DBpia

터치 스크린 패널용 광학 접착소재

Optical Bonding Materials for Touch Screen Panel

저자 (Authors)	박초희, 김현중 Cho-Hee Park, Hyun-Joong Kim

출처 (Source)	고분자 과학과 기술 26(4), 2015.8, 313-322 (10 pages) POLYMER SCIENCE AND TECHNOLOGY 26(4), 2015.8, 313-322 (10 pages)
발행처 (Publisher)	한국고분자학회 The Polymer Society Of Korea
URL	http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE06506492
APA Style	박초희, 김현중 (2015). 터치 스크린 패널용 광학 접착소재. 고분자 과학과 기술, 26(4), 313-322.

이용정보 (Accessed)	서울대학교 147.46.64.*** 2018/10/04 17:14 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s)and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s)for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

터치 스크린 패널용 광학 접착소재

Optical Bonding Materials for Touch Screen Panel

박초희 · 김현중 | Cho-Hee Park · Hyun-Joong Kim

Lab. of Adhesion and Bio-Composites, Program in Environmental Materials Science,
College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University,
Daehak-dong, Gwanak-gu, Seoul 151-921, Korea,
E-mail: hjokim@snu.ac.kr (www.adhesion.org)

1. 터치 스크린 패널에서 광학용 접착소재의 필요성

터치 방식은 현대사회에서 중요한 입력 방식의 하나로 자리매김하였으며, 이에 터치 스크린 패널(touch screen panel, TSP)은 점차 그 영역을 확대해가고 있다. 2007년 정전용량 터치 방식을 채택한 아이폰(iPhone)의 등장을 시작으로 스마트폰(smart phone) 및 태블릿 PC(tablet PC)의 성장세에 힘입어 그 수요는 급격히 증가하였으며 노트북, 올인원 PC(all-in-one PC), 일반 모니터 뿐만 아니라 TV, 냉장고, 세탁기 등 백색가전, 자동차까지 아울러 기존의 전자기기 영역을 넘어 학교, 사무실, 가정에서 필요로 하는 각종 다양한 기기들의 입력장치로서 TSP를 채용하는 사례는 점차 늘어날 전망이다(그림 1).[1] TSP는 구동 방식에 따라 여러 종류가 있으나 현재는 가장 수요가 큰 개인용 전자기기에서 그림 2와 같이 대부분 정전용량 방식을 채택하고 있기 때문에[2], 정전용량 TSP 를 제조하는 데 필요한 요구물성을 갖춘 광학용 접착소재가 활발히 연구개발되고 있다.

TSP는 커버 윈도우(cover window) 아래에 투명전극 및 디스플레이 모듈(display module)이 위치하는 구조를 가지며, 이들은 초기에는 그림 3a처럼 커버 윈도우와 전극 사이에 에어 갭(air gap) 을 이용한 구조였으나 현재는 그림 3b와 같이 광학용 접착소재를 충진한 풀 라미네이션(full lamination) 방식(혹은 다이렉트 본딩(direct bonding) 방식)이 일반화되어 있는 추세이다. 이러한 풀 라미네이션 방식 구조에서 각 레이어(layer)를 접착시키기 위해 사용되는 광학용 접착소재는 투명한 양면 테이프 타입의 optically clear adhesive(OCA)와 투명한 액체 타입의 optically clear resin(OCR 혹은 liquid optically clear adhesive, LOCA)으로 크게 나눌

Author

박초희

2009 서울대학교 환경재료과학전공 (학사)
2009-현재 서울대학교 환경재료과학전공 석박사통합과정 (박사수료)

김현중

1987 서울대학교 임산공학과 (학사)
1989 서울대학교 임산공학과 (석사)
1995 The University of Tokyo 생물재료과학과 (박사)
1995-1996 Virginia Polytechinic Institute & State Univ., Center for Adhesive & Sealant Science 화학과 박사 후 연구원
1996-1999 State Univ. of New York at Stony Brook 재료공학과, NSF-Center for Polymer at Engineered Interface 책임연구원
2013 State Univ. of New York at Stony Brook 재료공학과 Adjunct Professor
1996-1998 Brookheven National Lab. 물리학과 겸임연구원
1999-현재 서울대학교 산림과학부 환경재료과학전공 교수

서울대학교 | IP: 147.46.64.*** | Accessed 2018/10/04 17:14(KST)

수 있다. 여기서 optically clear 라는 용어는 소재 자체의 투과도가 90% 이상이 됨을 의미하는 것으로, 매우 투명한 상태를 가리킨다.

광학용 접착소재로서 쓰이는 고분자는 아크릴(acryl)계, 실리콘(silicone)계, 우레탄(urethane)계 등이 있으나 매우 우수한 투명성을 가지면서 설계가 용이하고 UV(ultraviolet)를 통한 빠른 경화가 가능하면서 경제적인 면에서도 이점이 있는 아크릴계 고분자가 가장 많이 쓰이고 있다[4]. 실리콘계 고분자는 우수한 내열성을 보유하고, 우레탄계 소재는 소프트 세그먼트(soft segment)와 하드 세그먼트(hard segment)를 조합하여 물성을 조절할 수 있기 때문에 각자의 장점이 있다.

광학용 접착소재는 단순히 각 구성층을 서로 접착시킬 뿐 아니라 화질 개선의 측면에서도 장점을 가진다. 에어 갭을 가진 구조에서 백라이트 유닛(backlight unit)으로부터의 빛은 공기층과 필름층 사이의 굴절률 차이에 의해 반사되어 일부 손실이 일어나게 되고 이는 전반적으로 흐릿한 이미지를 표현하게 되어 이미지 품질의 저하를 유발한다. 그러나 에어 갭을 광학용 접착소재로 채우게 되면 필름층과 접착소재간의 굴절률 차이가 감소하게 되어 백라이트 유닛으로부터의 빛 손실 또한 줄어들어 선명하고 밝은 이미지 표현이 가능해지므로 시인성이 향상된다(그림 4).[3] 또한 접착소재의 충진(gap filling)으로 인해 내진동성, 내충격성에서도 장점을 갖는다. 때문에 광학용 접착소재 시장은 그림 5에서와 같이 점차 증가하고 있으며 앞으로도 TSP의 시장 확대에 따라 성장을 같이 할 것으로 전망된다.[5]

OCA와 OCR 두 가지 타입의 광학용 접착소재 점유율은 그림 6과 같이 예상되고 있으며 OCR의 점유율이 점차 늘어날 것으로 보인다. 이는 그림 7에서처럼 OCA가 가진 기재 적용시의 기포 생성 가능성이라든가 그림 8에서와 같은 커버 윈도우의 인쇄로 인한 단차 메꿈 능력 저하 등의 문제가 있기 때문에 이를 해결하기 위한 대안으로서 OCR의 사용이 증가하는 것으로 예상된 것이라 추측된다. 그러

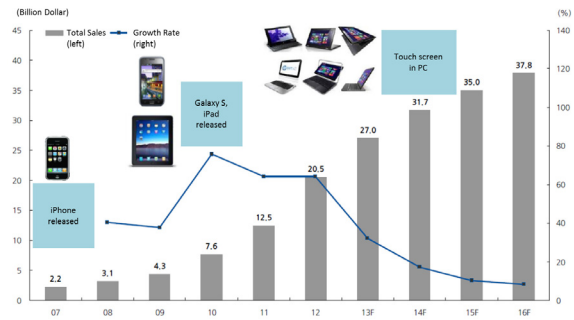


그림 1. TSP의 시장 전망.[1]

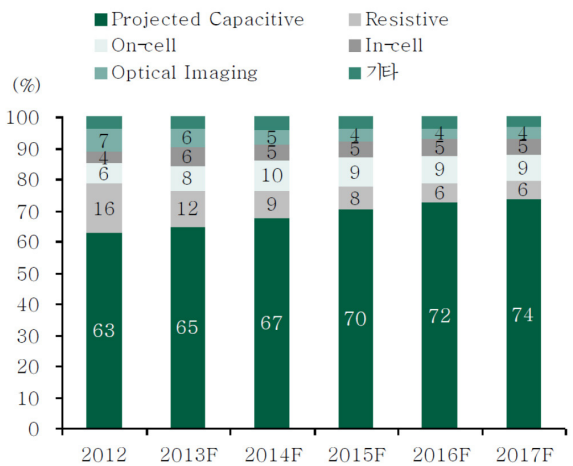


그림 2. 글로벌 터치패널 출하면적 타입별 추이 및 전망.[2]

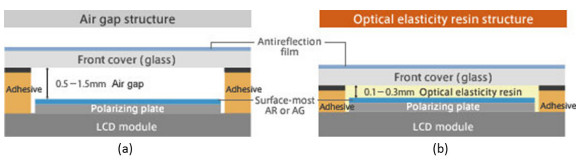


그림 3. (a) 에어 갭(air gap), (b) 풀 라미네이션(full lamination) 방식을 이용한 디스플레이 구조.[3]

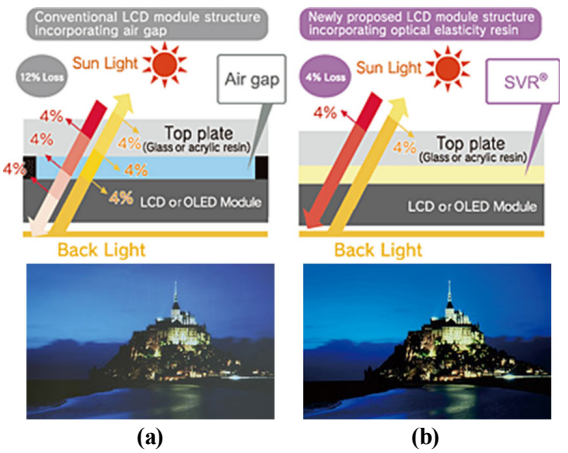


그림 4. 광학용 접착소재를 사용하지 않았을 때 (a)와 사용했을 때 (b)의 이미지 차이.[3]

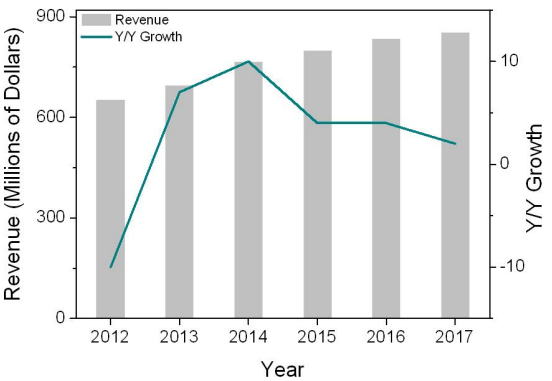
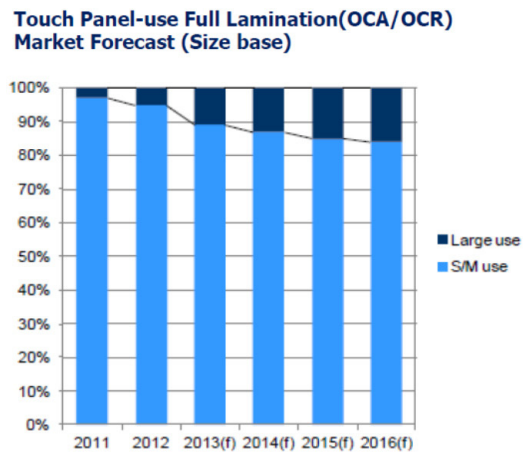


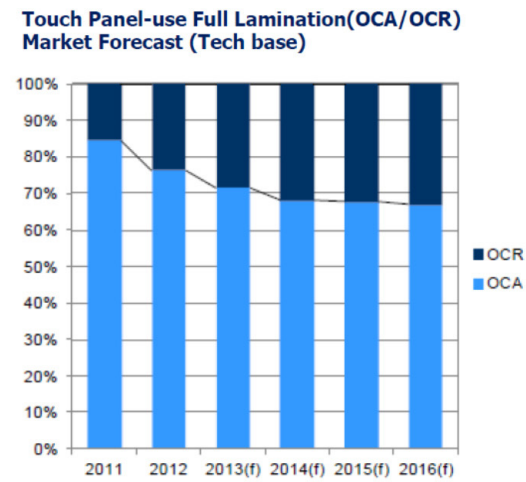
그림 5. OCA/OCR 시장 전망.[5]

서울대학교 | IP: 147.46.64.*** | Accessed 2018/10/04 17:14(KST)



	2011	2012	2013(f)	2014(f)	2015(f)	2016(f)
S/M use	97%	95%	89%	87%	85%	84%
Large use	3%	5%	11%	13%	15%	16%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

* S/M: Small & Medium: 10" 이하, 단 태블릿PC는 모두 S/M으로 분류



	2011	2012	2013(f)	2014(f)	2015(f)	2016(f)
OCA	84%	76%	72%	68%	68%	67%
OCR	16%	24%	28%	32%	32%	33%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

그림 6. TSP 본딩 시장에서의 OCA와 OCR 점유율.[5]

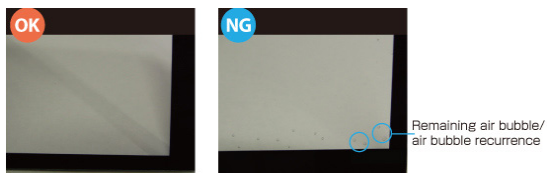


그림 7. 기재 적용시의 기포 생성 사례.[8]

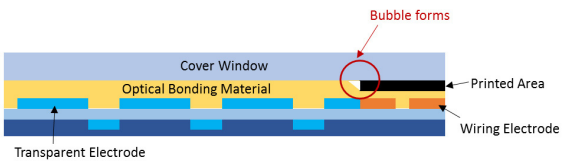


그림 8. OCA 적용시 인쇄 단차로 인한 기포 생성 모식도.[9]

나 OCR은 레진과 그에 대한 맞춤 공정이 함께 개발되어야 하고 경화 시 수축률 및 오버플로우(over flow)에 대해 제어할 수 있는 수단이 필요하다. 더불어 차세대 디스플레이로 주목받고 있는 플렉서블 디스플레이(flexible display)에는 적용이 어려운 면이 있어, 이러한 공정상의 요구에 힘입어 OCR 및 OCA의 성질을 함께 가지는 하이브리드(hybrid) OCA도 개발되고 있다.[6,7]

2. 광학용 접착소재의 요구 물성

광학용 접착소재는 앞서 언급한 OCA와 OCR의 두 형태로 공급되고 있으며 형태에 따라 요구물성에 약간씩 차이가 있다. 이에 본고에서는 먼저 공통적으로 요구되는 성질에 대해 살펴본 후 OCA 및 OCR 각 소재별로 요구되는 물성에 대해 기술하고자 한다.

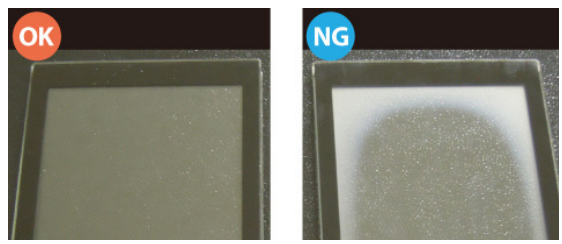


그림 9. 고온/고습 하에서의 탁도 변화(테스트 조건 : 글라스(glass)/접착제/글라스(glass), 85 ℃, 85 %RH 120 시간).[8]

2.1 고투명성(운점 저항성)

Optically clear라는 소재 이름에서도 말해주듯, 투명성은 광학용 접착소재에 있어 가장 중요한 성질이다. 코팅 및 경화 직후의 투명성은 물론이거니와 TSP가 사용되거나 출고 전 저장되어 있는 조건을 감안하여 그 조건 내에서는 투명성을 지속적으로 유지해야만 디스플레이에서 표시하는 화면을 사용자가 보는 데에 문제가 없기 때문이다. 그림 9에서는 고온 고습 조건으로 인한 광학용 접착소재의 탁도 증가를 나타내고 있다.[8] 이에 대응하기 위한 운점 저항성 접착제 및 라미네이트(cloud point-resistant adhesives and laminates)라는 명칭의 특허가 등록된 바 있으며, 운점 저항성이란 온도 및 습도 변화와 같은 다양한 환경 조건에 노출 시 접착소재가 혼탁하게 되지 않는 성질을 의미하는 것으로, 상기 특허에 따르면 친수성 세그먼트(hydrophilic segment)가 혼탁 발생을 방지하는 핵심 요소로서 작용하고 있다.[10]

헤이즈(haze) 현상이 발생하는 원인은, 그림 10에 모식도로 나타낸 바와 같이 접착소재를 이루고 있는 연속적인

서울대학교 | IP: 147.46.64.*** | Accessed 2018/10/04 17:14(KST)

고분자 상(continuous adhesive phase)에 수분이 흡수되면서 서로 상용성이 좋지 않은 이유로 수분이 크게 뭉쳐 국지적으로 존재하게 되어 이 부분의 파장이 빛의 파장보다 크기 때문에 상분리 및 굴절률의 미스매치로 인해 백색 혹은 뿌옇게 보이는 상태가 되는 것으로 알려져 있다. 이를 해결하기 위해서는 상기에 언급하였듯 친수성 관능기를 도입하게 되면, 수분이 접착소재에 흡수되더라도 고르게 분산되거나 완전히 용해될 수 있어 탁도의 증가를 방지할 수 있게 된다.[10]

2.2 비산성

TSP를 구동하는 데 있어 투명전극은 필수적인 요소로, 투명전극의 손상은 TSP의 고장과 직결된다. 광학용 접착소재는 구조상 투명전극과 맞닿아 있기 때문에 그에 영향을 끼칠 수 있는데, 특히 광학용 접착소재로서 흔히 사용되는 일반적인 아크릴(acryl)계 고분자의 경우 응집력 및 반응 사이트(site) 부여를 위해 아크릴산(acrylic acid)으로부터 온 카르복실 그룹(carboxyl group)을 측쇄에 가지는 경우가 많다. 이러한 산 성분은 투명전극을 부식시킬 수 있는 위험이 크므로, TSP에 사용되는 광학용 접착소재에서는 최대한 배제되어야 한다. 따라서 투명전극의 대표적 물질인 indium tin oxide(ITO)를 부식시키지 않으면서 TSP 에 적용 가능한 광학용 접착소재에 대한 특허 또한 출원된 바 있다.[11] 그림 11에서 확인할 수 있듯, 아크릴산이 포함된 접착소재는 고온 고습 조건 하에서 ITO의 저항을 크게 증가시킨다. 상기 특허에서는 아크릴산 대신 *N*-vinyl caprolactam 및 acrylamide 등의 질소 원소를 포함한 아크릴계 모노머를 첨가함으로써 응집력을 유지하면서도 투명전극은 부식시키지 않는 접착소재를 제시하고 있다.

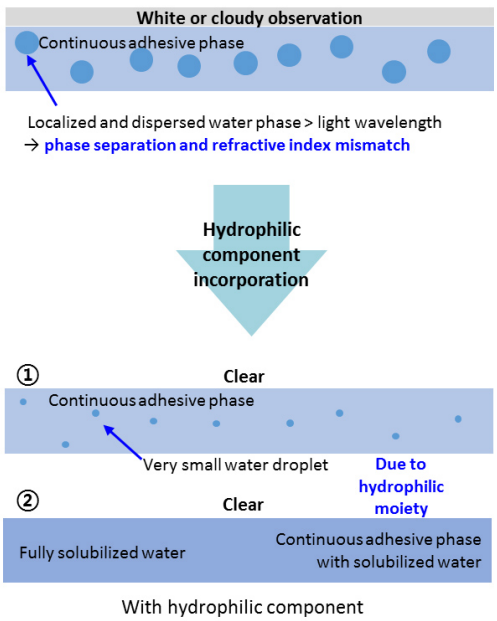


그림 10. 탁도가 증가하는 원인과 친수성 기를 도입함으로써 투명도를 유지하게 되는 모식도.[10]

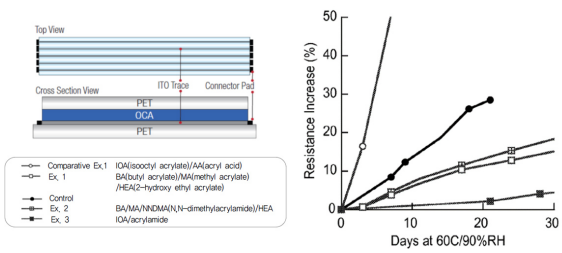


그림 11. 고온/고습 조건 하에서 투명전극 ITO 의 저항증가를 통해 추측하는 광학용 접착소재의 부식성 평가.[11]

2.3 고굴절률

표 1에 나타낸 바와 같이, 투명전극이 코팅된 PET 필름이나 커버 윈도우로 사용되는 글라스 및 플라스틱의 경우 보통 굴절률이 1.5 근방이다.[12] 디스플레이의 백라이트 유닛에서 발산된 빛은 TSP 구조를 이루고 있는 여러 필름층을 통과하게 되기 때문에, 필름과 그들을 서로 접착시키는 광학용 접착소재의 굴절률 차이가 작을수록 빛 손실이 없이 TSP의 커버 윈도우까지 도달할 수 있게 된다. 빛 손실은 TSP 구동시 소비전력 및 배터리 소모와도 밀접한 관련이 있으므로 굴절률 차이를 감소시키는 것은 중요한 문제이다.

굴절률 1.5에 근접한 고굴절률 광학용 접착소재를 만들기 위해, 굴절률을 제어하는 여러가지 방법이 보고된 바 있

표 1. TSP에 사용될 수 있는 각 기재의 굴절률(기준 파장 : 632.8 nm)[12]

기재 종류	굴절률
PET	1.636
ITO	1.858
Polycarbonate	1.581
Polyacrylate	1.492
Glass	1.52

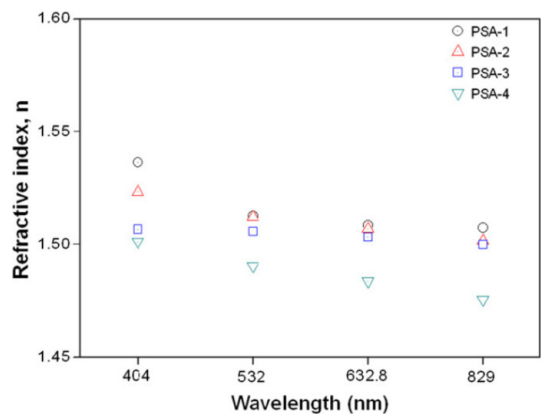


그림 12. 2-phenoxyehtyl acrylate의 도입을 통한 굴절률의 변화.[13]

서울대학교 | IP: 147.46.64.*** | Accessed 2018/10/04 17:14(KST)

표 2. 바이페닐 그룹(biphenyl group)의 도입으로 인한 굴절률 제어[14]

Example formula	Monomer (g)			Solvent (g)		Initiator (g)	Refractive index (RI)
	IOA	AA	BPA				
IOA/AA/BPA 78/2/20	39	1	10	Ethyl acetate	75	0.075	1.4991
IOA/AA/BPA 58/2/40	29	1	20	Ethyl acetate	75	0.075	1.5287
IOA/AA/BPA 38/2/60	19	1	30	Ethyl acetate	75	0.075	1.5595
IOA/AA/BPA 18/2/80	9	1	40	Ethyl acetate	75	0.075	–

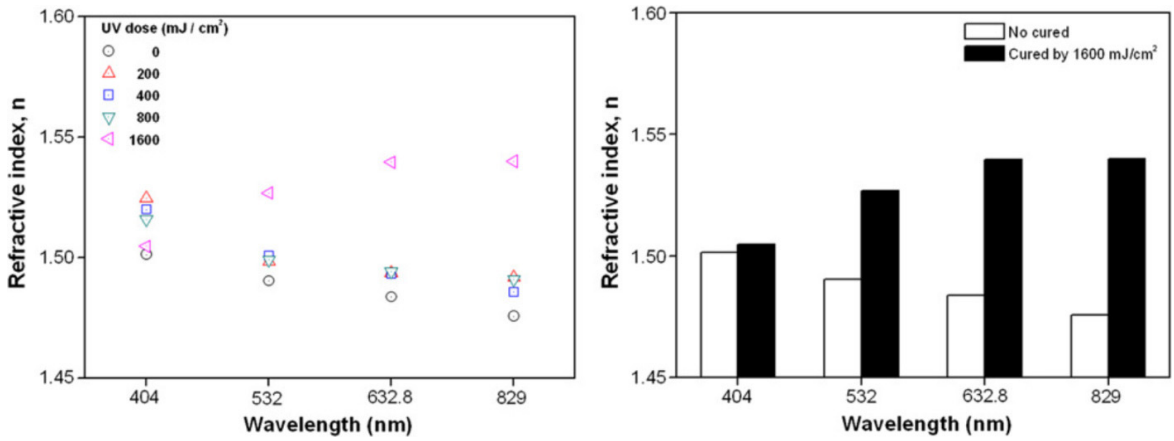


그림 13. UV 조사량에 따른 경화된 점착제의 굴절률 증가.[13]

다. 중합 시 벤젠고리(benzene ring)를 포함하는 고굴절률 모노머를 첨가하여 접착소재 전체의 굴절률을 향상시킨 연구사례가 있으며[13], 그림 12에 그 결과를 나타내었다. 일반적으로 아크릴계 고분자의 경우 1.47 근처의 굴절률을 가지나, 2-phenyl ethyl acrylate를 도입함으로써 1.5 이상의 굴절률을 얻을 수 있었다. 이와 더불어 아크릴 점착제는 UV 조사에 의한 경화 전후의 굴절률에서도 차이를 보여, 경화가 될수록 굴절률이 증가함을 확인할 수 있다(그림 13). 또한 바이페닐 그룹(biphenyl group)을 포함한 모노머를 이용하여 제조된 굴절률 1.5 이상의 광학용 접착소재에 대한 특허도 출원되었는데[14], 표 2에서 바이페닐 그룹(biphenyl group)의 함량이 증가함에 따라 굴절률이 1.49에서 1.55까지 증가하는 경향을 볼 수 있다. 무기물인 지르코늄 카르복시에틸 아크릴레이트(zirconium carboxyethyl acrylate)[15]나 이산화티타늄(TiO_2)[16], 하프늄 카르복시에틸 아크릴레이트(hafnium carboxyethyl acrylate)[17] 등을 블렌딩(blending)하여 굴절률을 컨트롤하는 방법도 시도되었다. 그림 14에서는 지르코늄(zirconium)으로 인해 아크릴 점착제의 굴절률이 1.5까지 상승한 것을 관찰할 수 있으며, 그림 15에 나타난 이산화티타늄(TiO_2) 또한 굴절률을 증가시키는 역할을 하였다. 하프늄(hafnium) 역시 그림 16에서와 같이 그 함량을 증가시킴에 따라 1.6 이상까지도 굴절률이 상승하는 결과를 나타내었다. 이와 더불어 단순히 이산화티타늄(TiO_2)을 필러(filler)로서 그 자체로 첨가하는 것에서 한 단계 나아가 표면을 개질하여 분산시킴에 따라 투명성을 유지하면서도 1.7-1.8에 이르는 매우 높은 굴절률의 점착필름을 제조한 연구결과도 보고되고 있다(그림 17).[18]

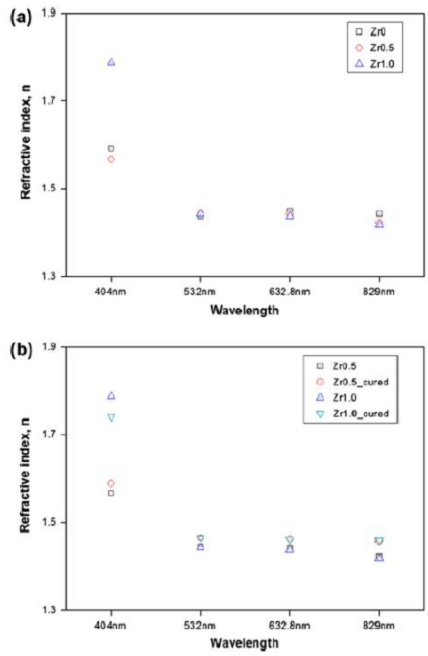


그림 14. 지르코늄 카르복시 에틸아크릴레이트(zirconium carboxyethyl acrylate, ZrCEA)의 함량 (a) 및 경화제(methyl aziridine derivatives) 함량 (b)에 따른 굴절률 변화.[15]

2.4 블리스터 저항성(Blister Resistance)

차세대 디스플레이에서는 경량화나 플렉서블(flexible)

서울대학교 | IP: 147.46.64.*** | Accessed 2018/10/04 17:14(KST)

과 같은 이슈에 대응하기 위해 polymethyl methacrylate (PMMA), polycarbonate(PC) 등 플라스틱 기재의 사용량이 점차 증가할 전망이다(그림 18).[19] 그러나 플라스틱 기재는 그림 19에서 나타난 바와 같이 접착필름 부착 후 고온 고습 조건 하에서 수증기나 산소 등의 기체를 발생시켜 그로 인해 접착소재 층과 기재 사이에 기포가 생기면서 들뜨는 현상이 일어나게 되는 문제점이 있다.[8,20] 따라서 이를 방지하기 위하여 아크릴계 점착부여수지를 합성해 광학용 접착소재를 구성하는 주 고분자에 혼합함으로써 점착제의 T_g를 증가시킴에 따라 고온에서도 기재와의 접착력을 유지하게 하여 기포 생성을 저하시키는 방법이 발표된 바 있다.[21]

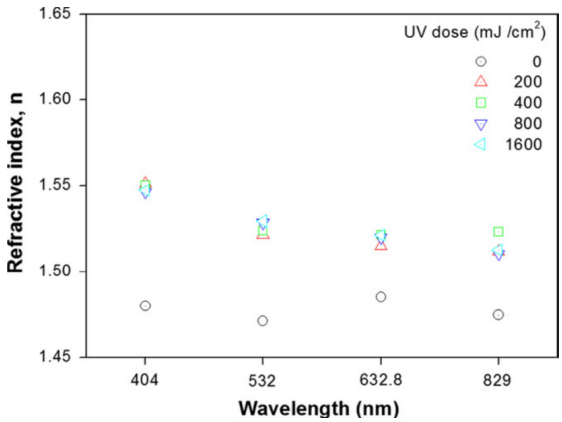


그림 15. 이산화티타늄(TiO_2) 을 함유한 접착소재의 굴절률.[16]

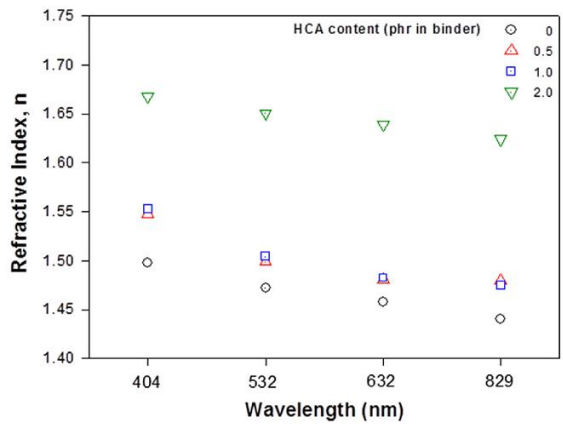


그림 16. 하프늄 카르복시에틸 아크릴레이트(hafnium carboxyethyl acrylate)를 도입한 광학용 접착소재의 굴절률.[17]

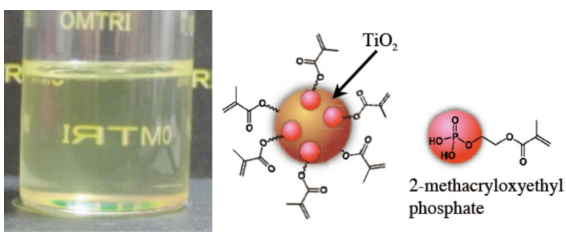


그림 17. 표면개질된 이산화티타늄(TiO_2)을 분산시킨 용액과 개질된 이산화티타늄(TIO_2)의 모식도.[18]

상기 연구결과에서 살펴보면, 블리스터(blister) 저항성은 결국 고온에서 접착소재가 얼마나 접착력을 유지하는가와 관계가 있으며, X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) 표면분석을 통해 관찰한 결과 블렌딩(blending)된 점착부여수지(tackifier)가 기재와 접착소재 사이의 계면으로 이동하여 고온에서의 접착력을 유지해주는 것으로 결론짓고 있다.

2.5 재작업성(Reworkability)

OCA의 경우 공정상에서 기재에 붙일 때 미스매치(mismatch), 미스얼라인먼트(misalignment) 혹은 기포 발생 시 일단 박리 후 다시 붙여야 할 상황이 일어날 가능성이 존재한다. 기재가 디스플레이 모듈(display module) 등의 고가인 경우 OCA 접착시의 불량으로 인해 기재를 버리기보다 재활용해서 쓸 수 있도록 하는 편이 경제적이므로, OCA 필름의 재작업성은 중요한 성질이라 할 수 있다. 그림 20에서는 닛토 덴코(Nitto Denko)사 OCA 필름의 글라스 기재상에서 재작업성을 나타내고 있는데, 재작업성이 좋은 경우에는 그림 20a와 같이 깔끔하게 박리가 일어나지만, 재작업성이 나쁜 경우에는 그림 20b와 같이 기재 및 OCA 필름에서 파손이 일어난 것을 확인할 수 있다.[22] 재작업성을 좋게 하기 위해서는 점착제의 응집력을 높이는 방향으로 설계를 진행해야 하며 응집력은 충분한 가교 및 점착필름을 구성하는 고분자의 하이드록실 (hydroxyl) 혹은 카르복실(carboxyl) 관능기의 도입을 통해 그들 사이의 산·염기 작용, 수소결합의 생성으로 인하여 부여될 수 있다.[23]

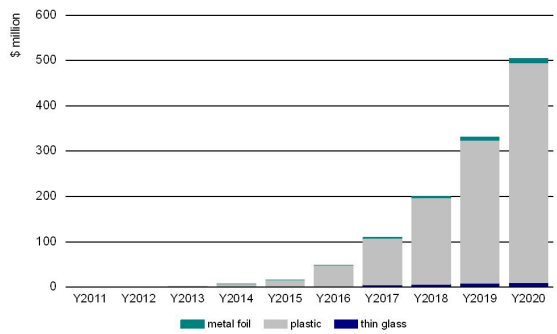


그림 18. 차세대 디스플레이인 플렉서블 디스플레이(flexible display)에서 플라스틱 기재가 차지하는 비율.[19]

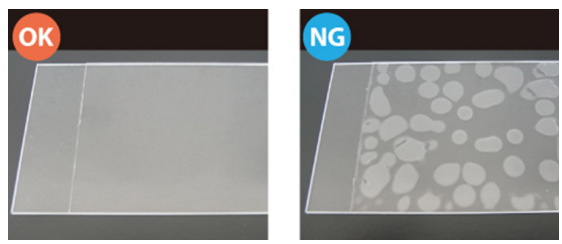


그림 19. 광학용 접착소재의 블리스터 저항성(blister resistance) 테스트 결과(테스트 조건 : 80 ℃, 240시간).[8]

서울대학교 | IP: 147.46.64.*** | Accessed 2018/10/04 17:14(KST)

2.6 블랙 매트릭스(Black Matrix) 에서의 경화를 위한 이중 경화형 광학용 접착소재

TSP의 가장 윗부분에 해당하는 커버 윈도우와 투명전극 사이에 OCR을 사용해서 충진할 경우, 흔히 UV 조사로 경화를 시키는 OCR의 특성상 인쇄가 되어 있는 베젤(bezel) 부분인 커버 윈도우의 아랫부분에는 UV가 도달하지 못해 경화가 일어날 수 없게 된다. 경화가 전부 끝난 상태로 공급되는 OCA와 달리, 공정상에서 도포 후 경화를 진행시키게 되는 OCR은 UV와 더불어 그 이외에 추가적으로 경화가 일어날 수 있게 하는 경화기구를 사용하여 이중 경화형 광학용 접착소재를 설계하는 경우도 있다. 대표적인 이중 경화 기구로는 UV에 더하여 열, 습기, 프라이머(primer) 경화 방식이 있으며 그림 21에서는 열 경화, 그림 22에서 습기 경화 이중 경화형 광학용 접착소재의 경화 메커니즘을 나타내었다. 그 외에도 그림 23에서와 같이 측면에서 UV를 조사하여 경화시키는 방식도 고안된 바 있다.[6] 그림 24, 25에서는 UV 없이도 습기 및 열로 인해 이중 경화 소재의 경화가 진행됨을 확인할 수 있다. 또한 UV를 이용한 양이온 중합과 하이드록실 그룹(hydroxyl group) – 글리시딜 그룹(glycidyl group) 간의 열로 인한 반응을 이용한 이중 경화형 OCR 소재에 대해 연구가 진행된 바 있으며 그림 26에 경화 메커니즘을 나타내었다.[24]

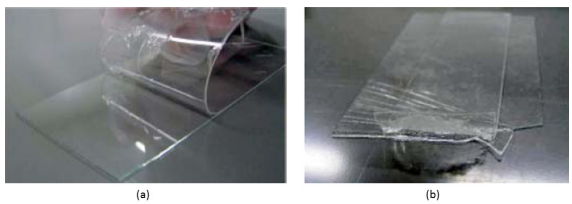


그림 20. 글라스(glass) 기재에서의 OCA 재작업성 테스트: (a) 좋은 재작업성, (b) 나쁜 재작업성.[22]

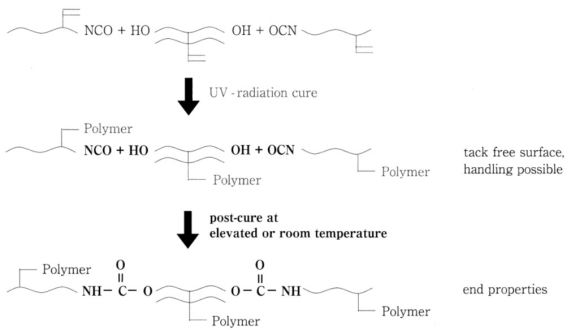


그림 21. UV 경화와 열 경화를 이용한 소재의 이중 경화 메커니즘.[7]

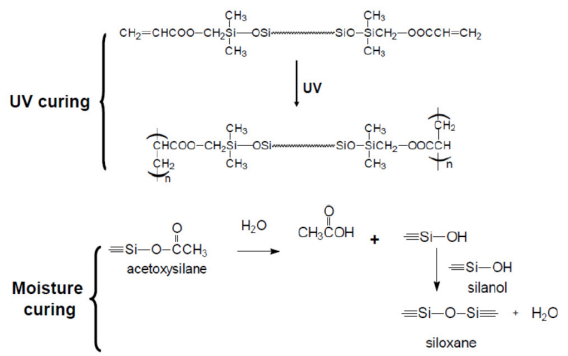


그림 22. UV 경화와 습기 경화를 이용한 소재의 경화 메커니즘.[6]

2.7 경화 전후의 수축률

고분자 소재에서 경화 전후 수축이 일어나는 원인은 경

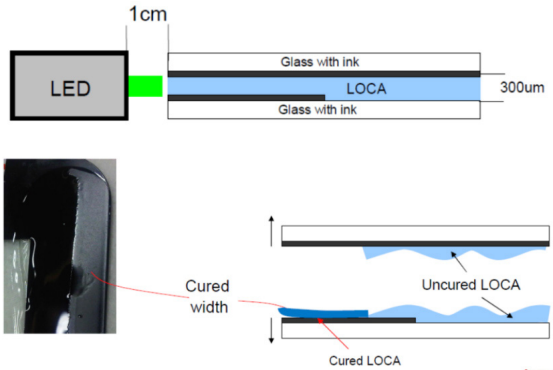


그림 23. 블랙 매트릭스(black matrix) 아래의 미경화된 OCR과 UV 측면 조사를 통해 경화된 모습.[6]

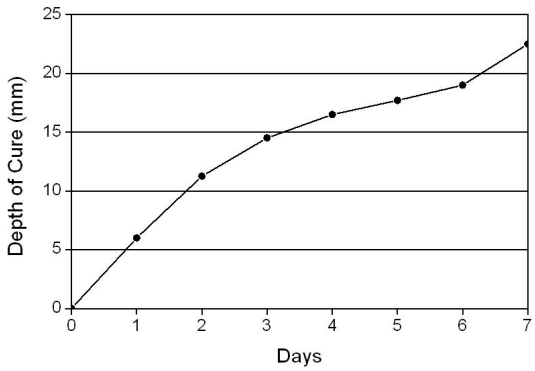


그림 24. 상온에서 시간에 따른 습도에 의한 경화도 변화.[6]

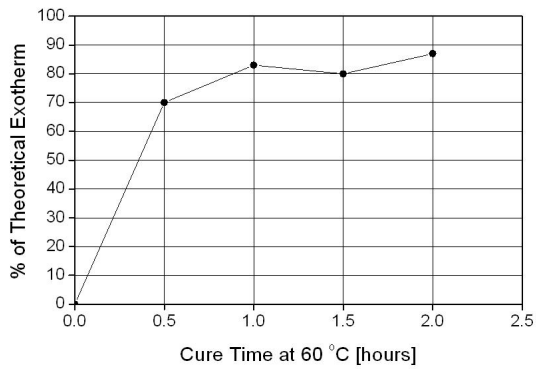


그림 25. 60 ℃에서 경화시간에 따른 발열반응.[6]

서울대학교 | IP: 147.46.64.*** | Accessed 2018/10/04 17:14(KST)

화 전 분자간에 반데르발스(van der Waals) 힘으로 약하게 결합되어 있던 분자들이 서로 공유결합으로 강하게 결합되어 더 큰 분자구조를 이루면서 분자간의 거리가 줄어들기 때문이다.[25] OCR의 경우 액상 상태로 기재에 도포되어 UV가 조사됨에 따라 경화되므로 경화 전후의 수축률이 크면 기재간의 미스매치(mismatch) 및 미스얼라인먼트(misalignment), 잔존 응력 유발 등의 문제를 야기할 수 있어 통상 1 ~ 2% 대의 수축률을 갖는 소재가 바람직하다. 경화 전후의 수축률을 측정하는 방법으로는 리노미터(Linometer) 장비를 이용하는 것이 간편한 측정방법으로 인해 편리한데, 알루미늄 플레이트에 일정량의 샘플을 로딩하고, 그 위에 슬라이드 글라스를 덮은 후 일정하게 떨어진 거리에서 UV를 조사하여 경화를 진행시키며 실시간으로 변위를 측정하여 수축률을 얻는 방식이다(그림 27). 리노미터를 이용해 얻을 수 있는 경화 전후의 수축률 곡선은 그림 28과 같다. 실제 측정된 값은 선수축률(linear shrinkage) 이지만

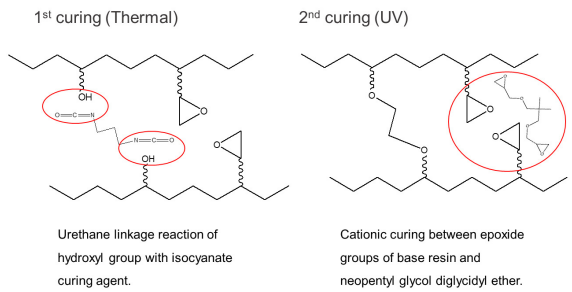


그림 26. 하이드록실(hydroxyl) – 글리시딜 (glycidyl) 관능기를 도입한 이중 경화형 접착소재의 경화 메커니즘.[24]

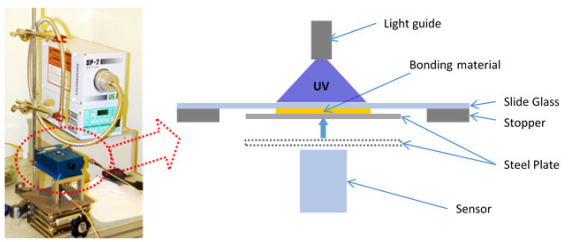


그림 27. 접착소재의 수축률 측정을 위한 리노미터(Linometer)의 모식도.[27]

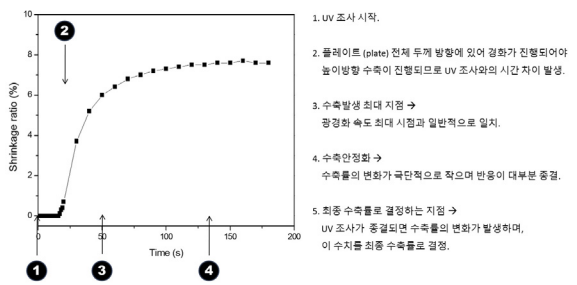


그림 28. 리노미터(Linometer)를 이용해 측정한 접착소재의 경화 전후 수축률 측정 결과 예시.[7]

하기 식에 의해 부피수축률(volume shrinkage)은 선수축률(linear shrinkage)의 약 3배에 해당하므로 두 수치를 연관지어 생각할 수 있다.[26]

$$\text{lin}\ \% = \frac{\Delta L}{L+\Delta L} \times 100\%$$

$$\text{vol}\% = 3\ln\% - 0.03(\text{lin}\%)^2 + 0.0001(\text{lin}\%)^3$$

수축률을 감소시키기 위해서는 OCR을 구성하는 고분자의 분자량을 높이고 라디칼 등의 반응 사이트 밀도를 낮추는 방안이 있으며, 일반적으로 양이온 중합은 라디칼 중합에 비해 낮은 수축률을 보인다고 알려져 있으므로[28] 양이온 중합을 도입하는 것 또한 OCR의 수축률을 감소시키는데 도움이 될 수 있다.

2.8 신뢰성

TSP가 사용되는 여러 어플리케이션의 특성상 제품 자체의 신뢰성을 보장하기 위해서는 광학용 접착소재 또한 신뢰성이 보장되어야 한다. TSP는 앞으로 생활가전 및 자동차의 영역까지 그 경계를 넓힐 것으로 예상되고 있으므로, TSP를 구성하는 중요 요소인 광학용 접착소재의 신뢰성 역시 그 중요성을 더해가고 있다. 위에서 언급했듯 시간이 지나도 투명성을 유지해야 하는 것은 물론, 투명전극을 손상시켜서도 안 되며, 접착력 또한 저하되지 않아야 한다. 따라서 가속노화시험을 이용한 수명예측을 통해 어느 정도 신뢰성이 보장된 소재가 채택되어야 한다. 현재 업체에서 사용하고 있는 가속노화시험 조건은 일반적으로 85 ℃/85 %RH[29], 60 ℃/90 %RH[30] 등의 조건에서 500시간 방치된 이후에도 박리가 일어나지 않아야 하며, 이 외에도 열충격(-40 ℃에서 30분, 85 ℃에서 30분, 500회 반복) 저항성 시험, 85 ℃에서 500시간 이후에 박리가 없어야 하는 고온 시험[30] 등을 거치는 것으로 알려져 있다.

광학용 접착소재는 고분자이기 때문에, 온도 및 프리퀀시(frequency)의 변화에 따라 달라지는 저장 탄성률 (storage modulus) 및 손실 탄성률(loss modulus) 그래프를 얻을 수 있고, 모듈러스(modulus)를 상대적인 물성과 연관지어 생각할 수 있다. 그림 29에서는 특정 온도에서의 저장탄성률(storage modulus) 수치와 관련있는 접착소재의 거동을 간략하게 서술하고 있다.[31] 또한 특정 프리퀀시 영역에서의 저장 탄성률 및 손실 탄성률은 점착제의 3 물성(peel, tack, shear property)과 연결되어 있으므로(그림 30),[32] 점탄성 커브를 이용해 물성의 변화를 간접적으로 알아봄으로써 접착소재의 물성을 예측하고 그에 따른 신뢰성을 평가 가능하다.

이에 더하여, 가속열화시험을 진행한 뒤 접착소재의 고장수명을 알아볼 수도 있다. 실제 사용 조건보다 가혹한 조건에 샘플을 노출시킨 뒤 주요 타겟 물성에 대하여 시간에

서울대학교 | IP: 147.46.64.*** | Accessed 2018/10/04 17:14(KST)

따라 플랏하고, 일정 수준까지 물성이 저하된 고장시점을 파악하여 실제 사용온도에서의 수명을 예측하는 방법이다(그림 31). 이 때 샘플을 노출시킬 가속시험 조건은 샘플의 열화 요인(UV, 온도, 습도 등)에 맞추어 결정되어야 하며, 가속시험 후의 물성은 실제 사용환경에서 샘플을 방치했을 때의 물성과 연관지음으로써 더욱 신뢰도 있는 결과를 얻을 수 있게 된다.[33] 가속열화시험으로 소재의 수명을 예측하는 것은 짧은 시간 안에 이루어질 수 있는 것이 장점이나, 재료에 따라서 데이터의 산포가 크고 불규칙할 수 있어 실제 사용조건과 가속시험 간의 상관성 파악이 어려워질 가능성도 존재할 뿐 아니라 가혹한 조건으로 인한 비정상적인 고장모드가 발생할 수도 있으며, 가정했던 가속모델이 맞지 않을 때는 분석에 에러가 일어날 수 있는 것이 단점이다.[33,34]

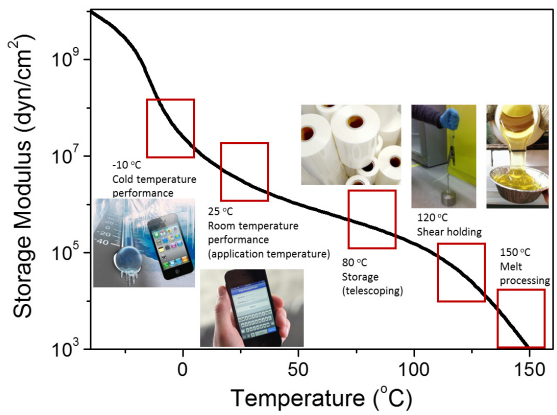


그림 29. 점탄성 곡선과 접착 물성과의 관계.[31]

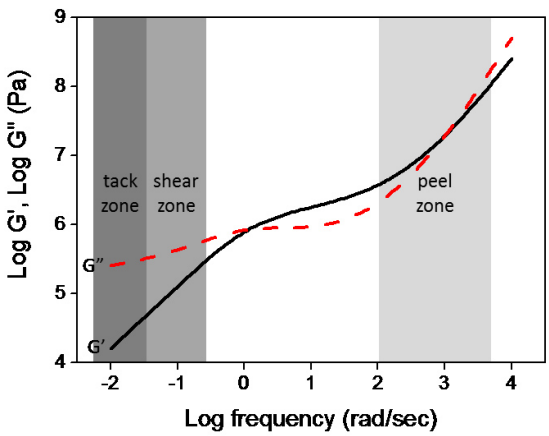


그림 30. 일반적인 접착소재의 프리퀀시에 따른 점탄성 곡선과 프리퀀시 영역에 따른 관련 3 물성.[32]

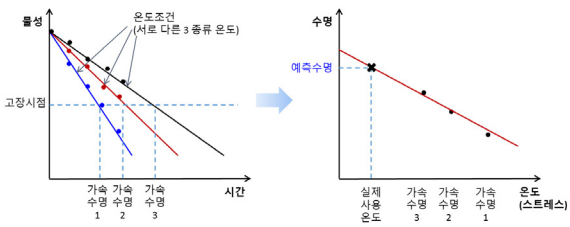


그림 31. 가속열화시험과 고장수명의 예측 예시.

3. 결론

TSP는 스마트폰이나 태블릿 PC를 넘어 차후 더욱 그 응용분야를 넓혀 갈 것으로 전망되며, TSP를 조립하는 데 핵심 요소로서 광학용 접착소재 또한 중요하다 할 수 있다. 단순히 TSP를 구성하는 부품들을 서로 접착시키기 위한 광학용 접착소재에 대한 기술은 어느 정도 성숙 단계에 이르렀다 할 수 있으나 TSP의 박형화 및 플렉서블 이슈에 대응하기 위한 전기 전도성이나 열 전도성, 전자파 차폐 특성, 고내열성 등 다양한 기능이 추가적으로 요구될 수 있어 기본적인 물성에 더하여 이러한 특성을 부여하기 위한 다방면의 연구가 진행 중에 있다.

참고문헌

1. 황준호, *2014년 IT 산업과 TSP의 미래*, 2014년 터치패널 핵심기술 이슈 분석 및 터치 산업 전망 세미나, 비즈오션, 2013.
2. 박종운, *2014년 터치패널 산업 전망*, 2014 Touch Panel 신소재 및 접착소재 기술개발과 상용화 세미나, 산업교육연구소, 2014.
3. http://www.dexerials.jp/ en/products/b3/svr1120.html.
4. F. Keizai, *Special Adhesives and Passivation Materials · Market Outlook and Application 2012*, Fuji Keizai, Tokyo, 2011.
5. D. Yi, *Touch Panel Report - OCA/OCR for Touch Panel - 2013*, IHS, 2013.
6. D. Lu, *Liquid Optically Clear Adhesive for Display Applications*, Henkel Corporation, 2012.
7. O. Kirihara. *Optically Clear Adhesives and Bonding Technology*, S&T publishing, Tokyo, 2012.
8. http://www.lintec. co.jp/e-dept/english/opteria/products/oca_film.html.
9. 곽민기, *메탈메쉬를 이용한 터치 패널센서의 기술개발 및 사용화 동향*, 2014 Touch Panel 신소재 및 접착소재 기술개발과 상용화 세미나, 산업교육연구소 주최, 2014.
10. A.I. Everaerts and J. Xia, U.S.Patent 8361632 (2013).
11. A.I. Everaerts and J. Xia, U.S.Patent 20090087629 (2009).
12. http://www. filmetrics. com/refractive-index-database.
13. S.-W. Lee, J.-W. Park, Y.-E. Kwon, S. Kim, H.-J. Kim, E.-A. Kim, and H.-S. Woo, J. Swiderska, *Int. J. Adhes. Adhes.*, **38**, 5 (2012).
14. M. D. Determan, A. I. Everaerts, C. L. Moore, and D. B.

서울대학교 | IP: 147.46.64.*** | Accessed 2018/10/04 17:14(KST)

Olson, U. S. Patent 20100048804 (2010).
15. S. Kim, S.-W. Lee, D.-H. Lim, J.-W. Park, C.-H. Park, and H.-J. Kim, *J. Adhes. Sci. Technol.,* **27**(21), 2265 (2013).
16. S.-W. Lee, J.-W. Park, C.-H. Park, Y.-E. Kwon, H.-J. Kim, E.-A. Kim, and H.-S. Woo, S. Schwartz, M. Rafailovich, J. Sokolov, *Int. J. Adhes. Adhes.,* **44**, 200 (2013).
17. S.-W. Lee, J.-W. Park, C.-H. Park, and H.-J. Kim, *Int. J. Adhes. Adhes.,* **50**, 93 (2014).
18. K. Matsukawa, R. Miyazaki, R. Imura, K. Mitamura, M. Hirata, N. Nishioka, and S. Watse. *Proc. 5th World Congress on Adhesion and Related Phenomena*, 44 (2014).
19. http://electroiq.com/blog/2013/08/flexible- substrate-market-to-top-500-million-in-2020/.
20. E.-S. Park, J.-W. Park, and H.-J. Kim, *Polymer Science and Technol*., **23**, 47 (2012)
21. K. Nakamura and H. Mori., *Proc. 5th World Congress on Adhesion and Related Phenomena*, 143 (2014).
22. T. Banba and T. Suzuki, *Nitto Denko Technical Report*, **47**, 22 (2009).
23. Y. Toyama, S. Inoue, M. Nagata, and T. Hosokawa, U. S. Patent 7862888 (2011).
24. T.-H. Lee, J.-W. Park, D.-H. Lim, P. Dou, H.-J. Kim, and S. Shin. *Proc. 5th World Congress on Adhesion and Related Phenomena*, 114 (2014).
25. S.-J. Ryu, J.-H. Cheon, and J.-B. Min, *J. Korean Acad. Conserv. Dent*., **36**, 188 (2011).
26. A. De Gee, A. Feilzer, and C. Davidson, *Dent. Mater*., **9**, 11 (1993).
27. J.-W. Park, J.-G. Lee, Y.-M. Yoo, and H.-J. Kim, S. Shin. *Proc. 5th World Congress on Adhesion and Related Phenomena*, 113 (2014).
28. J.-H. Park, Y.-G. Cho, H.-S. Do, D.-H. Lim, and H.-J. Kim, *Korean Ind. Chem. News*, **10**, 35 (2007).
29. P. J. Shustack, U. S. Patent 20040072933 (2004).
30. E. Katakami, Japan Patent WO 2010027041 (2010).
31. D. Satas, *Handbook of Pressure-Sensitive Adhesive Technology*, Van Nostrand Reinhold, Warwick, 1999.
32. I. Benedek, M. M. Feldstein, *Fundamentals of Pressure Sensitivity*, CRC Press, Boca Raton, 2008.
33. Y.-I. Kwon, S.-J. Kim, and H.-W. Lee, *Journal of Applied Reliability*, **7**, 149 (2007).
34. http://eri.re.kr/kor/community/board_downList. php.

서울대학교 | IP: 147.46.64.*** | Accessed 2018/10/04 17:14(KST)