착부여제가 바람직하다. 포함되는 경우, 점착부여제는 중량 기준으로 약 1부 내지 약 50부, 더욱 특히 약 5 내지 약 45부, 가장 특히 약 10 내지 약 30부의 양으로 전구체 혼합물에 첨가된다.

[0027] 일 실시 형태에서, 아크릴-기반 조립체 층에는 산이 실질적으로 없어서, 그렇지 않다면 터치 센서 및 그의 집적 회로 또는 커넥터를 손상시킬 수 있는 인듐 주석 산화물(ITO) 및 금속 트레이스 부식을 없앨 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, "실질적으로 없다"는 중량 기준으로 약 2부 미만, 특히 약 1부 미만, 더욱 특히 약 0.5부 미만을 의미한다.

[0028] 예를 들어, 분자량 제어제, 커플링제, 오일, 가소제, 산화방지제, UV 안정제, UV 흡수제, 안료, 경화제, 중합체 첨가제, 나노입자, 및 다른 첨가제를 포함하는 다른 재료가 특수한 목적을 위해 단량체 혼합물에 첨가될 수 있다. 조립체 층이 광학적으로 투명할 필요가 있는 경우에, 중합 및 코팅 후에 조립체 층의 광학 투명성을 현저히 감소시키지 않는다면, 다른 재료가 단량체 혼합물에 첨가될 수 있다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 용어 "광학적으로 투명한"은 400 내지 700 nm 파장 범위에서 약 90 퍼센트 초과와 시감 투과율(luminous transmission), 약 5 퍼센트 미만 및 특히 약 2 퍼센트 미만의 탁도를 갖는 재료를 지칭한다. 시감 투과율 및 탁도 둘 모두는, 예를 들어 ASTM-D 1003-92를 사용하여 결정될 수 있다. 전형적으로, 광학적으로 투명한 조립체 층에는 눈으로 보아 버블이 없다.

[0029] 조립체 층 단량체 성분은 전구체 혼합물로 블렌딩될 수 있다. 이러한 전구체 혼합물은 (혼합물 내의 개시제를 분해하기 위해) 열 또는 화학 방사선에 대한 노출에 의해 예비-중합될 수 있다. 이는 가교결합제 및 다른 성분을 첨가하여 코팅 가능한 시럽을 형성하기 전에 수행될 수 있는데, 이 시럽에는 후속하여 하나 이상의 가교결합제, 다른 첨가제, 및 추가적인 개시제가 첨가될 수 있다. 이어서, 배합된 시럽은 라이너 상에 코팅되거나 기재 상에 직접 코팅되고 UV에 대한 추가적인 노출에 의해 불활성 분위기 하에서 완전히 중합된다. 대안적으로, 가교결합제, 선택적인 첨가제, 및 개시제가 단량체에 첨가될 수 있으며, 혼합물은 1 단계로 (예를 들어, 액체 OCA로서) 중합 및 경화 둘 모두가 될 수 있다. 원하는 코팅 방법 및 점도에 따라 어떠한 절차가 사용될지 결정될

것이다.

- [0030] 다른 공정에서, 조립체 층 단량체 성분들을 용매와 블렌딩하여 혼합물을 형성할 수 있다. 혼합물은 (혼합물 내의 개시제를 분해하기 위해) 열 또는 화학 방사선에 대한 노출에 의해 중합될 수 있다. 가교결합제 및 추가적인 첨가제, 예를 들어 점착부여제 및 가소제를 용매화된 중합체에 첨가할 수 있으며, 이어서, 라이너 상에 코팅하고 오븐에 통과시켜 용매를 건조시켜 제거하여 코팅된 접착제 필름을 생성할 수 있다. 무용매 중합법, 예를 들어 미국 특허 제4,619,979호 및 제4,843,134호(코트누어(Kotnour) 등)에 기재된 연속적 자유 라디칼 중합법; 미국 특허 제5,637,646호(엘리스(Ellis))에 기재된 배치 반응기를 사용하는 본질적으로 단열식인 중합법; 및, 미국 특허 제5,804,610호(해머(Hamer) 등)에 기재된 패키징된 예비 접착제 조성물을 중합하는 것에 대해 기재된 방법이 중합체를 제조하는 데 또한 이용될 수 있다.
- [0031] 개시된 조성물 또는 전구체 혼합물은 당업자에게 공지된 임의의 다양한 기법, 예를 들어 롤 코팅, 분무 코팅, 나이프 코팅, 다이 코팅 등에 의해 코팅될 수 있다. 대안적으로, 전구체 조성물을 또한 액체로서 전달하여 2개의 기재들 사이의 간극을 충전하고, 후속하여 열 또는 UV에 노출시켜 2개의 기재들 사이에 있는 조성물을 중합 및 경화시킬 수 있다.
- [0032] 본 발명은 조립체 층을 포함하는 라미네이트를 또한 제공한다. 라미네이트는 2개의 가요성 기재 층들 또는 그 배수의 층들 사이에 적어도 하나의 조립체 층이 개재된 다층 복합체로서 정의된다. 예를 들어, 복합체는 기재/조립체 층/기재의 3층 복합체; 기재/조립체 층/기재/조립체 층/기재의 5층 복합체 동일 수 있다. 그러한 다층 스택 내의 각각의 가요성 조립체 층의 두께, 기계적 특성, 전기적 특성(예를 들어, 유전 상수), 및 광학 특성은 동일할 수 있지만, 이들은 최종 가요성 장치 조립체의 설계 및 성능 특성을 더 잘 부합시키기 위해 또한 상이할 수 있다. 라미네이트는 하기 특성들 중 적어도 하나를 갖는다: 라미네이트가 사용되는 물품의 유효 수명에 걸친 광학 투과성, 라미네이트가 사용되는 물품의 층들 사이에서 충분한 결합 강도를 유지하는 능력, 탈층에 대한 저항성 또는 회피(avoidance), 및 유효 수명에 걸친 버블링에 대한 저항성. 버블 형성에 대한 저항성 및 광학 투과성의 유지는 가속 노화 시험을 사용하여 평가될 수 있다. 가속 노화 시험에서는, 아크릴-기반 조립체 층을 2개의 기재들 사이에 위치시킨다. 이어서, 생성된 라미네이트를 일정 기간 동안 종종 높은 습도와 조합된 높은 온도에 노출시킨다. 심지어 높은 온도 및 습도에 노출 후에도, 조립체 층을 포함하는 라미네이트는 광학 투명성을 유지할 것이다. 예를 들어, 조립체 층 및 라미네이트는, 70℃ 및 90% 상대 습도에서 대략 72 시간 노화시키고 후속하여 실온으로 냉각한 후에 광학적으로 투명하게 유지된다. 노화 후에, 400 나노미터(nm) 내지 700 nm에서의 접착제의 평균 투과율은 약 90% 초과이고 탁도는 약 5% 미만, 특히 약 2% 미만이다.
- [0033] 사용 중에, 조립체 층은 빙점보다 훨씬 낮은 온도(즉, -30℃, -20℃, 또는 -10℃) 내지 약 70℃, 85℃ 또는 심지어 90℃의 넓은 온도 범위에 걸쳐 수 천회 접는 동안 피로에 저항할 것이다. 또한, 조립체 층을 포함하는 디스플레이는 수 시간 동안 접힌 상태로 정적으로 놓여 있을 수 있기 때문에, 조립체 층은 크리프가 최소한이거나 전혀 없어서, 디스플레이의 현저한 변형을 방지하는데, 이러한 변형은 회복될 수 있다 하더라도 단지 부분적으로만 회복될 수 있다. 조립체 층 또는 패널 그 자체의 이러한 영구 변형은 디스플레이 업계에서 허용불가능한 광학적 왜곡 또는 무라로 이어질 수 있다. 따라서, 조립체 층은 고온 고습(HTHH) 시험 조건을 용인할 뿐만 아니라 디스플레이 장치를 접음으로써 유발되는 상당한 휨 응력(flexural stress)을 견딜 수 있다. 가장 중요하게는, 조립체 층은 넓은 온도 범위(빙점보다 훨씬 낮은 온도 포함함; 따라서, 낮은 유리 전이 온도가 바람직함)에 걸쳐 예외적으로 낮은 저장 모듈러스 및 높은 연신율을 갖고, 가교결합되어 정적 하중 하에 크리프가 거의 없거나 전혀 없는 탄성중합체를 생성한다.
- [0034] 접힘 또는 펼침 사건 동안, 조립체 층은 현저한 변형을 겪고 응력을 유발할 것으로 예상된다. 이러한 응력에 저항하는 힘은 조립체 층을 포함하는 접이식 디스플레이의 층의 모듈러스 및 두께에 의해 부분적으로 결정될 것이다. 접힘에 대한 낮은 저항성뿐만 아니라 충분한 성능, 최소 응력 발생, 및 굽힘 사건과 관련된 응력의 양호한 소산(dissipation)을 보장하기 위하여, 아크릴-기반 조립체 층은 종종 전단 저장 모듈러스 ( $G'$ )로서 특징지어지는 충분히 낮은 저장 또는 탄성 모듈러스를 갖는다. 이러한 거동이 그러한 장치의 예상 사용 온도 범위에 걸쳐 일관되게 유지되도록 추가로 보장하기 위하여, 광범위한 관련 온도 범위에 걸쳐  $G'$ 의 변화는 최소한으로 존재한다. 일 실시 형태에서, 관련 온도 범위는 약 -30℃ 내지 약 90℃이다. 일 실시 형태에서, 전단 모듈러스는 전체 관련 온도 범위에 걸쳐 약 2 MPa 미만, 특히 약 1 MPa 미만, 더욱 특히 약 0.5 MPa 미만, 가장 특히 약 0.3 MPa 미만이다. 그러므로, 전형적으로 약  $10^7$  Pa 초과의 값으로의  $G'$ 의 상응하는 변화를 갖는 유리 전이 온도 ( $T_g$ ), 즉 재료가 유리질 상태로 전이하는 온도를 이러한 관련 작동 범위를 벗어나 그 미만에 위치시키는 것이 바람직하다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 용어 "유리 전이 온도" 또는 " $T_g$ "는 중합체 재료가 유리

질 상태 (예를 들어, 취성, 강직성(stiffness), 및 강성(rigidity))로부터 고무질 상태 (예를 들어, 가요성 및 탄성중합체성)로 전이하는 온도를 지칭한다. Tg는 예컨대 동적 기계적 분석 (DMA)과 같은 기법을 사용하여 결정될 수 있다. 일 실시 형태에서, 가요성 디스플레이 내의 조립체 층의 Tg는 약 -20℃ 미만, 특히 약 -30℃ 미만, 더욱 특히 약 -40℃ 미만, 및 훨씬 더욱 특히 약 -45℃ 미만이다.

[0035] 조립체 층은 약 300 마이크로미터 미만, 특히 약 100 마이크로미터 미만, 특히 약 50 마이크로미터 미만, 특히 약 20 마이크로미터 미만, 더욱 특히 약 10 마이크로미터 미만, 가장 특히 약 5 마이크로미터 미만의 건조 두께로 전형적으로 코팅된다. 조립체 층의 두께는 가요성 디스플레이 장치에서의 위치에 따라 최적화될 수 있다. 장치의 전체 두께를 감소시킬 뿐만 아니라 복합체 구조의 좌굴, 크리프, 또는 탈층 파괴를 최소화하기 위해 조립체 층의 두께를 감소시키는 것이 바람직할 수 있다.

[0036] 조립체 층이 휨 응력을 흡수하고 굽힘부 또는 접힘부의 급격히 변화하는 기하학적 형태에 부합하는 능력은 그러한 재료가 관련된 인가된 응력 하에 많은 양의 변형 또는 연신을 겪는 능력에 의해 특징지어질 수 있다. 이러한 부합 거동은 통상적인 인장 연신을 시험뿐만 아니라 전단 크리프 시험을 포함하는 다수의 방법을 통해 조사될 수 있다. 일 실시 형태에서, 전단 크리프 시험에서, 아크릴-기반 조립체 층은 약 5 kPa 내지 약 500 kPa, 특히 약 20 kPa 내지 약 300 kPa, 더욱 특히 약 20 kPa 내지 약 200 kPa의 인가된 전단 응력 하에서 약  $6 \times 10^{-6}$  1/Pa 이상, 특히 약  $20 \times 10^{-6}$  1/Pa 이상, 약  $50 \times 10^{-6}$  1/Pa 이상, 더욱 특히 약  $90 \times 10^{-6}$  1/Pa 이상의 전단 크리프 컴플라이언스(J)를 나타낸다. 이 시험은 보통 실온에서 수행되지만, 가요성 장치의 사용과 관련된 임의의 온도에서 또한 수행될 수 있다.

[0037] 조립체 층은 또한 반복적인 접힘 또는 굽힘 사건 후의 디스플레이의 다층 복합체에서의 지속적인 변형을 피하도록 비교적 낮은 크리프를 나타낸다. 재료 크리프는 주어진 양의 시간 동안 일정한 전단 응력이 재료에 인가되는 단순한 크리프 실험을 통해 측정될 수 있다. 일단 응력이 제거되면, 유도된 변형의 회복이 관찰된다. 일 실시 형태에서, 실온에서 (약 5 kPa 내지 약 500 kPa의 범위 내의 인가된 전단 응력의 적어도 하나의 지점에서) 인가된 응력을 제거한 후 1분 이내의 전단 변형 회복률은 전단 응력의 인가 시에 관찰되는 피크 변형의 약 50% 이상, 특히 약 60% 이상, 약 70% 이상 및 약 80% 이상, 더욱 특히 약 90% 이상이다. 이 시험은 보통 실온에서 수행되지만, 가요성 장치의 사용과 관련된 임의의 온도에서 또한 수행될 수 있다.

[0038] 추가적으로, 조립체 층이 접힘 또는 굽힘 사건 동안 최소 응력을 발생시키고 응력을 소산시키는 능력은 아크릴-기반 조립체 층이 층간 파괴를 피하는 능력뿐만 아니라 가요성 디스플레이 조립체의 더 부서지기 쉬운 구성요소를 보호하는 그의 능력에 대해 중요하다. 응력 발생 및 소산은, 재료를 관련 전단 변형량으로 강제하고 이어서 그 변형량에서 유지하는 전통적인 응력 완화 시험을 사용하여 측정될 수 있다. 이어서, 재료가 이러한 목표 변형에서 유지될 때 시간 경과에 따라 전단 응력의 양을 관찰한다. 일 실시 형태에서, 약 500% 전단 변형, 특히 약 600%, 약 700%, 및 약 800%, 더욱 특히 약 900% 변형 후에, 5분 후에 관찰된 잔류 응력(측정된 전단 응력을 피크 전단 응력으로 나눈 것)의 양은 피크 응력의 약 50% 미만, 특히 약 40% 미만, 약 30% 미만, 및 약 20% 미만, 더욱 특히 약 10% 미만이다. 이 시험은 보통 실온에서 수행되지만, 가요성 장치의 사용과 관련된 임의의 온도에서 또한 수행될 수 있다.

[0039] 조립체 층으로서, 조립체 층은 디스플레이 조립체 내의 인접한 층에 충분히 잘 접촉하여, 반복적인 굽힘 및 접힘 동작을 포함하는 장치의 사용 동안 층의 탈층을 방지하여야 한다. 복합체의 정확한 층은 장치에 따라 특유할 것이지만, PET와 같은 표준 기재에 대한 접착력이 전통적인 180도 박리 시험 모드에서 조립체 층의 일반적인 접착 성능을 측정하는 데 사용될 수 있다. 접착체는 또한, 예를 들어, 전통적인 T-박리 모드에서 2개의 PET 기재들 사이의 조립체 층 재료의 라미네이트로서 측정될 수 있는 충분히 높은 응집 강도를 필요로 할 수 있다.

[0040] 조립체 층을 2개의 기재들 사이에 배치하여 라미네이트를 형성하고 라미네이트를 접거나 구부리고 관련 곡률 반경으로 유지하는 경우, 라미네이트에는 모든 사용 온도(-30℃ 내지 90℃) 사이에서 좌굴 또는 탈층 - 이는 가요성 디스플레이 장치에서의 재료 파괴를 나타낼 사건임 - 이 일어나지 않는다. 일 실시 형태에서, 아크릴-기반 조립체 층을 함유하는 다층 라미네이트는 약 24시간의 기간에 걸쳐 약 200 mm 미만, 약 100 mm 미만, 약 50 mm 미만, 특히 약 20 mm 미만, 약 10 mm 미만, 및 약 5 mm 미만, 더욱 특히 약 2 mm 미만의 곡률 반경을 강제하는 채널 내에 배치될 때 파괴를 나타내지 않는다. 또한, 채널로부터 꺼내고 구부러진 배향으로부터 그의 이전의 편평한 배향으로 복귀하게 둔 때에, 본 발명의 아크릴-기반 조립체 층을 포함하는 라미네이트는 지속적인 변형을 나타내지 않고 오히려 편평하거나 거의 편평한 배향으로 신속하게 복귀한다. 일 실시 형태에서, 24시간 동안 유지하고 이어서 특히 약 50 mm 미만, 특히 약 20 mm 미만, 약 10 mm 미만 및 약 5 mm 미만, 더욱 특히 약 3 mm 미만의 곡률 반경으로 라미네이트를 유지하는 채널로부터 꺼냈을 때, 복합체는 채널로부터 라미네이트를 꺼

낸 후 1시간 이내에 라미네이트, 라미네이트 굽힘점 및 복귀 표면 사이의 최종 각도가 약 50도 미만, 더욱 특히 약 40도 미만, 약 30도 미만 및 약 20도 미만, 더욱 특히 약 10도 미만인 거의 편평한 배향으로 복귀한다. 다시 말해, 접힌 라미네이트의 편평한 부분들 사이의 끼인각(included angle)은 채널 내에서 0도로부터 라미네이트를 채널로부터 꺼낸 후 1시간 이내에 약 130도 이상, 특히 약 140도 초과, 약 150도 초과, 및 약 160도 초과, 더욱 특히 약 170도 초과의 각도로 된다. 이러한 복귀는 바람직하게는 내구성 시험 조건에 대한 노출 후를 포함하는 정상 사용 조건 하에서 얻어진다.

[0041] 상기에 기재된 정적 접힘 시험 거동에 더하여, 조립체 층과 접합된 제1 기재 및 제2 기재를 포함하는 라미네이트는 동적 접힘 시뮬레이션 시험 동안 좌굴 또는 탈층과 같은 파괴를 나타내지 않는다. 일 실시 형태에서, 라미네이트는 약 50 mm 미만, 특히 약 20 mm, 약 10 mm, 및 약 5 mm 미만, 더욱 특히 약 3 mm 미만의 곡률 반경으로 약 10,000회 넘게, 특히 약 20,000회, 약 40,000회, 약 60,000회, 및 약 80,000회 넘게, 더욱 특히 약 100,000회 넘게 접는 자유 굽힘 모드(즉, 맨드릴이 사용되지 않음)에서의 동적 접힘 시험에 대해 모든 사용 온도들 사이에서(-30° C 내지 90° C에서) 파괴 사건을 나타내지 않는다.

[0042] 가요성 라미네이트를 형성하기 위하여, 제1 기재와 제2 기재 사이에 본 발명의 조립체 층을 위치시켜 제1 기재를 제2 기재에 접착시킨다. 다층 스택을 제조하기 위해 추가적인 층이 또한 포함될 수 있다. 이어서, 압력 및/또는 열을 가하여 가요성 라미네이트를 형성한다.

[0043] 일 실시 형태에서, 조립체 층은 100 ㎛의 시험 주파수에서 유전 상수가 약 5 미만, 특히 약 4.5 미만, 더욱 특히 약 4.0 미만, 더욱 더 특히 약 3.5 미만이어야 한다. 유전 상수가 너무 높으면, 터치 센서 회로의 신호 대 잡음 비가 영향을 받게 된다. 이는 터치 감도의 손실(예를 들어, 허위 터치, 또는 섬세한 터치 시에 검출 결여)을 야기하거나, 또는 터치 센서 회로에 걸쳐 더 높은 전압을 가동할 것을 요구한다(예를 들어, 더 큰 배터리를 필요로 하고/하거나 충전들 간의 배터리 수명을 최소화함).

[0044] 고온 및 고습 조건에 대한 노출 후의 유전 상수의 변화를 최소화하여 터치 감도에 미치는 영향을 최소화하는 것이 바람직하다. 일 실시 형태에서, 샘플이 약 65℃ 및 약 90% 상대 습도에 약 300시간 동안 노출된 경우, 이는 노출 제거 후 1시간 이내에 100 ㎛의 주파수에서 측정될 때 주위 평형 상태(즉, 23℃/50% 상대 습도)에 대해서 약 30% 이하, 특히 약 20% 이하, 가장 특히 약 10% 이하의 유전 상수의 증가를 겪는다.

## [0045] 실시예

[0046] 본 발명의 범주 내의 많은 수정 및 변경이 당업자에게 명확할 것이기 때문에 본 발명은 단지 예시로서 의도되는 후속하는 실시예에서 더욱 자세히 설명된다. 달리 언급되지 않는 한, 하기 실시예에 보고된 모든 부, 백분율, 및 비는 중량 기준이다.

[0047] [표 1]

재료 목록		
약어	명칭	공급처
2-EHA	2-에틸헥실 아크릴레이트	미국 미주리주 세인트루이스 소재의 시그마-알드리치 컴퍼니(Sigma-Aldrich Co.)
IBOA	아이소보르닐 아크릴레이트	미국 펜실베이니아주 엑스톤 소재의 사토머
nHA	n-헥실 아크릴레이트	미국 뉴저지주 플로렘 파크 소재의 바스프 코포레이션(BASF Corporation)
2ODA	2-옥틸-1-데실 아크릴레이트	미국 특허 제 8,137,807 호에 따라 제조됨
DDA	도데실 아크릴레이트	미국 특허 제 9,399,724 호에 따라 제조됨
S-1800A	아이소스테아릴 아크릴레이트	중국 상하이 소재의 신 나카무라 케미칼 컴퍼니(Shin Nakamura Chem. Co.)
AA,	아크릴산	미국 미주리주 세인트루이스 소재의 시그마-알드리치 컴퍼니
HBA	하이드록시부틸 아크릴레이트	미국 오레곤주 포틀랜드 소재의 티씨아이 아메리카(TCI America)
EB230	에베크릴 230	벨기에 브뤼셀 소재의 알넥스(Allnex)
D1173	다로큐어 1173	미국 뉴저지주 플로렘 파크 소재의 바스프 코포레이션
I-184	이르가큐어 184	미국 뉴저지주 플로렘 파크 소재의 바스프 코포레이션

[0048]

## [0049] 시험 방법 1: 광학 특성

[0050] 투과 모드에서 헌터랩(HunterLab; 미국 버지니아주 레스턴 소재) 울트라스캔프로(UltrascanPro) 분광광도계를 사용하여 탁도 측정을 행하였다. 조립체 층을 이형-코팅된 캐리어 라이너들(RF02N 및 RF22N; 대한민국 소재의 에스케이씨 하스(SK Hysol)) 사이에 코팅하고 대략 5 cm 폭 × 10 cm 길이로 절단하고, 그 두께를 측정하였다. 캐리어 라이너 중 하나를 제거하고, 샘플을 1 mm 두께의 투명한 유리에 라미네이팅하였다. 이어서, 다른 라이



너를 제거하고, 1 mm 두께의 제2 유리 층을 조립체 층 상에 라미네이팅하였다. 샘플을 울트라스캔프로 분광광도계에 배치하여 유리/OCA/유리 조립체를 통한 투과율 및 색을 측정하였다. 추가적인 샘플을 제조하고 65℃ 및 90% 상대 습도로 설정된 챔버 내에서 800시간 동안 노화시켰다. 습도 챔버로부터 샘플을 꺼내고 냉각되게 한 후에, 탁도 측정을 다시 수행하였다. 전형적으로, 광학 응용을 위해 허용가능한 샘플은 탁도 값이 약 5% 미만, 특히 약 2% 미만이고  $b^*$  색 값이 약 5 미만일 것이다.

#### [0051] 시험 방법 2 동적 기계 분석

[0052] 동적 기계적 분석을 사용하여 온도의 함수로서의 모듈러스를 조사할 뿐만 아니라 재료의 유리 전이 온도( $T_g$ )를 결정하였다. 조립체 층의 8 mm 직경  $\times$  약 1 mm 두께 디스크를 DHR 평행판 레오미터 (미국 델라웨어주 뉴캐슬 소재의 타에이 인스트루먼트(TA Instruments))의 탐침들 사이에 배치하였다. -45℃로부터 50℃까지 3℃/min으로 램핑(ramping)하여 온도 스캔을 수행하였다. 이러한 램핑 동안, 샘플을 1 Hz의 주파수 및 대략 0.4%의 변형률로 오실레이팅시켰다. 선택된 주요 온도에서 전단 저장 모듈러스 ( $G'$ )를 기록하였다.  $\tan \delta$  대 온도 프로파일에서의 피크로서 재료의  $T_g$ 를 또한 결정하였다. 전형적인 사용 온도 범위에 걸쳐 조립체 재료의 충분한 컴플라이언스를 보장하기 위하여, 전단 저장 모듈러스는 상기에 기재된 시험을 사용하여 측정할 때 약 -20℃ 내지 약 40℃의 전체 온도 범위에 걸쳐 약 2 MPa 미만인 것이 바람직하다.

#### [0053] 시험 방법 3. 크리프 시험

[0054] 8 mm 직경  $\times$  1.0 mm 두께 디스크를 8 mm 시험 고정구 및 펠티어(Peltier) 온도 제어 베이스가 장착된 DHR 레오미터에 배치하고 5초 동안 95 kPa의 전단 응력을 인가함으로써 조립체 층 샘플을 크리프 시험하였고, 이때 인가된 응력을 제거하고 약 60초 동안 고정구에서 샘플이 회복되게 두었다. 하중을 인가한 후 5초에서의 피크 전단 변형 및 하중을 제거한 후 60초에서의 변형 회복률 양을 기록하였다. 응력의 인가 후 임의의 시점에서의 전단 크리프 컴플라이언스(J)는 그 시점의 전단 변형을 인가된 응력으로 나눈 비로서 정의된다. 하중 응력의 인가 후 5초에 전단 크리프 컴플라이언스(J)를 기록하였다. 조립체 층 내의 충분한 컴플라이언스를 보장하기 위하여, 상기에 기재된 시험에서 하중을 인가한 후의 피크 전단 변형이 약 200% 초과이고, 컴플라이언스(J)가  $1 \times 10^{-6}$  (1/Pa) 이상인 것이 바람직하다. 더욱이, 가요성 조립체 내의 재료 크리프를 최소화하기 위하여, 인가된 응력 제거된 후 60초에서 재료는 약 50% 변형을 초과하여 회복되는 것이 바람직하다. 퍼센트 회복 가능 변형률은  $((S_1 - S_2)/S_1) \times 100$ 으로 정의되며, 여기서  $S_1$ 은 응력 인가 후 5초에서 피크에서 기록된 전단 변형이고  $S_2$ 는 인가된 응력 제거 후 60초에서 측정된 전단 변형이다.

#### [0055] 시험 방법 4. 유전 상수 측정

[0056] OCA는 2개의 라이너; 한 면에는 타이트한 라이너, 반대편 면에는 이형이 용이한 라이너를 포함한다. 이어서, 40 mm 직경의 딩킹 다이(dinking die) 및 수동 프레스(press)를 사용하여 OCA로부터 원형 샘플을 절단해 낸다. 이어서, 절단된 OCA 샘플로부터 이형이 용이한 라이너를 제거한다. 이어서, 작은 핸드 롤러를 사용하여 샘플을 폴리싱된 황동 디스크( $d = 40$  mm,  $t = 2$  mm) 상에서 롤링한다. 이어서, 타이트한 라이너를 OCA로부터 벗겨내고, 동일한 크기의 제2 폴리싱된 황동 디스크를 노출된 접착제의 상부에 놓는다. 이어서, 손가락 끝을 사용하여 황동/OCA/황동 조립체를 함께 단단히 압착한다.

[0057] 주파수 의존성 유전체 측정은 노보컨트롤 알파(Novocontrol Alpha) 개념 온도 제어식 광대역 유전체 분광계 측정 시스템으로 수행한다. 샘플 셀, 노보컨트롤 모델 BDS 1200은 40 mm 직경의 폴리싱된 황동 평행판 OCA 샌드 위치를 수용한다. BDS1200 샘플 셀은 알파-A 메인프레임에 내부적으로 인터페이스된다. 전극 전압차( $V_s$ ) 및 전류( $I_s$ )의 위상 감응 측정으로부터 복소 유전율(유전 상수 및 손실)을 계산한다. 노보컨트롤 유전체 분광계 알파 분석기는 ASTM D150에 따라 설계된다.

#### [0058] 시험 방법 5. 정적 접합 시험

[0059] 조립체 층의 100  $\mu$ m 두께 섹션을 50  $\mu$ m의 폴리이미드(PI) 시트들 사이에 라미네이팅하여 3층 구조물을 제조하고, 이어서 25.4 mm 폭  $\times$  대략 125 mm 길이의 치수로 절단하였다. 이어서, 샘플을 -20℃에서 24시간 동안 3 mm 또는 5 mm의 굽힘 반경을 유도하는 구속된 또는 구속되지 않은 지그(jig)에 배치하였다. 구속된 지그의 경우, 복합 스트립을 1 cm 이격되어 배치된 1 cm 폭의 스카치 양면 테이프(3M, 미국 미네소타주 세인트 폴 소재) 3개로 개방 지그의 각각의 면에 테이핑하였다. 구속된 지그를 -20℃에서 개방 위치에서 평형을 이루게 하고, 이어서 -20℃에서 24시간 동안 폐쇄하였다. 구속되지 않은 지그의 경우, 복합 샘플 및 지그를 -20℃에서 평형을 이루게 하고, 이어서 복합 샘플을 지그의 웰 내에 배치하여, 이들을 명시된 반경에서 굽혀지게 강제하였다. 24

시간 후에, 샘플을 -20℃ 환경으로부터 꺼내고, 각각의 지그로부터 꺼내고, 복합 구조체의 좌굴 또는 탈층이 나타나지 않는다면 정적 유지 시험을 통과한 것으로 하였다.

실시예 1 내지 실시예 4 및 비교예 1 내지 비교예 3: 무용매 기반 조립체 층 샘플의 제조

비교예 1에 대해 상세하게 제공된 하기 절차를 사용하여 표 2에 제공된 제형에 따라 조립체 층 필름을 또한 제조하였다. 투명 유리병에서, 80 g의 HA, 20 g의 HBA 및 0.04 g의 D1173 광개시제를 혼합하였다. 샘플을 질소로 5분 동안 퍼징하고, 코팅 가능한 점도(약 2000 cP)가 달성될 때까지 360 nm LED 광원으로부터의 저장도(0.3 mW/cm<sup>2</sup>) UV에 노출시켰다. LED 광원을 끄고 공기로 퍼징하여 중합을 정지시켰다. 이어서, 추가적인 0.25 g의 D1173 광개시제 및 0.75 g의 EB230 가교결합제를 표 3에 표시된 바와 같은 제형에 첨가하고 하룻밤 혼합하였다. 이어서, 달리 명시되지 않는 한 100 μm의 OCA 코팅 두께를 얻기 위한 설정 간극으로 나이프 코팅기를 사용하여, 점성 중합체 용액을 실리콘 처리된 폴리에스테르 이형 라이너, RF02N과 RF22N(대한민국 소재의 에스케이씨 하스) 사이에 코팅하였다. 이어서, 이러한 구조물을 1200 mJ/cm<sup>2</sup>의 UV-A의 총 선량을 갖는 블랙라이트(blacklight) 램프를 사용하여 조사하였다. 표 2에 기재된 재료 및 양을 사용하여, 유사한 방식으로 실시예 1 내지 실시예 4 및 비교예 2 및 비교예 3을 제조하였다.

[표 2]

무용매 기반 조립체 층 샘플의 제조.

예	코팅 가능한 시럽의 제조									시럽 후 첨가	
	DDA	2ODA	S1800	2EHA	HA	IBOA	HBA	AA	D1173	D1173	EB230
	g	g			g	g	g		g	g	g
CE1					80		20		0.03	0.25	0.75
E1		45		45		10			0.03	0.25	0.75
E2	90						10		0.03	0.25	0.75
E3	88						10	2	0.03	0.25	0.75
E4		58		29			10	3	0.03	0.25	0.75
CE2			45	45		10			0.03	0.25	0.75
CE3			58	29			10	3	0.03	0.25	0.75

상기 표 2에서, 상기 비교예 1은 비교적 짧은 알킬 측쇄를 갖는 알킬 아크릴레이트(C6-헥실 아크릴레이트)를 이용한다. 반대로, 실시예 1 내지 실시예 4는 낮은 단일중합체 유리 전이 온도 및 저온에서의 저장 모듈러스를 갖는 비교적 긴 알킬 측쇄를 갖는 알킬 아크릴레이트(C12-DDA, C18-2ODA)를 이용한다. 마지막으로, 비교예 2 및 비교예 3은 중간 정도로 높은 단일중합체 유리 전이 온도 및 저온에서의 저장 모듈러스를 갖는 비교적 긴 알킬 측쇄를 갖는 알킬 아크릴레이트(C18-S1800)를 이용한다.

[표 3]

OCA 실시예 및 비교예의 기계적, 전기적 및 접합성 특성

예	기계적				광학적	전기적	-20℃에서의 정적 접합 시험			
	Tg	-25℃ G'	J	60s에서의 회복률	탁도, 초기	10 <sup>5</sup> Hz에서의 EPS'	접합 장치의 측면으로 구속됨		접합 장치의 측면으로 구속되지 않음	
	C	MPa	MPa*s	%	%		r=3 mm	r=5 mm	r=3 mm	r=5 mm
CE1	-46	0.15	1.10E-4	89	0.23	5.35	합격	합격	합격	합격
E1	<-50	0.06	2.08E-4	57	0.21	3.50	합격	합격	합격	합격
E2	-39	0.13	1.25E-4	78	0.21	3.95	합격	합격	합격	합격
E3	-32	0.34	1.16E-4	81	0.2	3.95	합격	합격	합격	합격
E4	-35	0.19	1.15E-4	69	0.22	3.95	합격	합격	합격	합격
CE2	-25	8.30	1.02E-4	87	0.20	3.00	좌굴	합격	합격	합격
CE3	-15	114.0	4.23E-5	98	0.21	3.10	좌굴	좌굴	좌굴	좌굴

상기 표 3에 나타난 바와 같이, 비교예 1은, 예상되는 바와 같이, 재료가 -20℃에서 정적 접합을 받게 될 때 우수한 성능을 초래하는 바람직한 기계적 특성을 보여준다. 그러나, 비교예 1은 주어진 주파수에서 원하는 낮은

유전 상수를 나타내지 않는다. 비교예 1보다 더 큰 알킬 측쇄 함량을 갖는 단량체를 포함하는 실시예 1 내지 실시예 4는, 원하는 낮은 유전 상수를 나타내면서  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 양호한 접힘 성능을 또한 나타낸다. 마지막으로, 비교예 1보다 더 큰 알킬 측쇄 함량을 갖는 단량체를 또한 포함하는 비교예 2 및 비교예 3은 원하는 낮은 유전 상수를 생성하지만, 이들 샘플의 특징인 불리한 기계적 특성으로 인해  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서의 정적 접힘 시험에서 유리한 성능을 나타내지 않는다. 이들 결과로부터, 원하는 낮은 유전 상수 및 접힘 성능 둘 모두를 갖는 OCA는, 높은 알킬 측쇄 성분을 갖고 낮은 온도 및 낮은 유리 전이 온도에서 낮은 저장 모듈러스와 같은 유리한 기계적 특성을 갖는 중합체를 생성하는 단량체를 포함시킴으로써 달성된다.

[0068] 본 발명이 바람직한 실시 형태를 참조하여 기재되었지만, 당업자는 본 발명의 사상 및 범주로부터 벗어남이 없이 형태 및 상세 사항에 있어서 변경이 이루어질 수 있음을 인식할 것이다.