

## 광학용 점·접착소재 개발동향

유영창

한국화학연구원 정밀화학융합기술연구센터 선임연구원



### 1. 서론

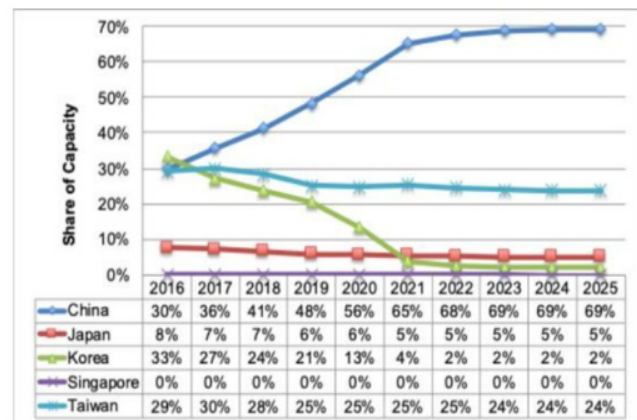
디스플레이는 전자기기로부터 출력되는 전기신호를 화상정보로 나타내어 다양한 정보를 볼 수 있도록 화면으로 구현해주는 영상 표시 장치를 의미한다. 디스플레이 산업은 1950년대 브라운관 TV 보급과 함께 본격적으로 성장하였으며, 1990~2000년대 평판 디스플레이의 전환을 거쳐 현재의 차세대 디스플레이로의 전환이 이루어지고 있다. 현재 디스플레이의 대부분을 LCD(Liquid Crystal Display)와 LED(Light Emitting Diodes)가 점유하고 있다[1]. 그 중 OLED(Organic LED)와 QLED(Quantum Dot OLED)가 적용된 제품들이 시장의 점유율을 높여가고 있다. 차세대 디스플레이로 Micro LED가 주목받지만, 대면적 전사의 한계를 극복하기 위한 연구가 진행 중이다.

국내 디스플레이의 매출과 영업이익을 살펴보면 매출액은 매년 증가했지만 영업이익율은 계속 하락했다. 그 이유는 부가가치가 높은 핵심소재의 해외 의존도가 높았기 때문이다. 최근 일본의 경제산업성은 반도체, 디스플레이 관련 핵심소재 3종에 대한 수출 규제를 강화하겠다는 계획을 발표하고, 실행했다. 이를 기점으로 국내의 소재, 부품, 장비산업의 국산화 사업이 다양하게 진행되고 있다. 이 중 해외제품에 의존하고 있는 부품소재 중 하나로는 광학용 점·접착소재가 있다.

### 2. 본론

2010년 중반까지 세계 디스플레이 패널 시장에서 우리나라가 강한 면모를 가지고 있었다. 하지만 최근 중국이 대규모 투자를 통해 생산량을 확대하면서 LCD 시장의 점유율을 늘려가고 있다(그림 1).

시장조사사업체인 디스플레이 서플라이체인 컨설턴트(DSCC)는 한국의 LCD 시장 점유율이 지난해 19%에서 올해 13%로 줄고, 2025년에는 2%로 추락할 것으로 내



국가별 LCD 시장 점유율(생산능력 기준) 추이와 전망 <DSCC>

그림 1. 국가별 LCD 시장 점유율 추이와 전망(DSCC)  
 (출처: 중앙일보)

다봤다. 반면 지난해 48%를 차지한 중국은 점유율을 계속 끌어올려 2025년엔 70%에 육박할 것으로 전망된다. DSCC는 2022년 LCD 시장 점유율은 중국 BOE가 24%로 1위, 차이나스타가 14%로 2위를 차지할 것으로 내다봤다[2].

또한 OLED 분야에서도 중국의 기업들이 생산을 본격화하며 우리나라를 위협하고 있다. 작년까지는 중국 업체들은 중소형 OLED를 제대로 생산하지 못했지만, 중국 정부의 막대한 지원과 공격적인 투자로 점유율을 늘려가고 있다. 2020년 1분기 중소형 플렉시블 OLED 시장에서 삼성디스플레이 점유율은 81.9%, BOE 점유율은 8.5%였다. 하지만 2분기 삼성디스플레이의 점유율 63.2%, BOE의 점유율은 24.4%로 2위다. 한 분기 만에 BOE가 시장 점유율을 15% 이상 늘린 것이다[3](그림 2,3).

또한 2022년에는 BOE(28%), 비전옥스(11%), 차이나스타(10%), 티앤마(4%) 등 중국 업체들의 점유율합이 삼성디스플레이(33%)·LG디스플레이(11%) 등 한국 업체 점



그림 2. 플렉시블 OLED 패널 시장 전망 (출처: 삼성디스플레이 뉴스룸)

유율함을 뛰어넘을 것으로 분석되고, 2025년에는 BOE (30%)와 차이나스타(12%)의 합산 점유율만으로도 삼성디스플레이(31%)와 LG디스플레이(8%)의 합산 점유율을 넘어설 것으로 분석된다[4].

특히 중국업체들이 부가가치가 높은 플렉시블 OLED 패널까지 생산하기 시작하면서 국내기업들이 바짝 긴장하고 있다.

플렉시블 디스플레이는 평판 디스플레이와 달리 접거나(Foldable) 돌돌 말리는(Rollable) 형태의 디스플레이 제작이 가능해 공간의 활용성을 극대화할 수 있다. 또한

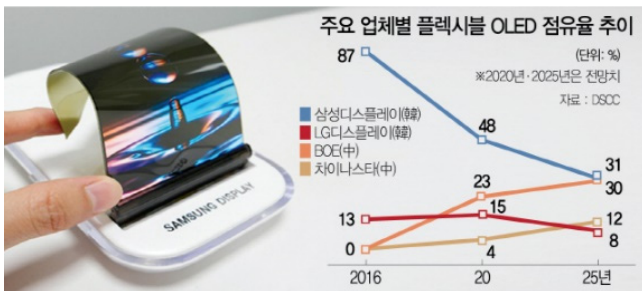


그림 3. 주요업체별 플렉시블 OLED 점유율 추이 (출처: 서울경제)

얇고 가벼우며 깨지지 않는 장점이 있다. 플렉시블 디스플레이를 구현하기 위해서는 패널, 소자, 공정, 부품 및 소재 등 다양한 기술이 필요하다. 이 중 해외 제품에 의존하고 있는 부품 소재로는 광학용 점착제가 있다. 광학용 점착제는 다양한 층을 고정하기 위하여 사용되는데, 고정의 목적 이외에도 선명도 굴절률, 내부식성 등의 특성향상에 기여한다.

2.1. 광학용 점·접착제

일반적으로 점착제(Pressure Sensitive Adhesive, PSA)는 용제 또는 열이 없이 작은 압력으로 다른 표면에 붙일 수 있으나, 응집력과 탄성을 가지고 있어 다시 떼어낼 때 피착면을 오염시키지 않고 쉽게 떨어지는 점착제로 정의한다. 이와 같은 점착제는 고분자, 금속, 무기재료 등 다양한 피착체에 적용된다. 산업용, 자동차용, 의료용, 방수 테이프, 마스킹 테이프 등 다양한 용도로 사용되고 있고, 난연성, 내열성, 전기전도성, 열전도성 등의 특성을 지니는 기능성 점착제도 개발되고 있다[5].

터치스크린 패널을 제작하기 위해 기존은 에어 갭(air gap) 본딩 기술이 쓰였는데 에어 갭을 충전하고 터치스크린과 LCD의 가장자리만 붙이는 방식이다(그림 4). 에어 갭 본딩 자체는 쉽지만, 백라이트 유닛(Back Light Unit, BLU)으로부터의 빛은 에어 갭의 굴절률 차이에 의해 일부 반사되어 손실되고, 그 결과 이미지 품질 저하 및 야외 시인성 감소 등의 영향을 준다. 이러한 문제를 해결하기 위해 광학용 점착제를 사용하여 필름을 고정시킬 뿐만 아니라 필름층과 점착제 간의 굴절률 차이를 감소시켜 야외 시인성을 30% 이상 높일 수 있다. 또한 점착소재 간의 충전으로 인해 내진동성, 내충격성, 방수, 방습과 같은 특성도 향상된다. 이러한 방식을 다이렉트 본딩(direct bonding)이라 한다[6-9](그림 5).

디스플레이에 많이 사용되는 광학용 점착제로는 양면이형필름 사이에 점착층이 형성된 필름 형태로 제작

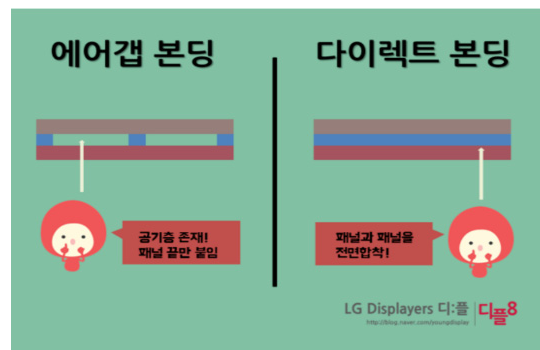


그림 4. 에어갭본딩과 다이렉트 본딩의 구조 (출처: LG 디스플레이)

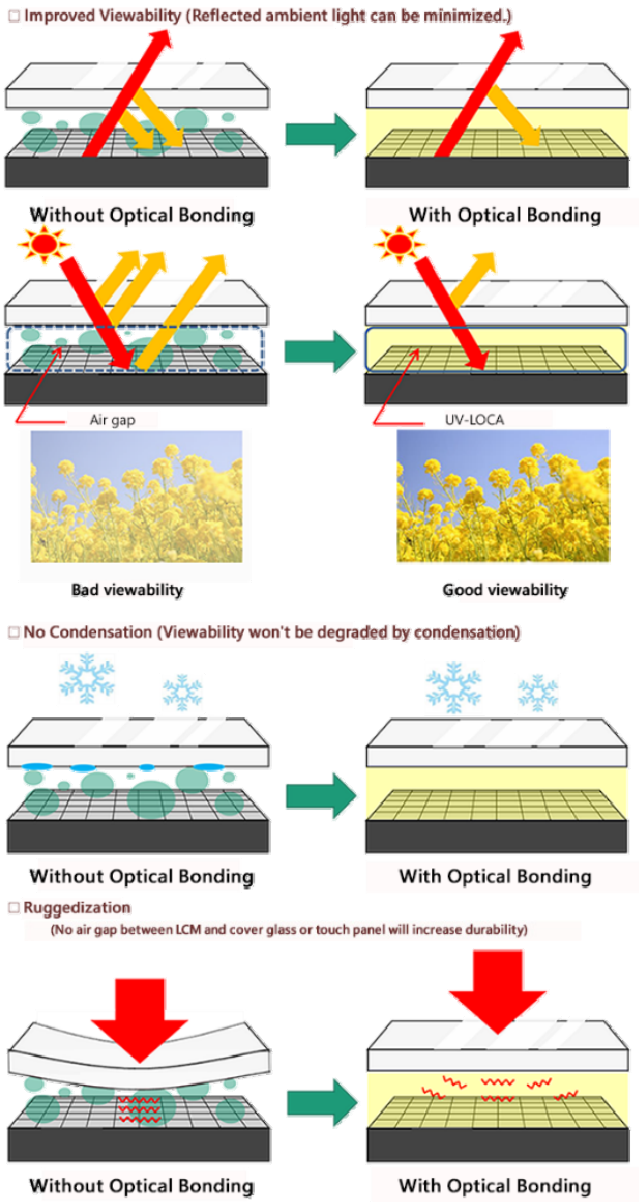


그림 5. 다이렉트 본딩을 적용한 디스플레이의 장점  
(출처: Koto Electric Group)

되는 OCA (Optically Clear Adhesive)와 용액상태로 공급되어 고객사에서 직접 도포/주입하는 형태의 OCR (Optically Clear Resin)로 구분된다(그림 6, 7). OCA와 OCR은 용도에 따라 다양한 특성을 충족하는 제품 개발이 요구되고 있으며(표 1), 저유전율 타입과 수증기 차단 타입, 곡면부착이 가능한 타입, 내발포 타입, 후막도공이 가능한 타입 등이 있다[8,9].

OCA 시트는 탁월한 투명도와 접착력을 가지고 있어 LCD, OLED, 터치스크린 용도 및 광학적 특성이 우수한 분야에 사용되는 점착제를 말한다. OCA 코팅액이

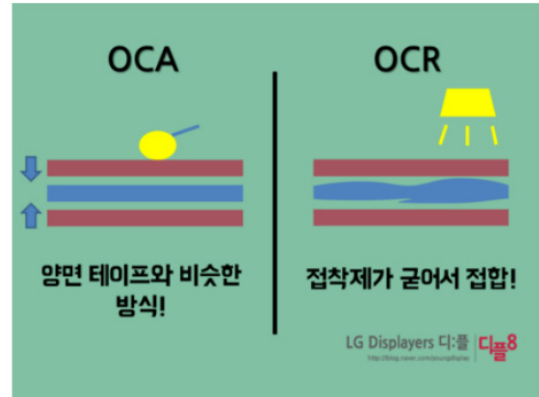


그림 6. OCA와 OCR의 차이  
(출처: LG 디스플레이)

저점도이기 때문에 롤공정에 유용하다. 또한 대전방지 및 투명성이 뛰어나며 박리시에 정전기의 발생이 적어 스마트폰의 정전식 터치스크린에 많이 적용된다. 특히 잔사가 적게 나타나 LCD 제조공정에서 에어나 분진에 의해 불량이 발생했을 경우 편광필름 등을 벗겨 재작업 (rework)이 가능하다. 하지만 박리할 때 재작업을 할 때 발생하는 정전기에 의해 액정이나 전기회로에 문제가 발생하는 경우가 있다. 또한 고온 다습한 환경으로 인해 기포 발생이나 커버 윈도우의 인색로 인한 단차 메꿈 능력 저하 등의 단점이 있다[10,11].

OCR은 휘도 향상을 위해 사용되는 UV경화형 점착제다. 빛의 투과도를 높이기 위해 태블릿 PC, 스마트폰, 터치패널 등에 적용된다. OCR은 굴절율을 조절하여 밝은 외부환경에서 디스플레이의 시인성을 개선하고 흐릿함을 감소시킨다. 또한 대면적화나 접합하는 재료의 특성에 덜 영향을 받는 점과 공정을 단순화할 수 있는 장점이 있다. 그러나 레진과 맞춤 공정이 함께 개발되어야 하고 경화 시 수축을 및 오버플로우에 대해 제어할 수 있는 수단이 필요하다. 또한 부분적인 미경화 및

표 1. 광학용 점·접착제 기술적 특징

분류	기술적 특징
OCR (투명점착제)	<ul style="list-style-type: none"> <li>액체 형태로 필름보다 기포 발생을 최소화하고 간격을 매꾸는 능력 극대화 가능</li> <li>경화 공정에서 수축률 등의 제어가 어려움</li> <li>풀력시불 디스플레이 등에 적용하기위해 유연하게 하거나 접기에는 한계가 있음</li> <li>OCR 소재는 OCA 보다 10배가량 저렴해서 OCA 공정 대비 단가가 낮음</li> <li>중국 스마트폰 업체들도 신제품 개발에 OCR을 일부 적용하고 있음</li> <li>폭스콘 등 전자제품제조전문기업(EMS)들은 비싼 비용 탓에 제조 공정 중 OCR 비중을 줄이고 OCA를 다시 채택한 사례가 있음</li> </ul>
OCA (투명테이프)	<ul style="list-style-type: none"> <li>양면 테이프, 필름 형태</li> <li>OCA를 써서 디스플레이와 TSP를 부착하면 아주 얇은 공기층이 생기는데, 빛이 난반 사되면서 화면이 흐려질 수 있음</li> <li>기포 발생없이 OCA를 부착하는 기술은 난도가 높음. OCA와 OCR 강점을 모두 담은 하이브리드 OCA에 대한 연구도 활발</li> <li>다만, 기술 상용화를 위해서는 기포발생 제어기술 개발 필요</li> <li>전기 전도성, 열전도성, 전자차 차폐 특성, 고 내열성 등 다양한 요구에 부합해야 함</li> </ul>

(출처: 중소기업 기술·산업 정책본부 상세분석<기조화>)

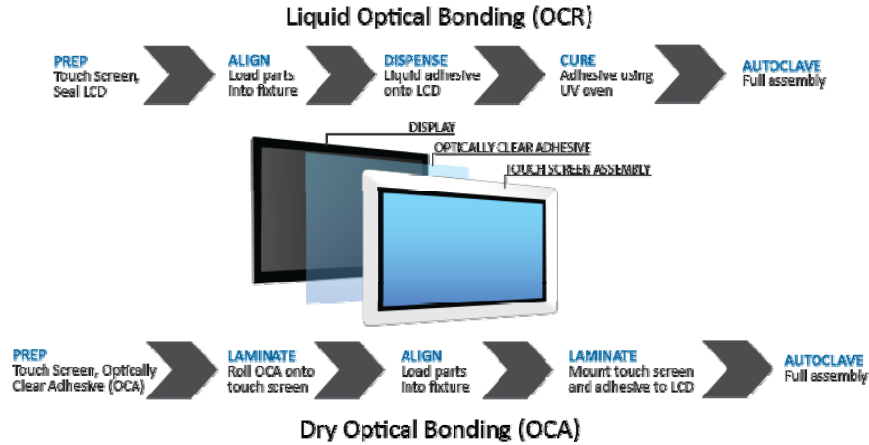


그림 7. OCA와 OCR에 따른 공정 차이  
(출처: Touch international)

얼룩 생성이라는 문제점이 있다[10,11].

**2.2. 광학용 점·접착제의 분류**

점·접착제로서 널리 쓰이는 고분자는 고무계, 실리콘계, 아크릴계 그리고 우레탄계 등의 공중합체가 있다[7] (표 2). 그 중에서도 아크릴계 점착제는 광학적으로 투명성이 우수하고, 분자량 및 물리적 특성의 설계가 용이하여 널리 사용되고 있다. 또한 필름의 도포가 쉽도록 젖음성의 조절이 용이하다. 이는 생산성의 향상으로 이어지고 작업의 효율성이 높아진다. 또한 UV를 통한 빠른 경화가 가능하여 경제적인 면에서도 이점이 있다. 실리콘계는 저온 및 고온에 대한 저항력이 뛰어나므로 광범위한 온도에서 사용할 수 있다. 그러나 자체 점착력은 매우 낮고 가격이 높은 단점을 가지고 있다. 우레탄 계열은 응집력이 높아 잔사가 매우 적고 투습성이 뛰어나다. 또한 하드세그먼트와 소프트 세그먼트의 조합을 통해 물성을 폭넓게 조절할 수 있는 장점을 갖고

있다. 하지만 내열성이 낮은 단점을 갖고 있다. 최근 실리콘/아크릴, 우레탄/아크릴을 베이스로 한 하이브리드 OCA 등의 개발이 활발히 진행되고 있다[12].

아크릴계 점착제는 용제형, 유화형, 핫멜트형 등 다양한 형태로 사용이 가능하다. 그 중 광학용 점착제의 경우 투명성을 유지해야하기 때문에 용액중합을 이용한 제조방법이 많이 사용된다. 용액중합을 통해 생산된 점착제는 고응집력의 발현과 기재 밀착성, 내구신뢰성이 우수하다. 또한 물성조절이 쉬우며 재현성 있는 공정이 가능하다. 유화중합으로 생산된 점착제는 공중합체 자체가 유백색을 띠어 광학용 점착제로는 적합하지 않고 용액중합으로 생산된 점착제보다 물성이 낮은 단점이 있다.

아크릴 점착제는 점착부여수지를 필요로 하지 않으며, Tg가 낮은 단량체를 이용한 아크릴산 에스테르 공중합체의 설계를 통해 점착특성을 조절할 수 있다. 또한 극성 단량체를 임의로 도입할 수 있고, 가교반응을 통해 목적과 용도에 맞게 다양한 물성을 구현할 수 있다[13].

아크릴계 광학용 점착제 합성에 많이 사용되는 단량체와 유리전이온도(glass transition temperature, Tg)를 표 3에 나타내었다. 아크릴 점착제의 주 성분은 유리전이 온도가 낮은 단량체를 주로 사용하고, tack과 peel strength을 결정한다. 그 외 추가적으로 사용되는 단량체는 대체로 높은 유리전이 온도를 갖고 있으며, 응집력 향상에 기여한다. Acrylic acid와 2-hydroxy ethyl acrylate와 같은 극성 단량체는 기재와의 부착력 증진에 도움을 줄 뿐만 아니라 가교반응이 가능한 작용기를 부여할 수 있다[5].

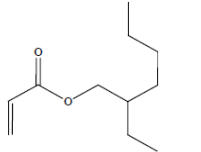
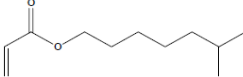
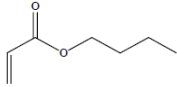
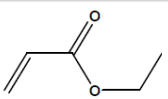
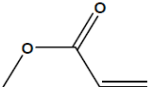
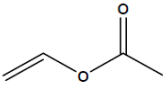
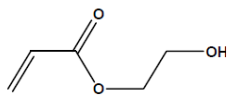
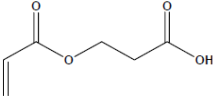
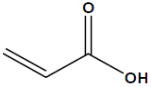
아크릴 점착제의 분자량이 커지거나 가교밀도가 높

표 2. 점착제에 사용되는 원재료에 따른 분류와 특성

점착제 유형		특성
고무	천연고무 합성고무	천연고무는 가격이 저렴하다. 점착면의 선택폭이 좁다. 극성기외 부재로 점착력 개선이 어렵다. 내열성 및 내후성이 안좋다.
아크릴계	아크릴산 에스테르 공중합체	고분자 자체에 점착성이 있다. 변성이 자유롭다. 내열성 및 내후성이 좋다. 점착면 선택의 폭이 넓다.
실리콘계	실리콘	다양한 온도에 적용 가능하다. 내열성 및 내한성이 뛰어나다 내화학성 및 내후성이 뛰어나다 자체 점착력이 낮다.
우레탄계	우레탄수지	응집력이 높아 잔사가 남지않는다. 악취와 피부자극이 적다. 투습성이 뛰어나다

아질수록 응집력이 커지게 된다. 하지만 분자량이 너무 커지게 되면 용융점도는 분자량의 3.4승에 비례하여 커지게 되어 유동성이 나빠진다. 또한 가교밀도가 작을 경우에는 유동성이 크다. Tack은 유동성에 기인하는데, 가교밀도가 증가할수록 유동성이 떨어져 낮은 tack값을 갖게 된다. 점착력을 갖기 위해서는 고분자가 유동성을 갖고 기재와의 강한 결합을 이룰 수 있도록 기재쪽으로 확산해야 한다. 가교밀도가 증가하면 이러한 확산이 늦어지게 되어 점착력이 떨어지게 된다[14]. 이와 같이 아크릴 중합체의 물성은 사용되는 단량체의 조성, 분자량 및 분자량 분포, 가교밀도, 가교제 및 첨가제 종류 등 다양한 요인으로 결정되기 때문에 필요한 요구 물성에 맞는 점착제의 설계가 매우 중요하다.

표 3. 점착제에 사용되는 단량체와 유리전이온도

Monomers	Structure	Molar mass (g/mol)	T <sub>g</sub> (°C)
<b>Tackifying monomers(soft)</b>			
2-Ethylhexyl acrylate (2-EHA)		184.3	-70
Isooctyl acrylate (IOA)		184.3	-70
n-Butyl acrylate (BA)		128.2	-54
<b>Monomers increasing T<sub>g</sub>(hard)</b>			
Ethyl acrylate (EA)		100.1	-24
Methyl acrylate (MA)		86.1	-6
Vinyl acetate (VA)		86.1	+28
<b>Monomers containing functional groups</b>			
2-Hydroxyethyl acrylate(2-HEA)		116.1	-15
β-Acryloyloxypropionic acid		144.1	-10
Acrylic acid (AA)		72.1	+106

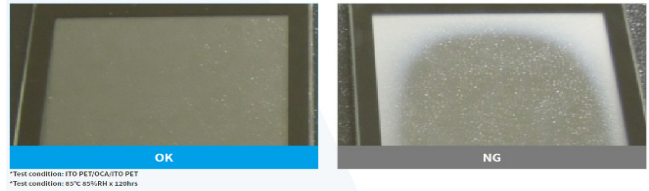


그림 8. 고온/고습 조건에서의 탁도 변화 (출처: Lintec/Opteria)

### 2.3. 광학용 점착제의 요구물성

광학용 점·접착제의 요구물성 중 기본적으로 고려해야 할 사항은 광학적 특성으로 투명도는 높고 탁도는 낮아야 한다[15]. 그리고 환경조건의 변화에 따른 착색, 변색이 적어야 한다. 점착제는 고온/고습에 장시간 노출될 경우, 뿌옇게 보이는 현상이 나타난다[16,17](그림 8). 이러한 백탁현상은 외부의 수분이 점착제 안으로 흡수되면서 팽창했다가 응축되면서 생성되는 상분리 및 굴절율의 차이로 인해 발생하는 것으로 예상된다(그림 9).

이러한 현상을 해결하기 위해 점착제에 AA나 2-HEA와 같은 친수성 단량체를 도입하면, 수분이 점착소재에 흡수되더라도 고르게 분산되거나 완전히 용해되어 탁도의 증가를 방지할 수 있다[18](그림 9).

광학용 점착제의 또 다른 불량원인으로 기포 발생이

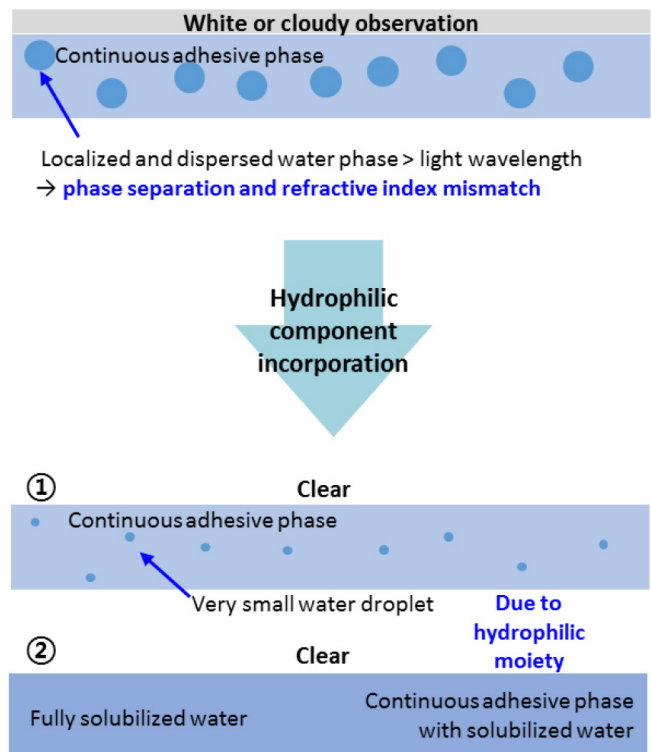


그림 9. 탁도가 증가하는 원인 및 이의 해결방법

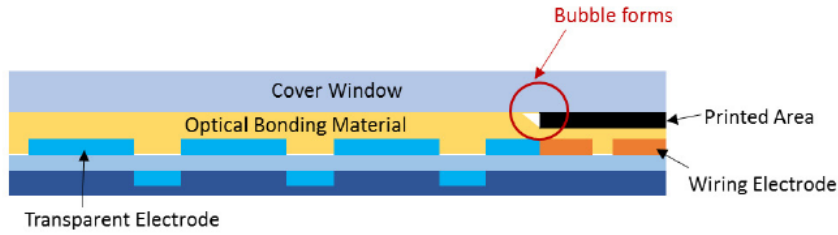


그림 10. OCA 적용시 인쇄 단차에 의한 기포생성 모식도

있다. 점착제와 부착하는 기재의 표면이 불균일하여 점착제를 붙였을 때, 내부의 기포가 빠져나가지 못해 발생하는 경우이다. 이와 유사하게 패널 테두리와 같이 인쇄된 층의 단차를 점착제가 충분히 채우지 못하여 발생하는 기포이다(그림 10). 이 두 경우 점착제가 부드럽지 못하여 발생하는 것으로 겔분율을 낮추는 것이 해결 방안으로 제시된다. 이를 통해 응집력을 약화시켜 기포가 쉽게 빠져나갈 수 있게 해줌과 동시에 표면젖음성의 향상을 기대할 수 있다. 하지만 겔분율이 낮아 충분한 응집력을 확보할 수 없다. 이러한 단점을 극복하고자 패널에 겔분율이 낮은 점착제를 도포 후, UV경화를 통해 응집력을 향상시키는 방법을 사용한다(그림 11a). 그 외에 기포를 제거하는 방법으로는 오토클레이브가 있다[19](그림 11b).

2.4. 개발 동향

아크릴 점착제 기술에 대한 국가별 특허 점유 현황을 살펴보면, 한국 178건(31%), 미국 85건(15%), 일본 264건

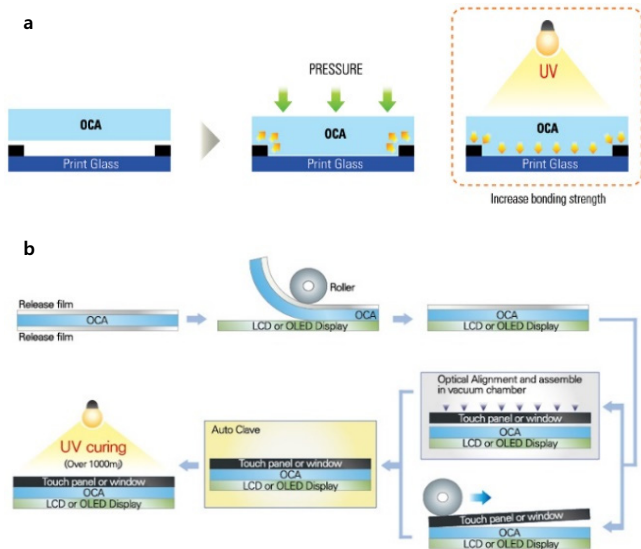


그림 11. a) UV 가교를 이용한 2중경화 방식 및 b) 오토클레이브를 이용한 기포 제거 방법

(46%), 유럽 48건(8%)의 특허가 출원되어, 일본이 가장 많은 기술을 점유하고 있는 것으로 나타난다(그림 12). 아크릴 점착제 기술의 출원동향을 살펴보면, 1980년대 중반 이후 꾸준히 증가하는 경향을 보이다가 2015년 최대 출원 이후 다소 감소하는 형태를 나타내었으나, 2018년 다시 증가하는 경향이 나타난다. 특히 국내의 경우 엘지화학, 동우화인켐, 삼성 SDI 등 다수 출원인이 등장하면서 40건 이상의 출원이 진행된 것으로 확인된다. 아크릴 점착제 출원비중의 약 과반을 차지하고 있는 일본은, 1980년대 중반부터 해당 기술분야의 개발을 주도하고 있는 것으로 나타났다. 도레이 첨단소재, Lintec,

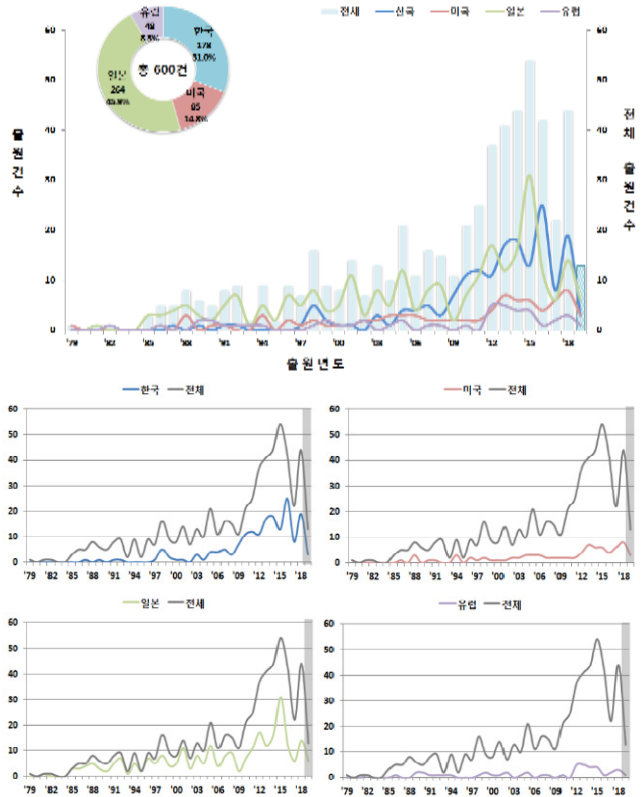


그림 12. 아크릴 점착제 관련 특허 출원 경향 및 주요 출원 국가별 출원 경향

Nitto Denko, Soken, 미쓰비시화학 등 다양한 회사에서 개발이 진행되고 있으며, 높은 기술력을 보유하고 있다. 2010년대 이후, 아크릴 점착제가 액정 패널을 비롯한 디스플레이나 자동차 관련 분야 등 다양한 산업 분야의 사용 증가로 인해 점착제에 대한 고기능화가 요구되면서 아크릴 점착제에 대한 관심이 높아지면서 다양한 분야에서 연구가 진행되는 것으로 판단된다.

울산과학기술원(UNIST) 전기전자컴퓨터공학부 김학선 교수팀은 실리콘 계열의 점착제를 개발하여 점착제의 유연성을 확보하였고, 이를 이용해 디스플레이의 각 층이 휘어질 때 받는 힘을 최소화 할 수 있는 사실을 세계 최초로 발견하였다. 이렇게 개발된 점착제는 상온에서 60만번, 저온과 고온에서 10만번 접었다 펴도 디스플레이에 아무런 이상이 없는 것으로 확인됐다[20]. 또한 울산과학기술원(UNIST) 에너지화학공학과 이동욱 교수팀과 전기전자공학과 김학선 교수 연구팀은 즉각적으로 회복이 가능한 점착제를 개발하였다. 이번에 개발된 점착제는 높은 점착력을 갖으며 우수한 신축성을 갖는다. 일반적으로 박리강도와 신축성은 반비례하지만 연구팀은 사전 변형이라는 기법을 이용해 문제를 해결했다. 실험결과 시중 스킨치테이프의 65% 정도의 박리강도를 보였고 25%를 늘렸을 때 즉각적으로 변형이 회복되는 신축성도 보였다. 또한 디스플레이 소자에 적용하였을 때 4주간 고온/다습한 환경에 노출시켰을 때에도 표면저항이 증가하지 않았다(그림 13).

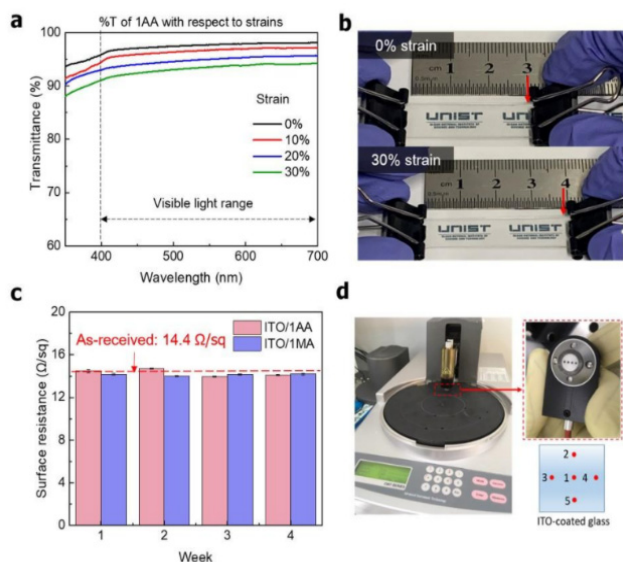


그림 13. 개발된 점착제의 디스플레이 소자 호환성 평가. a) 신율 변화에 따른 투과도 평가, b) 30% 신율에서의 점착제의 실제적 투명도, c) 고온다습 조건에서 점착제와 접촉한 ITO 기관의 표면 저항값, d) 표면저항 측정기기.

### 3. 결론

광학용 점·접착제의 시장은 디스플레이 시장과 마찬가지로 매년 증가하는 추세를 보일 것이다. 디스플레이가 평판 디스플레이에서 다양한 형태의 차세대 디스플레이로 변화하는 추세이며, 새로운 디스플레이의 개발에 있어서 핵심요소인 광학용 점·접착소재 또한 중요성이 커질 것이다. 하지만 점착소재의 해외 의존도가 높아 디스플레이 시장의 변화속도에 맞는 소재, 부품의 개발에 대한 필요성이 시급할 것으로 예상된다.

### References

1. 문동준, 차세대 디스플레이 기술 동향, 화학소재정보은행 (2019).
2. <https://news.joins.com/article/23798236>
3. [https://www.chosun.com/economy/tech\\_it/2020/09/25/5GRDR5YTOJHAVNELSTS36VWZDU/](https://www.chosun.com/economy/tech_it/2020/09/25/5GRDR5YTOJHAVNELSTS36VWZDU/)
4. <https://www.sedaily.com/NewsView/1YXRRAURLY>
5. ES Park, JW Park, , HJ Kim, Polymer Science and Technology, vol. 23, 47 (2012).
6. <https://www.koto-jp.com/en/product-item/product-item-008.html>
7. CH Park, HJ Kim, Polymer Science and Technology, vol. 26, 313 (2015).
8. Touch Panel Report - OCA/OCR for touch panel - 2012, IHS (2012).
9. H Calvin., Touch Panel OCA/OCR Technology and Market Report - 2017, IHS (2017).
10. 강주희, 송호준, 이상국, 플렉서블 디스플레이용 점착제 시장 및 기술 동향, 화학소재정보은행 (2019).
11. 이상국, 송호준, 디스플레이용 OCA와 OCR의 개발동향, 화학소재정보은행 (2016).
12. 서홍석, 편광판 및 편광필름용 점·접착제, 한국과학기술정보연구원 (2017).
13. 富田幸二, “Pressure-Sensitive Adhesive for Polarizing Film Used for Liquid Crystal Display”, 高分子, 59, 924 (2010).
14. Z. Czech and M. Wojciechowicz, Eur. Polym. J., 42, 2153 (2006).
15. S. Masayuki, 粘着技術特集, 47, 56 (2009).
16. E. P. Chang and D. Holguin, J. Adhes., 81, 925 (2005).
17. N. Murata, IEEE Location, 48, 1178 (1998).
18. A.I. Everaerts and J. Xia, U.S.Patent 8361632 (2013).

19. Y. Yonekawa, 제12차 접착기술강좌, The Society of Adhesion and Interface, Korea, Seoul (2011).
20. <https://news.unist.ac.kr/kor/newsletter/20200915/?frame=0>