

최근의 기능성 필름의 기술동향 (하)

가나이 도시타카(金井俊孝)

Toshitaka Kanai

KT POLYMER 대표 Tel. 0438-64-2300 Fax. 0438-64-2451

고기능성 필름을 소재로 차단성을 높인 식품, 의료품, IT기기 등의 포장필름과 전지용 필름, 디스플레이용 필름, 환경 대응 필름, 5G 고속 통신용 기판, 장식필름 등 앞으로 성장이 기대되는 기능성 필름에 대해 설명한다.

2.7 IT·디스플레이용 필름

2.7.1 액정 디스플레이와

유기 EL 디스플레이

액정 디스플레이(LCD)가 개발되어 휴대전화, 노트북 등의 모바일 기기에 폭넓게 응용되게 되었다. TV에서는 고시야각(高視野角) 필름의 개발로 어느 방향에서도 잘 볼 수 있게 되었고, 브라운관은 플라스틱 광학필름 부재(部材)로 이루어진 액정 디스플레이로 바뀌고 한층 더 얇아짐으로써 대형화면으로 대량생산되어 저비용으로 입수할 수 있게 되었다. LCD는 사용하는 플라스틱 광학부재로 빛의 도광(導光),

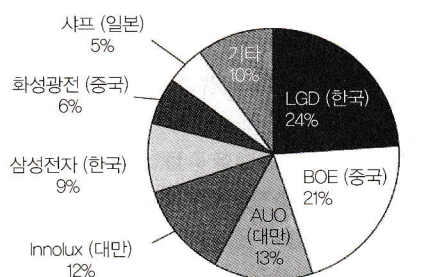
반사, 확산, 프리즘효과, 편광, 시야 확대, 반사억제 기술 등을 능숙하게 제어하고 있다. TOYOBO는 PET 연신필름으로 초복굴절(超複屈折)에 의한 착색을 해소한 필름을 개발, 액정 디스플레이 편광자(偏光子) 보호필름으로 채용되고 있다.³²⁾

그러나 현재는 코스트 저감화가 강하게 요구되고 있어 부재의 통합화나 필름 생산라인의 광폭화에 의한 수율 향상 등이 진행되고 있으며 액정패널 생산의 중심도 일본→한국→중국으로 옮겨지고 있다. 액정패널의 세계 점유율을 <그림 11>에 나타낸다.³³⁾

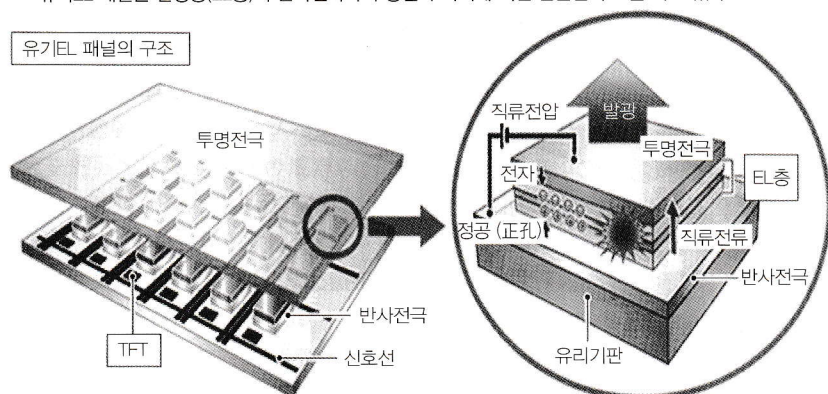
반면 한국은 유기EL 디스플레이에 주력을 기울이고 있다. <그림 12>에 유기EL 디스플레이 구성을 제시한다. 유기EL 재료는 자체 발광하기 때문에 백라이트가 불필요하며 LCD보다 심플한 구조로 필요한 광학필름의 수도 적다.³⁴⁾

스마트폰 3대기업 삼성(한국), Huawei(중국), Apple(미국)은 스마트폰에 유기EL 디스플레이(OLED) 기종을 출시하고 LCD에서 OLED로의 이동이 진행되고 있다. 유기EL의 특징을 살린 백라이트가 없고 박막화(薄膜化)·경량화·유연성 기능을 이용한 폴

발광층(EL층)에 직류전류를 흘려보냄으로써 자체 발광하는 디바이스
유기EL 패널은 발광층(EL층)이 반사전극과 투명한전극 사이에 끼인 단순한 구조를 하고 있다



<그림 11> 대형액정패널 2019년 세계 점유율³³⁾



<그림 12> 유기EL 디스플레이 구성³⁴⁾

더블 스마트폰도 판매되고 있다.〈그림 13〉³⁵⁾ 앞으로 한층 더 스마트폰 사이드로 태블릿 기능을 갖게 한 세번 접을 수 있는 타입의 개발도 추진된다. OLED는 LCD 이상으로 높은 차단성능이 요구되기 때문에 유연한 특징을 살리기 위해 유기·무기 하이브리드 차단 필름 등을 각사 개발하고 있다.

스마트폰의 기술을 견인하는 삼성, Huawei, Apple사가 유기EL을 채용함으로써 패널 산업의 세계시장 판도가 변화하고 있다.〈그림 14〉³⁶⁾ 또 한국

의 LG는 이데미쓰코산(出光興産) 유기EL 소재를 사용해 55, 65, 75인치 대형TV의 저비용화를 추진하고 있지만 중국도 많은 투자를 해 BOE 등은 유기EL 대형TV 패널 생산 계획을 적극 추진하고 있다.

현재 한국과 중국의 상당수 기업은 진공환경에서 재료를 가열, 기화시켜

EL층을 형성하는 증착방식으로 제조하고 있다. 일본 JOLED의 유기EL 디스플레이는 대기압 환경에서 제조할 수 있는 RGB인쇄기술을 확립해 저비용 프로세스로 제조하는 것을 목표로 하고 있지만 투자면과 제조 가능한 패널 사이즈 등에서 고전을 면치 못하고 있다. 한국의 삼성은 양자 닷(dot) 유기EL로 불리는 패널을 양산한다. 중국 업체들도 비슷한 연구를 진행하고 있다.

유기EL은 색이 선명하고 빠른 움직임도 잘 보이는 선명한 화상과 백라이트가 불필요하기 때문에 얇고 가볍고 그리고 광원을 상시 켜 둘 필요가 없어 소비전력도 억제되어 구부리기 쉬운 특징이 있다. 스마트폰에 요구되는 초고정밀도, 얇고 가볍고 그리고 전지소비량의 억제가 가능하다.

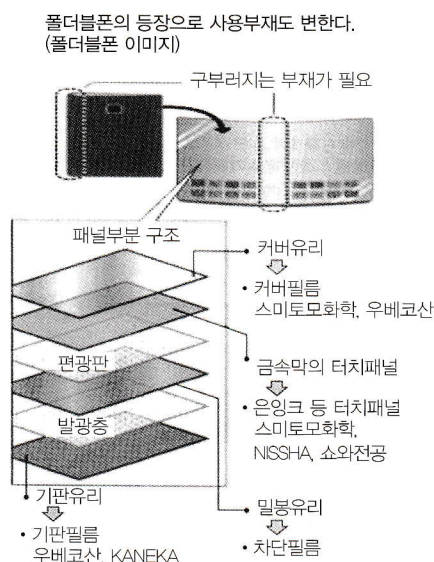
자체 발광의 유기EL은 액정 디스플레이와 같은 LED 백라이트가 불필요하고 경량으로 만들 수 있기 때문에



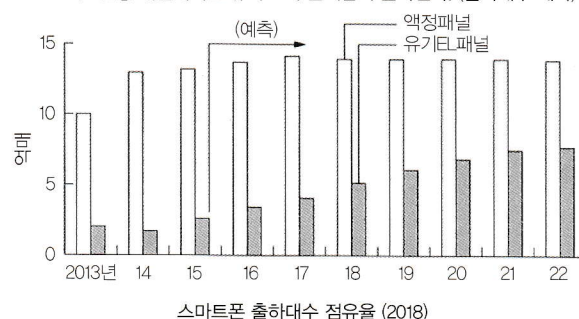
〈그림 13〉 폴더블 스마트폰³⁵⁾



〈그림 15〉 천장에 매달 수 있는 대형 유기EL 디스플레이³⁷⁾



스마트폰용 패널에서는 유기EL의 존재감이 높아진다. (출하매수 예측)



〈그림 14〉 유기EL을 이용한 스마트폰³⁶⁾

최저한의 서포트로 천장에 매다는 큰 선전광고 표시용으로서의 대응³⁷⁾ <그림 15> 등 디자인성에 장점이 있다.

유기EL의 면조명(面照明) 분야도 상당한 비용을 절감할 수 있다면 본격 화할 가능성이 현실로 다가온다. 또 얇은 면조명이기 때문에 벽지에 조명 기능을 부여해 밤에도 낮의 감각(푸른 하늘 감각 등)의 조명 등을 실현할 수 있다.

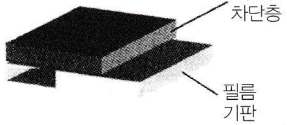
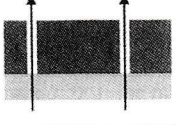
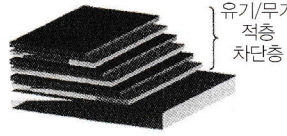
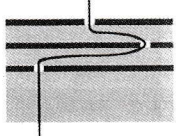
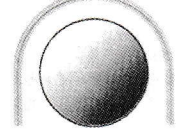
얇음, 가벼움, 그리고 유연함을 갖는 유기EL 디스플레이에는 실용에 필요한 방습성이 매우 높은 차단막 개발도 중요하다.

2.7.2 유기무기 하이브리드 초차단필름

유기EL의 디스플레이·조명 용도에 대한 최신기술 동향도 간과할 수 없다. 저소비전력, 고휘도, 부재색감 가능, 초박형화(超薄型化)·경량화가 가능한 등의 특징을 살린 디스플레이나 면광원(面光源)의 특성을 살린 조명분야에 활용할 수 있는 매우 높은 잠재성을 가지고 있다.

유기EL TV는 대형화 되어도 시야각에 문제가 없고 자유롭게 모양을 바꿀 수 있는 유기EL의 특성을 살려 몰입감 있는 곡면 디스플레이도 제조 가능하다. 현재 벽에 붙일 수 있는 두께 4~6mm의 초박형 55~77인치 TV가 판매되고 있다.³⁷⁾ 유기EL 분야는 스마트폰, 태블릿 PC, 초고화질의 4K와 8K TV에 경량화, 유연성 및 투명성을 특징으로 한 용도에 중점을 둔 전략으로 전개되고 있다. 중국 최대 국유 패널기업인 BOE도 많은 투자를 해 청두(成都)에 유기EL·대형 패널 공장을 짓고 있고, 복수의 중국 기업이 유기EL 디

[표 5] 적층구조와 특성발현의 개념도³⁸⁾

구조	가스투과 패스	굴곡내성
무기단층 	결함은 즉각 투과패스 	두꺼운 무기막은 쉽게 깨진다. 
유기/무기 적층 	미로효과로 가스투과 지연 	얇은 무기막은 쉽게 안 깨진다. 

스플레이 생산을 시작할 것으로 보여 가격 경쟁 시대가 될 것으로 예상된다.

2020년 일본에서도 5G 고속통신이 가능해져 4K, 8K의 고화질방송이 점점 늘어난다. 고정밀, 얇고 가벼운 대형화가 가능해 대형TV에서 실감나는 영상을 즐길 수 있게 돼 2021년 개최 예정인 올림픽에 맞춰 교체 수요도 높아질 것으로 예상된다.

Samsung Mobile Display도 유연한 디스플레이로서 수증기 차단성 $10^{-5} \text{g/m}^2 \cdot \text{day}$ 를 달성해 장기간 Dark Spot를 할 수 없는 무기다층 고차단 구조의 플라스틱 재료를 개발한 것을 발표했다. $10^{-6} \text{g/m}^2 \cdot \text{day}$ 수준의 초고차단 필름이 실용화되면 유연 분야도 유기EL의 특징을 살린 분야가 된다.

후지(富士) 필름에서는 다층 도포 기술로 유기·무기 하이브리드 구조에 의한 High barrier flexible film을 개발하여 뛰어난 굴곡성($\Phi 10 \text{mm} \times 100$ 만 번의 반복 굴곡시험에서의 수증기 투과성에 변화 없음)과 고차단 $10^{-6} \text{g/m}^2 \cdot \text{day}$ 로 유기EL에도 적용 가능한 수준의 차단 필름을 개발하고 있다.³⁸⁾ 유연성을 부여하기 위하여 무기층을

박막화하고 요철결함이 없는 평탄한 바탕인 유기층과 치밀한 무기층을 적층함으로써 반복 굴곡에도 견딜 수 있는 유연한 차단층 형성이 가능하도록 하였다.[표 5]

TORAY도 차단재 개발을 하고 있고 심플한 단층의 차단층으로 $10^{-4} \text{g/m}^2 \cdot \text{day}$ 의 차단성을 달성했다. 500회의 반복 굴곡에도 품질 유지가 가능하며 기재 위에 도포로 코팅층을 설치하는 타입이다. 또한 전자 폐기물용 CNT 투명 도전성 필름은 2층 구조로 CNT끼리의 응집을 방지하고 CNT의 분산성을 비약적으로 향상시켜 나노오더 CNT를 독립적으로 분산할 수 있는 구조로 함으로써 투명성 90%를 달성하고 $0.00044 \Omega \cdot \text{cm}$ 의 도전성을 달성하여 고투명 도전성 필름에 전개하고 있다. CNT 전현(電顯)의 분산상태 사진에서 CNT의 외경(外径)은 1.5~2.0nm로 분산성이 양호하다.

구체적인 용도로는 면(面)조명, 휴대전화, 자동차용 디스플레이, 디지털 카메라, TV 등에 적용된다. 유기EL의 재료는 저분자 재료가 주류를 이루며 형광에서 인광(磷光)으로 옮겨가고 있다.

[표 6] FDP재료 · 장치메이커의 설비투자³⁹⁾

기업명	내 용
AGC	중국 혜주(惠州) 자회사에 10.5G용 유리의 제조요(製造業)를 일본에서 이전. 투자액 약 320억 엔. 2018년 10월~12월에 양산개시
DIC	가시마(鹿島) 공장에서 컬러 필터용 블루 안료의 생산능력을 1.5배로, 매출액을 2021년에 2016년 대비 1.5배로. 한국에 TFT 액정부재의 분석 · 평가센터 설립
LG이노텍	FPD용 포토 마스크 증강, LG디스플레이용. 2017년에 30억 원, 2018년에 1,030억 원을 투자
LG화학	광주(光州)에 편광판 신공장, 광주 개발구와 합병계약체결. 1,238억 원(약 126억 엔) 투자. 2023년까지 5년간 최대 3,200억 원 투자. 2019년 이후 생산개시. 중국 자회사 2곳에서 편광판 설비투자 및 소형전자 증산에 각자 284억 원, 1,193억 원 추가 출자한다.
Screen Finetech Solutions	중국기업과 합병으로 제조회사 설립. 중국 상숙(常熟)에 FPD제조공장 신설. 2018년 10월 조업개시예정
이데미쓰코산(出光興産)	성도(成都)의 자회사에서 유기EL재료 제조공장 건설. 2020년 1~3월 생산개시. 연산 12톤
오쿠라공업(大倉工業)	약 9억 엔 투자해 추남(仲南) 공장을 약 630㎡ 증설. 광학필름 설비도입. 2018년 11월 가동
Quantum Materials	홍콩 자회사에 양자 닷(dot) 재료 생산라인 및 앱 개발센터 건설. 중국펀드 약 2,180만 달러 지원
Kuraray	구라시키(倉敷) 사업소에서 광학용 POVAL 필름 3,200만㎡ 증설. 투자액은 100억 엔이 넘는다. 2019년 말 가동. 전 회사에서 연 2억 6,400만㎡
KOLON Industries	투명 PI 샘플공급 개시. 2016년에 900억 원 투자해 구미(龜尾) 공장에 양산라인 구축
스미토모화학(住友化学)	한국의 동우파인켄에서 유기EL 패널용 필름터치센서의 생산능력을 3배로. 2018년 1월부터 양산개시. 중국의 편광판 합병회사를 자회사화
세키스이화학공업(積水化学工業)	고기능 플라스틱회사가 상해(上海) 자회사에 재료기술 서비스센터 신설
DAICEL	아라이(新井) 공장에서 은 나노잉크 양산설비. 연산 수톤 설비도입. 2019년 1월부터 가동
대일본인쇄	미하라(三原) 공장에 광폭 대응 코팅 설비 도입. 약 65억 엔. 2019년 10월 가동. 65인치용으로 기존보다 면적 대비 1.3배 이상 증강. 2020년도 광학필름 매출액 1,000억 엔
쓰바키모토공업(椿本興業)	편광판 제조설비를 모리나미코덴(盛波光電) 으로부터 수주. 2020년 2월 납입예정
TOYOBO	나가세(長瀬) 산업과 합병. 쓰루가(敦賀) 사업소 내에 폴리이미드 필름 [XENOMAX]의 생산공장 신설. 투자액 약 30억 엔. 이누야마(犬山) 공장에 초복굴절(超複屈折) 필름「COSMOSHINE SRF」 전용 설비 신설. 투자액은 100억 엔. 2020년 5월에 양산개시
NIKON	2018년 중반부터 10.5G용 노광장치 조립능력을 월 2대 체제로 2배 증가
미쓰비시케미칼(일본합성화학)	구마모토(熊本) 공장에서 광학용 PVOH 필름 연산 2,100만㎡ 증설. 약 16% 생산능력 증강. 전 회사에서 연 1억 2,700만㎡에 광폭대응. 2020년 1~3월 완공. 같은 곳에서 5 라인째, 전체에서 8 라인째
일본 ZEON	타카오카(高岡) 제조소에서 모바일용 광학 필름의 원단 제조 라인을 증강. 2019년 10월 가동. 쓰루가(敦賀) 제조소에서 대형 TV용 위상차 필름 제조 라인 5,000만㎡ 증설. 2020년 4월에 양산 개시. 광폭 대응. 총 생산능력은 1억 6,900만㎡
일본 PIGMENT	사이타마현(埼玉県)에 컬러필터용 액체분산체 공장 신설. 투자액 25억 엔 생산능력 4배로. 2019년 봄 가동개시예정
히타치 캐세이(日立化成)	중국 중경(重慶)에 디스플레이 부재의 신뢰성평가 등을 실시하는 시설을 2018년 6월 개설
히타치금속(日立金属)	약 90억 엔 투자해 야스기(安来) 공장을 증강. 유기EL 패널용 스퍼터링 타겟재는 2021년도에 2017년도 대비 약 3배로 한다.
히라타기코(平田機工)	구마모토(熊本) 본사공장을 개축하여 총면적 약 2 만1,000㎡, 투자액 약 70억 엔. 2020년 조업예정. 유기EL제조용 증착장치 등을 생산
V Technology	야마가타현 요네자와시(山形県 米沢市)에 자회사 VET 공장신설. 2021년까지 약 50억 엔. 유기EL용 마스크 제조와 기술개발 실시
Photronics	중국 합비(合肥)에 FPD포토마스크 공장 신설. 2022년까지 1.6억 달러 투자. 2019년 봄 가동 예정
Maxell	규슈(九州) 사업소 내에 유기EL 증착용 마스크 전용라인 정비. 2018년 초부터 시작. 재팬 디스플레이에 공급
미쓰비시케미칼	중국 무석(無錫) 자회사에서 액정TV의 편광판용 릴리스 필름 증강. 투자액 약 15억 엔. 2019년 4월 상업생산개시
Merck	상해(上海) 파일럿 자유무역구에 유기EL 기술센터 개설

디스플레이용 부재 투자계획으로서 전자디바이스 산업신문의 조사에 의하면 [표 6]³⁹⁾에 나타내는 FPD재료·장치메이커의 설비투자가 실시 혹은 계획이 예정되어 있다.

2.8 태양전지용 필름·시트

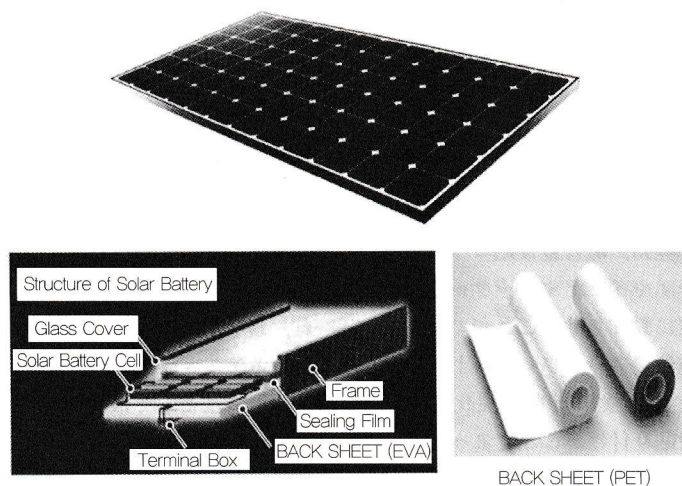
2.8.1 밀봉재

태양전지의 밀봉재는 95%가 EVA다. EVA는 에틸렌과 초산비닐(VA)의 공중합체로 VA량으로 융점, 유연성, 차단성 등이 변화한다. 태양전지 밀봉재는 VA25~33%, MFR4~30범위에서 유기과산화물인 가교제와 Si 커플링제가 첨가되어 있다. 제품사이즈는 폭 1,800mm, 두께 4.5mm가 주류이며 일반적으로 시트 성형라인에서 제조된다.⁴⁰⁾

융점 70℃의 EVA가 일반적이며 압출성형 시 저온 성형으로 시트성형(450 μm)하고 Si 태양전지 셀 밀봉 시 고온 하 155℃에서 100% 가교제를 소비시켜 가교반응을 일으키며 3차원 가교구조로 만들어 내열성을 부여함과 동시에 Si 커플링 시켜서 유리와의 밀착성을 부여한다. 내후성을 부여하기 위해 UV 흡수제도 첨가하고 성형 시 산화방지제도 첨가하는 것이 일반적이다.

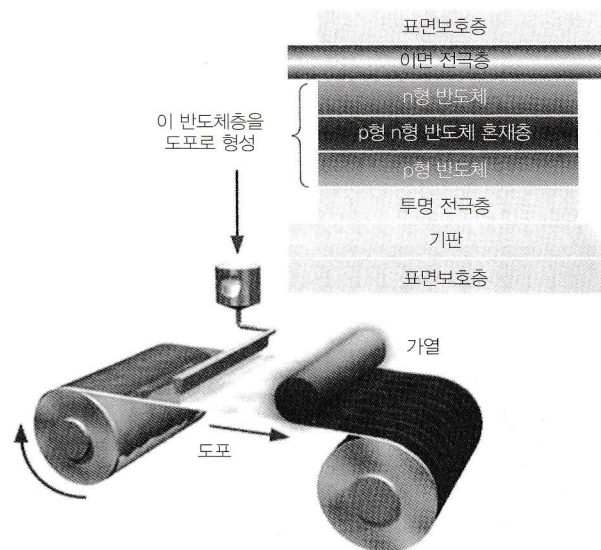
오랜 기간 사용해도 황변 없이 투명성을 유지하는 것이 중요하며, 수증기 차단성, 100℃ 이상의 내습열, 내열성이나 겨울철에서의 내한성, 절연성도 중요사항이며 EVA는 VA함량에 따라 가격이 다르지만 폴리올레핀의 약 2배의 저비용이기 때문에 오랫동안 널리 사용되고 있다.

태양광 에너지를 모든 파장에서 효과적으로 이용하지 못하여 발광효율은 떨어지지만 파장 변환하기 때문에



〈그림 16〉 태양전지 부재 (部材)

• 유기 박막 태양전지의 층 구조와 제조시의 이미지



〈그림 17〉 유기박막 태양전지⁴³⁾

밀봉재에 형광제를 첨가함으로써 발전 효율이 12.93→13.17%로 향상되는 결과를 얻었다. 그 데이터의 신뢰성 확인과 개발품 출시를 검토하고 있다.⁴⁰⁾

내후성을 더욱 높이기 위해 EVA의 대체 재료로서 에틸렌계 공중합체도 각종 검토되고 있으며 가교반응, 반응에 의한 투명성 유지, 내한성 등도 고려한 검토도 이루어지고 있다.

2.8.2 태양전지용 백시트

LCD의 반사필름 기술을 태양광 반도체 패널 아래에 설치하여 〈그림 16〉 반사효율을 올리는 필름이 개발·판매되고 있다. 원리적으로는 미세다공의 PET 연신(延伸) 필름이다. 밀봉수지와 일체(一體) 접합되므로 내후성, 수증기·가스차단성, 전기절연성, 접착성 등의 특성이 중요하며 여러 기능을 만

측시하기 위하여 다층 필름구조로 되어 있다.⁴¹⁾

2.8.3 유기박막(有機薄膜) 태양전지

최근에는 실리콘계 뿐만 아니라 풀러렌(Fullerene) 유도체를 이용한 유기박막태양전지의 에너지 변환효율도 10% 수준에 이르러 현실성을 띠고 있다.⁴²⁾ 유기화합물을 이용하여 가볍고 유연한 태양전지를 만들 수 있으며 인쇄기술을 응용하기 때문에 간단한 프로세스로 제조가 가능하다.(그림 17)⁴³⁾

모바일·자동차·유리창·건축자재 등에도 응용가능하기 때문에 기존에

없던 태양전지 분야 활용이 가능하다.

앞으로 수명이 길고 고효율 유기박막 태양전지의 개발이 기대되며, 박막의 유연한 전지를 만들기 위해서는 특히 수증기 차단성과 내후성이 뛰어난 기제가 필요하며, 저비용화도 필요하다.⁴³⁾

2.9 웨어러블 디바이스용 필름

컴퓨터의 소형화, 경량화에 수반해 스마트폰의 보급에 의한 모바일 넷의 환경정비가 갖추어져 몸에 지니고 이용하는 웨어러블 디바이스가 주목을 받고 있다. 예를 들면 Apple Watch 등으로 대표되는 손목시계 디바이스, 안

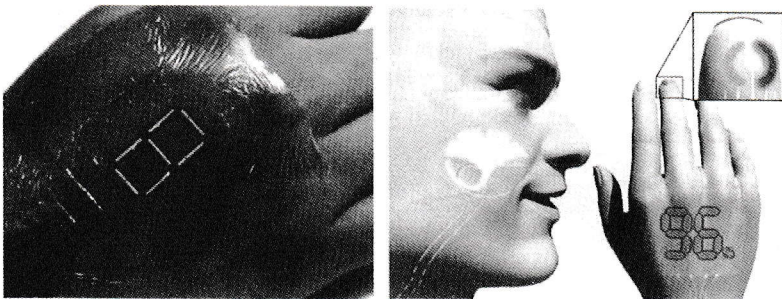
경형 디바이스, 옷 삽입형 디바이스 등이 개발되고 있다.

얇고 잘 늘어나는 특징을 살려 속옷 안감에 붙여 심박수 등을 측정할 수 있는 필름 형태의 소재를 개발해 몸 상태를 알 수 있는 스포츠웨어나 의료 분야에서의 이용 등이 상정되고 있다. 피부에 닿는 부분에서 근육의 미약한 전기신호를 포착해 스마트폰 등에 데이터를 보내 표시한다. 심박수 외 호흡 수나 땀 흘리는 상태 등 멘탈 트레이닝이나 졸음운전방지 등에 대한 응용이 기대된다.

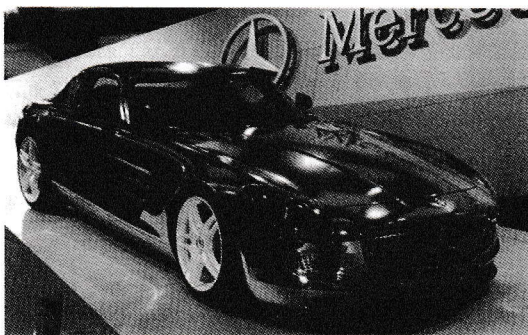
도쿄대학교 소메야 다카오(染谷隆夫) 교수들의 그룹이 발표한 초유연한 유기LED연구는 초유연한 유기광센서를 붙이는 것만으로 혈중산소농도와 맥박의 측정이 가능해져 피부가 디스플레이가 된다.⁴⁴⁾

이 초유연한 유기LED는 모든 소자의 두께 합이 3 μ m밖에 되지 않아 피부처럼 복잡한 곡면을 따라 붙일 수 있어 실제로 피부에 직접 부착한 디스플레이와 인디케이터를 대기(大氣) 중에서 안정적으로 작동시킬 수 있다. 극히 얇은 고분자 필름 상에 유기LED와 유기광 검출기를 집적화하여 피부에 직접 부착함으로써 착용감 없이 혈중산소농도와 맥박수의 측정에 성공했다. 개발 포인트는 물이나 산소의 투과율이 낮은 보호막을 극히 얇은 고분자 기판상에 형성하는 기술로 붙이기만 하면 간단히 운동중의 혈중산소농도와 맥박수를 모니터 해 피부 디스플레이에 표시할 수 있게 되었고, 그 결과 헬스케어, 의료, 복지, 스포츠, 패션 등 다방면의 응용이 기대된다.(그림 18)⁴⁴⁾

피부에 직접 부착함으로써 물이나 산소 투과율이 낮은 보호막을 매우 얇은 고분자 기판상에 형성하여 붙이기만 하면 운동 중의 혈중산소농도나 맥박수를 모니터 할 수 있게 되어 헬스케어, 의료, 복지, 스포츠, 패션 등의 응용이 기대됨



〈그림 18〉 도쿄대학 소메야다카오(染谷隆夫) 교수의 그룹이 발표한 초유연한 유기LED (소자 두께 3 μ m)⁴⁴⁾



〈그림 19〉 Mercedes-Benz SLS AMG Electric Drive : Paris 2012.⁴³⁾

2.10 장식필름

장식필름은 자동차부품, 가전제품, 주택설비, 스마트폰·태블릿 단말 등 폭넓은 용도로 사용되며 현재 1,112억 엔 규모의 시장이 되고 있다.⁴⁵⁾

성형방법으로는 사출성형에 의한 인몰드 성형이 주류인데 성형품에 나중에 부착, 전사시키는 오버레이법이 개발되어⁴⁶⁾, 형상 적응성이 더욱 확대되고 있다. 인몰드 성형은 인몰드 라미네이션과 인몰드 전사로 분류된다. 장식용 필름으로는 PMMA(아사히카세이, KANEKA, 미쓰비시케미칼, 스미토모 화학, KURARAY), PET(TORAY, TOYOBO), PC(TEIJIN), ABS 등이 사용되는데 PP계열 필름도 고투명화 기술로 이데미쓰(出光) 유니텍으로부터 출시되고 있다.⁶⁷⁾

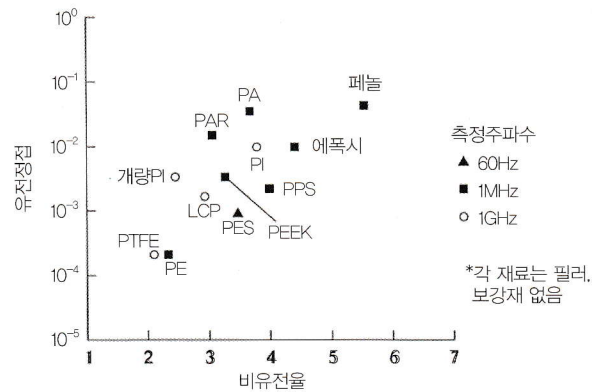
인쇄, 도장, 진공증착, 착색 등으로 장식한 필름 또는 시트를 이용하여 필름을 성형품 표면에 붙인다. 또 인쇄, 도장, 진공증착 등의 장식면을 전사시키는 장식기술은 모바일기기, 통신기기, 부드러움을 필요로 하지 않는 자동차 내장품 등에 적용하기 쉽다. 진짜 나무의 외관을 내기 위해 3M이 인테리어 트림 필름을 개발하여 진공압공 성형으로 기재에 붙이는 방식으로 모든 곡선을 필름이 추종할 수 있도록 되어 있으며 인쇄 패턴은 미리 늘어난 상태에서 나무로 보이도록 설계되었다.⁴⁷⁾ Mercedes Benz는 차체를 필름으로 래핑 함으로써 외장성을 가진 자동차를 선보이고 있다.<그림 19>⁴⁸⁾ 장식기술을 이용하여 다양한 패턴, 색상을 입힐 수 있으며 활발한 움직임이 있는 기술이다.

세계 주요 4개 지역에서 자동차 내

장용 장식필름 시장규모(메이커 출하수량 기준)는 자동차 생산대수 감소 영향으로 2018년에는 전년 대비 1.3% 감소한 1,231만 7,000m², 2019년에는 3.8% 감소한 1,184만 4,000m²로 소폭 감소했다. 자동차 외장용 장식필름 시장규모(메이커 출하수량 기준)는 2018년 483만 8,000m², 2019년 508만 4,000m²로 전망된다.⁴⁹⁾

조에쓰 신칸센(上越新幹線)의 래핑 차량인 「젠비신칸센(現美新幹線)」에도 장식필름이 사용됐고 선명하게 디자인된 차체가 주목받고 있다. 디자이너에 의한 현대미술을 신칸센(新幹線)에 도입함으로써 세련되고 보다 인상적인 것이 되었다.⁵⁰⁾

앞으로 환경문제나 생력화, 부가가치 향상, 경량화의 관점에서 점점 자동차산업에서 도장대체 장식필름의 요구가 커지고 도장라인이나 도금라인이 필요 없는 자동차 제조도 조만간 실현될 가능성이 높다. 장래 자신이 디자인한 장식필름을 외장에 이용하는 것도 가능하게 되는 시대가 올지도 모른다. 또한 건축자재로서도 내장뿐만 아니라 외장에도 사용이 기대되고 내 굵



〈그림 20〉 각종 수지의 전기특성⁵²⁾

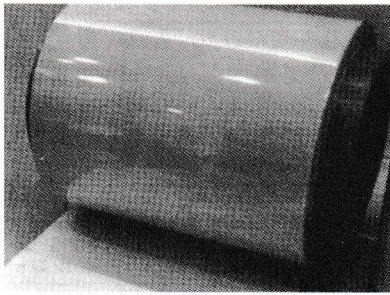
기성, 마찰 저항성, 내후성의 향상이 중요하다.

2.11 고주파 특성이 뛰어난 플렉시블 필름 기반 (5G용 FPC)

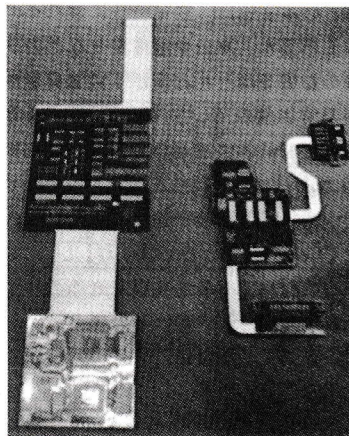
제5세대(5G : 5th Generation) 이동통신 시스템은 고주파수의 전파 이용에 의해 지연을 줄이고 대폭적인 정보량의 수·송신을 가능하게 한 통신혁명이 일어날 것으로 기대되고 있다.

예를 들면 스마트폰, 웨어러블 디바이스, 자동운전차, 가전제품, 산업용 로봇, 원격의료진단, 원격수술, 각종 센서, 고령자나 어린이 보호기기 등 많은 분야에서 응용이 검토되고 있다. 자동차의 충돌방지레이더의 확대와 2020년부터 운용을 시작한 5G는 고속통신 및 처리 데이터량의 향상에 의한 안전하고 확실성을 실현하기 위해 유전특성이 뛰어난 절연재료에 주목이 집중되고 있다.

뛰어난 유전특성이란 절연재료가 가진 유전특성의 물성치가 작다는 것을 의미하며 이는 동장적층판(銅張積層板)의 신호전송손실에 관한 다음 3가지 관계식에서⁵¹⁾ 이해할 수 있으며



〈그림 21〉 LCP필름 기재 플렉시블 동장적층판⁵³⁾



〈그림 22〉 VECSTAR FCCL을 사용한 FPC 샘플⁵³⁾

비유전율이나 유전정접에 영향을 받는다.

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 \text{ (dB/cm)} \quad (1)$$

α : 전송손실, α_1 : 도체손실, α_2 : 유전손실

$$\alpha_1 \propto R(f) \cdot \sqrt{\epsilon} \text{ (dB/cm)} \quad (2)$$

$R(f)$: 도체표피저항, ϵ : 절연체의 비유전율

$$\alpha_2 \propto \sqrt{\epsilon} \cdot \tan \delta \cdot f \text{ (dB/cm)} \quad (3)$$

$\tan \delta$: 유전정접, f : 주파수

〈그림 20〉⁵²⁾는 각종 수지의 비유전율과 유전정접(誘電正接) 값을 나타낸다. 거기서 기대되는 것은 내열성과 고주파 특성이 뛰어난 플렉시블 기판(FPC)이며, 수지로는 열경화성의 폴리이미드(PI)와 열가소성 수지의 LCP나 불소수지를 들 수 있다. 열가소성수지

는 일반 압출성형기로 필름 성형기술을 이용하여 제품 제조가 가능하기 때문에 일반 성형기로 성형이 가능하다.

단, LCP는 배향(配向)하기 쉬운 수지이므로 균형 잡힌 필름을 성형할 목적으로 고도의 인플레이션 성형기술이 필요하며 불소계 수지는 T 다이캐스트 성형으로 성형되지만 구리와 선팽창계수(線膨脹係數)를 맞추는 점에서 GF나 선팽창계수를 조정하는 기재의 접합 등의 연구가 요구된다. LCP는 비유전율이나 유전정접이 작고 납땜내열이 있어 배향을 조정함으로써 구리와 선팽창률이 거의 같게 조정 가능하며 가스나 수증기 차단성이 높기 때문에 5G용 FPC로서 가장

기대된다. LCP에 의한 FPC를 KURARAY, 무라타제작소(村田製作所), CHIYODA INTEGRE 등이 제조하고 있다. 많은 기업은 인플레이션 성형이나 캐스팅법을 이용한 고도의 성형기술로 5G용 FPC 생산을 시작하고 있다. 〈그림 21〉⁵³⁾, 〈그림 22〉⁵⁴⁾는 KURARAY가 인플레이션 성형으로 개발한 LCP필름 기재의 플렉시블 동장적층판(FCCL)이나 FCCL을 이용한 FPC의 샘플 예이다.

전자디바이스 산업신문의 조사⁵⁴⁾에서는 [표 7]과 같은 기업이 저전송손실기판(低伝送損失基板)에 대응하고 있는 듯하다.

5G용 기판재료로 기대되는 액정폴리머는 다이소 내에서 쉽게 배향되고 균형 있는 필름을 성형하기 어려운 단점이 있지만 KURARAY 등은 인플레이션 성형기술에 의해 중형 균형 잡힌 필름제조를 가능하게 했다. 액정 폴리머의 저선팽창계수(低線膨脹係數), 고주파 특성, 고차단성, 내열성 등의 특징을 살려 플렉시블 프린트 기판(FPC), 스피커 콘이나 항공·우주 분야에 적용이 가능해져 새로운 용도 전개가 주목된다.⁵⁵⁾ 일본에서는 2020년부터 실용화된 5G 고속통신은 높은

[표 7] 저전송 손실 기판 재료를 둘러싼 각사의 대처⁵⁴⁾

기업명	제품명	주요재료	비고
KURARAY	VECSTAR	LCP	LCP의 노포, 스마트폰용으로 실적, 신공장도 시야
CHIYODA INTEGRE	PELLICULE	LCP	LCP필름으로 공급, 회로기판 용도에도 전개
무라타 (村田) 제작소	MetroCirc	LCP	기판재료에서 일관생산, 시장개척도 큰 적자
TORAY	SIVERAS	LCP	스크린 인쇄용 메쉬로 진입
PANASONIC	할로겐프리 초전송손실기판재료	열경화성수지	불소수지 대체, 2018년 여름부터 샘플 출하
스미토모화학	SUMIKA SUPER LCP	LCP	LED용도,무연납땜에 대응, 가용성LCP의 신규개발
ROGERS	CuClad	불소수지	기지국이나 밀리파 레이더용으로 압도적 실적
NIPPON STEEL Chemical	Espanex F시리즈	PI	저유전 폴리이미드의 2층CCL, 20GHz까지 대응
AZOTEK		LCP	캐스팅법으로 양산라인 준비중

(전자디바이스산업신문조사)

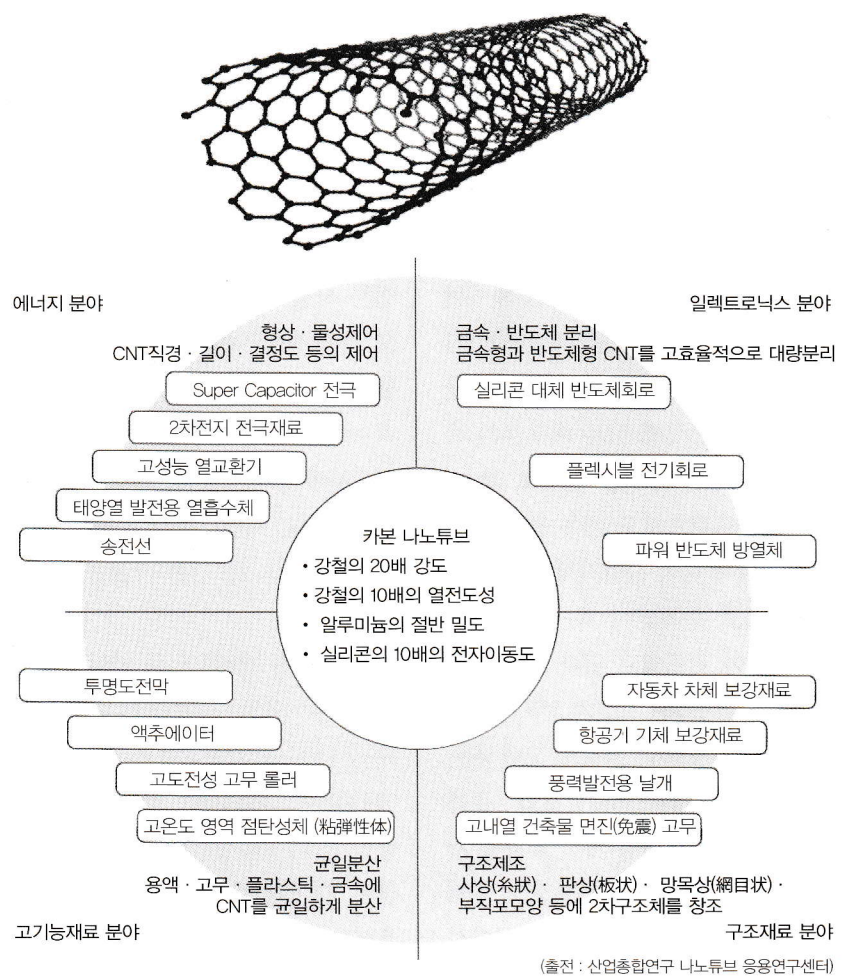
주파수대의 전파를 이용하기 때문에 고주파 특성이 요구되며 뛰어난 저유전율(2.9 at 1GHz) 및 저유전정접(0.002 at 1GHz)을 가진 LCP 필름의 수요가 높아지고 있다.

스마트폰을 중심으로 한 FPC 시장의 용도 전개에도 대응하고 있다. PPS가 가진 뛰어난 유전 특성, 난연성, 내약품성을 유지하면서 PPS 필름의 결정구조제어로 내열성을 종래에 비해 40℃ 이상 높이고 있다. 또한 필름 내의 분자 사슬 배향을 제어하는 기술을 통해 낮은 두께 방향의 열팽창계수 98ppm/℃를 실현해 회로기판의 다층화에 의한 소형화 설계가 가능해지는 등 5G용 전송 케이블이나 안테나 등 폭넓은 용도 전개가 기대된다. 5G 등에 이용되는 고속 전송용 플렉시블 프린트 기판에 적용함으로써 통신 디바이스의 고주파에서의 전송 로스를 저감하고 고온·고습도 등 폭넓은 환경에서 고속통신을 안정시킬 것으로 기대되며 2020년도 내에 양산체제를 정비하여 5G용 통신기기 보급에 힘쓰고 있다.⁵⁶⁾

그리고 고주파 특성이 뛰어난 불소수지의 설비투자를 AGC나 DAIKIN 등이 적극적으로 하고 있어 불소계 필름에도 기대가 높아지고 있다. 한편 이 전부터 FPC에 널리 사용되는 PI도 결정인 고온에서의 열수축률을 400℃에서도 작게 억제하는 그레이드가 개발되고 있다.

2.12 환경 대응형 필름

최근에는 카본 뉴트럴의 관점에서 폴리유산(PLA), 셀룰로오스나노파이버 등의 소재도 주목받고 있으며 이하



〈그림 23〉 CNT의 응용분야와 애플리케이션⁶²⁾

에 간단히 설명한다.

(1) 폴리유산(PLA)

PLA의 결정화 속도나 내열성은 D체의 농도에 따라 크게 좌우되기 때문에 이 값을 4% 이하로 제한한 PLA를 용융 압출하여 시트화하고 연신함으로써 필름을 만들 수 있다.⁵⁷⁾ PLA는 결정 크기를 비교적 작게 제어할 수 있기 때문에 투명하게 배향한 연신 필름을 제작할 수 있다. 통상 70~80℃ 정도의 내열성을 가진다.

PLA를 사용한 의료용 플라스틱 및 생분해 플라스틱의 연구가 추진 중이

며 PLA(Tm 160~170℃)는 PET(Tm 260℃)와 비교해 내열성이 낮은 결점이 있었으나 이를 해결하기 위해 폴리-L-유산과 폴리-D-유산의 스테레오 콤플렉스가 새로운 구조를 형성하여 내열성 향상(200~230℃)하는 것을 발견해 제품개발을 하고 있다.

마쓰다 카시트, 목욕타월, 전자기기의 프레임, TV외곽 틀에 사용된다.⁵⁸⁾

그리고 생분해성을 이용한 농업용 멀칭 필름도 개발되고 있다.⁵⁹⁾

(2) 나노 셀룰로오스 파이버

식물 유래 재료로 환경형 자원인 셀

룰로오스 나노 파이버도 목질 바이오매스의 응용 사례로 최근 주목받고 있다. 셀룰로오스 나노 파이버는 셀룰로오스 분자 사슬이 규칙적으로 배열한 결정성 마이크로피브릴로 직경 3~4mm, 길이 서브미크론에서 수미크론 크기로 이루어져 있다. 셀룰로오스 나노 파이버는 식물 유래이므로 종이와 마찬가지로 환경부하가 적고 재생성이 뛰어난 재료이며 지구상에 있는 대부분의 목질 바이오매스 자원을 원료로 할 수 있으며 자원적으로도 매우 풍부한 재료로 차세대 대형 산업자재 또는 녹색 나노재료로 주목받아 최근 활발하게 연구개발이 진행되고 있다. 셀룰로오스 나노 파이버는 강철의 1/5 가벼움으로 저선팡창계수, 고강도·고탄성률, 발포성형성(고배율·미세발포화, 흡음 특성 향상), 고투명성 개선 효과를 가지고 있으며 자동차부재 보강, 스피커 콘, 미세발포용기, 포장 재료의 차단성 부여, 디스플레이의 유리 대체 등 응용이 기대된다.⁶⁰⁾

2.13 카본 나노튜브를 이용한 필름

나노 재료로서의 카본 나노튜브도 미분산기술을 활용한 전자페이퍼나 구부러 성형해도 센서기능을 발휘할 수 있는 CNT 투명전극으로서 스마트폰이나 자동차의 터치패널에 응용 그리고 고열전도성 성질을 이용한 고집적회로용 고방열필름, Li이온전지·연료전지와 공기전지용 정극재(正極材)의 고성능화, 고무 복합재료, Capacitor의 에너지밀도 향상, 메모리 기억밀도 향상에 대한 응용이 기대된다.^{61), 62)} 이를 위해서는 앞으로 CNT의 분산 기술 향상과 저비용화가 더욱 중요해진다.

다.(그림 23)⁶²⁾

3. 향후의 포장필름·용기

식품의 장기 보존은 편의점이나 슈퍼마켓 등에서 요망이 높다. 또 전자레인지는 사용이 가능한 투명 필름·시트로 금속 캔에 가까운 수준의 차단성을 달성할 수 있다면 유통기한을 길게 늘려 낭비를 줄일 수 있고 식품, 도시락, 음료분야 등 각종 포장 및 용기에 전개할 수 있다. 키워드로서 고차단, 탈산소, 다층구조 등 기존 기술을 혁신할 필요가 있다.

예를 들면 저비용으로 차단성을 달성할 수 있는 공압출(PO//EVOH/PA6//PO : 고차단 EVOH재, 축차2축연신(逐次二軸延伸), 액티브 배리어층을 포함) 2축 연신필름이 제조되면 금속 캔이나 유리병 분야를 포함한 폭넓은 포장용 필름·병에 채용할 수 있다.

세계 최대의 연신기계 메이커인 Brückner사에서 동시2축연신기 LISIM으로 공압출 고차단 2축 연신필름의 개발을 하고 있다. 동시 2축 연신 혹은 튜블러(tubular)연신에서는 연신성 문제가 없지만 비용 면에서는 PP용 연신기의 대부분이 MD연신 후 TD연신을 실시하는 축차2축연신이기 때문에 고차단의 저에틸렌 EVOH 연신에서는 배향 결정화가 진행되기 쉽고 수소결합이 강고해지므로 두께 편중 정밀도 악화나 넥(neck) 연신이 일어나 균일연신은 어렵다.

고차단 EVOH/AD/PP의 공압출 후 축차2축연신이 가능하면 저비용, 고차단, 고투명, 전자레인지 가능 등의 관

점에서 많은 응용 전개의 가능성이 있어 저에틸렌 EVOH에서도 연신이 쉬운 축차2축연신성 그레이드의 개발을 희망한다. 저온 실린트가 필요한 경우에는 축차2축연신 PE그레이드의 개발로 올레핀 층에 산소흡수제를 넣은 PP/AD/EVOH/AD/PE로 두께 편중 정밀도가 뛰어난 축차2축연신 필름을 제조할 수 있게 되면 앞으로 식품의 장기보존, 저비용의 투명 필름을 제조할 수 있다. 용기의 관점에서도 심교(深絞)성이 뛰어난 열 성형 그레이드가 가능하다면 새로운 용도 전개를 기대할 수 있다. 또한 환경문제의 관점에서 재활용 가능한 공압출 다층필름의 조합을 고려해야 한다.

고차단성의 관점에서는 IT분야에서 유기EL용 유기·무기적층구조를 가진 투명차단필름을 비롯하여 액정 디스플레이, 태양전지 등의 분야에서 차단성 향상을 적극적으로 검토하고 있으며, 분야는 다르지만 차단기술로서는 공통기술이다.

참고문헌

- 32) 사사키야스시(佐々木靖), 고분학회 제117회 플라스틱필름연구회 : 7월11일 요지집, 초복굴절필름「COSMOSHINESRF」의 개발과 응용전개
- 33) 일본경제신문사 조간, 삼성TV용 액정필름 (2020년 4월 1일)
- 34) (주)JOLED 홈페이지
- 35) 삼성 홈페이지 (2019)
- 36) 일본경제신문사 조간 (2018년 2월 12일)
- 37) LG사 유기EL TV 홈페이지 (2015)
- 38) 스즈키신야(鈴木信也), 성형가공, 27 (2), 61 (2015)
- 39) 전자디바이스 산업신문 조사, 2349호, 2019년 6월 6일
- 40) 세가와마사시(瀬川正志), 고분학회 필름연구회 제45회 강좌 (2009)
- 41) 교야마마쓰아쓰시(小山松敦), 고분학회 제46

- 회 필름연구강좌 (2010)
- 42) 일본경제BP, 유기태양전지로 약 10%의 효율도, 교토대학이 신 박막재료 (2020/03/11)
- 43) 유기박막태양전지, 미쓰비시케미칼 홀딩스 홈페이지에서 인용
- 44) 미국 「Science Advances」지 2016년 4월 15일 (미국시간) 온라인속보판.
- 45) 후지경제, 장식필름관련시장의 전망과 메이커전략 (2013)
- 46) 마스이쇼헤이(桒井捷平), 장식기술개론, Converttech, 43 (9), 46-52 (2015), 일본사진인쇄 홈페이지. <http://www.nissha.co.jp/industrial/index.html>
- 47) 장식필름·재료·가공기술의 최신개발과 자동차 용도 전개 제2장 3항 사사키신(佐々木信) (AndTech출판, 2015.3)
- 48) 우자와유키요(湯澤幸代), 요시다코(吉田耕), 도료의 연구, 156, 32 (2014)
- 49) 야노(矢野) 경제조사 “자동차 내장용 장식필름의 시장규모” (2020년 1월 17일)
- 50) JR동일본 홈페이지, 겐비신간선(現美新幹線)
- 51) 가다요리테루오(片寄照雄), 고주파용 고분자재료의 개발과 응용, 바바후미야키(馬場文明) 감수 79-92 (1999)

- 52) 스나모토타쓰야(砂本辰也), LCP계 고주파기판, 필름의 기능성 향상과 성형가공·평가Ⅲ, 감수 가나이도시타카(金井俊孝) (AndTech사, 2019)
- 53) 스나모토타쓰야(砂本辰也), Converttech 559, 6-10 (2019)
- 54) 전자디바이스 산업신문, 5G를 내다보고 차세대 기판재료 개발 격화 (2018년 8월 3일)
- 55) 나카지마요시아키(中島義明), 요시다마사키(吉田正樹), 하마나카유지(浜中祐司), Converttech 521, 88 (2016)
- 56) TORAY(주) 뉴릴리스, “5G회로기판용 PPS필름을 창출” (2019년 12월 9일)
- 57) 가도카와히로토(角川仁人), 우에다가즈에(上田一恵), 필름의 기능성 향상과 성형가공·분석·평가 기술, 제10장 제2절 (AndTech출판, 2013. 3)
- 58) 엔도코헤이(遠藤浩平), 필름의 기능성 향상과 성형가공·분석·평가기술 제10장 제4절, 218-223 (AndTech출판, 2010. 8)
- 59) 오오쿠라공업(大倉工業), 필름의 기능성 향상과 성형가공·평가Ⅲ 제4장19절, (AndTech출판, 2019년 7월)
- 60) 나노 셀룰로오스, 나노 셀룰로오스 포럼편, 일간공업신문사 (2015. 8, 28)
- 61) 나노카본의 전부, 신에너지·산업기술종합개발기

- 구편, 일간공업신문사 (2016. 12, 26)
- 62) 산업종합연구소 나노튜브 응용연구센터 홈페이지

참고도서

- 63) 필름성형의 프로세스기술, 가나이도시타카(金井俊孝) (AndTech사, 2016)
- 64) Polymer Processing Advances, T.Kanai, G.A.Campbell (EdS.), (Hanser Publications, 2014)
- 65) 필름의 기능성 향상과 성형가공·분석·평가기술 II, 감수 가나이도시타카(金井俊孝) (AndTech사, 2013)
- 66) 산업을 지탱하는 기능성 필름, 기능성 필름연구회편 (2013)
- 67) 기능성 포장필름·용기의 개발과 응용, 감수 가나이도시타카(金井俊孝) (CMC출판, 2015)
- 68) 고기능필름의 개발과 응용, 감수 가나이도시타카(金井俊孝) (CMC출판, 2016)
- 69) 필름의 기능성 향상과 성형가공·분석·평가기술 III, 감수 가나이도시타카(金井俊孝) (AndTech사, 2019)

LG화학

중국 NBL 공장 본격 가동



LG화학은 중국 공장의 성공적인 가동으로 한국, 중국, 말레이시아로 이어지는 NBL 글로벌 3각 생산체제 완성이 본격 궤도에 올랐다고 7월 12일 밝혔다. 특히 이를 통해 양대 핵심 시장인 중국과 말레이시아 현지 생산거점을 보유한 유일한 글로벌 메이커로 도약한다.

NBL은 부타디엔을 주원료로 하는 합성고무 소재로써 니트릴 장갑의 핵심 원료로 사용된다. 니트릴 장갑은 강도 및 내화학성이 뛰어난 라텍스 장갑으로, 기존의 천연고무 장갑을 대체하며 의료용·산업용·요리용 등으로 폭넓게 활용되고 있다.

LG화학은 현재 17만 톤 규모의 여수공장 NBL 생산능력을 연간 28만 톤 규모로 확대한다. 지난해 11만 톤 증설 공사에 착수했으며, 내년 상반기 내 본격적인 상업 가동을 목표로 하고 있다.

중국 NBL 생산능력도 연간 21만 톤 규모로 확대한다. LG화학은 최근 중국 닝보시에 위치한 용싱법인에 연간 10만 톤 규모의 NBL 공장을 신설해 본격 가동에 들어갔다. 이어 급격한 성장세를 보이는 중국 니트릴 장갑 시장 수요에 대비해 내년 상반기까지 추가 11만 톤 증설을 완료할 계획이다. LG화학이 말레이시아 국영 석유화학기업인 페트로나스 케미칼 그룹(PCG)과 설립한 NBL 합작법인은 말레이시아 남부 핑게랑(Pengerang) 지역에 연간 24만 톤 규모의 공장을 짓고 있다. LG화학이 51%의 경영권 지분을 확보한 이 합작법인은 2023년 상반기 내 양산을 목표로 한다.

특히 말레이시아는 니트릴 장갑 생산의 70% 이상을 차지해 LG화학은 현지 생산법인 설립을 통해 고객과의 협업 및 제품 공급 등에서 유리한 위치를 선점하게 됐다. 니트릴 장갑은 코로나 감염 차단을 위한 의료 용도로 사용이 급증했으며, 코로나 종식 이후에도 강화된 위생 의식으로 필수적인 위생용품 소재로 인식돼 지속적인 수요 증가세를 보일 전망이다. P-science