

총 설

LCD용 Seal제의 기술현황 및 시장동향

성 익 경^{*,†} · 박 대 순^{*,**} · 박 영 준^{**} · 김 현 중^{**}

*(주)코오롱 유화부문 기술연구소

**서울대학교 농업생명과학대학 환경재료과학 전공, 바이오복합재료 및 접착과학 연구실

Technological Status and Market Trend of the Sealant for LCD

Ick-Kyung Sung^{*,†}, Dae-Soon Park^{*,**}, Young-Jun Park^{**}, and Hyun-Joong Kim^{**}

*R&D Center, Kolon Industries, Inc., Incheon 404-815, Korea

**Laboratory of Adhesion & Bio-Composites, Program in Environmental Materials Science, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

Abstract: 우리나라 산업의 근간을 이루는 반도체, Display 산업 분야에서 부품 소재 분야의 국산화율은 극히 낮은 수준으로 특히 동 분야에 사용되는 전기전자용 특수 점접착제는 대부분 100% 수입에 의존하고 있어 국산화가 시급한 분야로 LCD 산업에 사용되는 대표적인 적하공법용 Seal제의 기술현황 및 시장동향 파악을 통해 관련 기술에 대해 알아보기로 한다.

Keywords: Display, LCD, 적하공법, Seal제

1. UV 경화 기술

점·접착제 산업은 용제형, Hot-melt형 제조 방식을 넘어 환경 친화적인 UV 경화 제조 방식으로 기술이 진보하고 있으며, 전세계적으로 이슈가 되고 있는 RoHS, EU REACH, Pro-position 65 등의 각 정부 및 환경 단체의 환경 규제 정책에 부응할 수 있는 환경 친화적인 코팅 방식이다.

UV 경화 기술은 1970년대 이후 개발된 다양한 올리고머(Oligomer), 모노머(Monomer), 광개시제(Photoinitiator)의 개발에 힘입어 도료 및 접착제, 자동차, 포토레지스트(photore-sist) 등의 분야까지 그 응용 범위가 확대되고 있으며, 무공해, 에너지 절약, 고생산성의 요구에 따라 고무계 접착제, Hot-melt계 접착제, 1액 또는 2액 경화형 에폭시계 접착제를 대신

하여 순간접착제, 제 2세대 아크릴계 접착제, 혐기성 접착제, UV 경화형 접착제 등으로 발전해 오고 있다.

전기·전자 재료 분야에서는 광디스크의 접착, 렌즈의 접착, Glass의 접착, 광섬유의 결속, LCD Seal제, OLED 봉지제, 광부품 고정용, 핸드폰 카메라 모듈 등의 부품 고정용 등에 사용된다[1,2]. 그러나 전기·전자용에 사용되는 점·접착제는 대부분 미국, 일본, 독일 등 해외에서 수입하여 사용되고 있으며, 국내업체의 기술 개발력 또한 미미하여 고가의 제품으로 판매되고 있어 제품의 국산화가 시급한 상황이다.

일반적으로 UV 경화형 점·접착제의 장점으로서는 속경화형으로 적은 에너지가 소비되고 생산성이 향상되고, 무용제형으로 환경에 적합한 클린 시스템(Clean system) 유지가 가능하며, 적은 공간에서 작업이 가능하여 공정을 간편화 할 수 있는 장점이 있다. 또한, 100% 고

† 주저자(E-mail: ikesung@kolon.com)

형분으로 제조가 가능하여 환경 친화적이고 저온 경화가 가능한 장점이 있다. 그러나 반응 시 많은 Shrinkage가 발생하고 산소 또는 수분에 민감하여 옥내에만 응용 가능하고 원료 가격이 비교적 비싼 단점이 있다[3].

UV 경화 방식에는 크게 라디칼 반응과 양이온 반응으로 구분할 수 있으며, 상업적으로는 라디칼 반응이 주로 사용된다. UV에 의해 광개시제가 활성화되어 자유 라디칼을 생성하고 생성된 라디칼은 올리고머와 모노머를 활성화시켜 거대 구조를 형성하는 성장 반응을 거치고 정지 반응을 거쳐 반응을 종결하게 된다. 그러나 양이온 반응은 루이스 산(Lewis acid), 브렌스테드 산(Brønsted acid), Carbonium ion 및 Trialkyloxonium salt 등에 의해 개시되어 성장 반응이 진행되지만 정지 반응은 없다. 현재 일반적인 전기·전자 분야에서는 라디칼 반응이 선호되고 있으며 일부 양이온 반응의 경화 방식을 채택하고 있다.

2. 액정 적하공법

LCD (Liquid crystal display)에 사용되는 Mother glass는 LCD의 대형화 경향에 따라 적용되는 기관의 크기가 증가하고 있다. 전세계 TV 시장에서의 CRT의 급격한 감소와 LCD 및 PDP TV의 괄목할만한 성장은 관련 재료의 품질 향상과 시장의 규모를 늘렸지만 상대적으로 근래에는 LCD Panel 가격이 하락을 초래하여 LCD 관련 산업의 총체적인 어려움을 초래하기도 하였다.

제 1세대 LCD 제조 기술에서 현재의 8세대 기술에 이르기까지 여러 제조 공법이 개선되었으며 그 중에서 Mother glass 상판과 하판 사이에 액정을 주입하는 방식에서 액정을 적하하는 방식으로의 기술 진보는 패널생산 시간을 획기적인 줄인 기술이었다.

일반적으로 액정 주입 방식에서는 패널당 소용되는 생산시간이 8~10 시간으로 상당한

생산지체 요인이었지만 액정 적하공법에서는 3~10분으로 획기적으로 제조 시간을 절감하여 공정개선과 생산성 향상을 가져왔다. 액정 적하공법에 필수적인 UV 경화형 Seal제 개발은 이와 같은 기술이 적용이 가능하게 한 필수적인 재료이다. 제 1세대부터 제 4세대(730 × 920 mm²)까지의 20인치 이하의 소형인 경우에는 열경화성 Seal제를 사용하였으나, 제 5세대(1100 × 1300 mm²) 이후 20인치 이상 크기에는 LCD 제조기술의 혁신적인 변화와 더불어 액정 적하공법이 적용되었다. 현재의 제 8세대(2160 × 2460 mm²)에도 광범위하게 적용되어 공정 단축과 LCD 패널 가격 인하에도 기여했다고 할 수 있다.

열경화성 Seal제를 사용하는 제 4세대 이전의 제조 방식은 상하 Mother glass를 합착한 후 셀 내부를 진공 상태에서 모세관 원리를 이용하여 액정(Liquid crystal)을 주입한다. 이 방법은 Seal제 경화 후 액정을 주입하기 때문에 Seal제에 의한 액정의 오염을 사전에 방지할 수 있지만, 열 경화 중 Mother glass의 Mislocation과 Distortion이 발생할 수 있다. 제 5세대 이후 대형화되어 가는 액정패널의 Mother glass에 액정을 주입하기 위한 시간이 많이 걸려 제조 공정 시간이 길어지는 문제가 발생하였다.

그러나 기존의 액정 주입 공법으로는 제 4세대(730 × 920 mm²)에서 Mother glass의 기관 대형화가 어려웠으나, 액정 적하공법의 개발로 Mother glass의 면적이 3년에 1.8배가 된다는 Nishimura의 법칙을 뛰어넘어 대형화가 실현되었다. 액정 적하공법에서는 하판 Mother glass위에 Seal제를 형틀에 묘화한 후 액정을 적하한 후 상판 Mother glass 합착한 후 UV 경화를 하는 방식이기 때문에 액정 주입에서 지체되는 제조 공정을 획기적으로 단축시킬 수 있다. 하지만 액정 적하공법은 액정이 UV 경화 전에 seal제와의 접촉으로 인해 오염이 발생할 수 있고 UV 경화시 수축에 의한 Mother glass의 Mislocation과 Distortion이 발생할 수

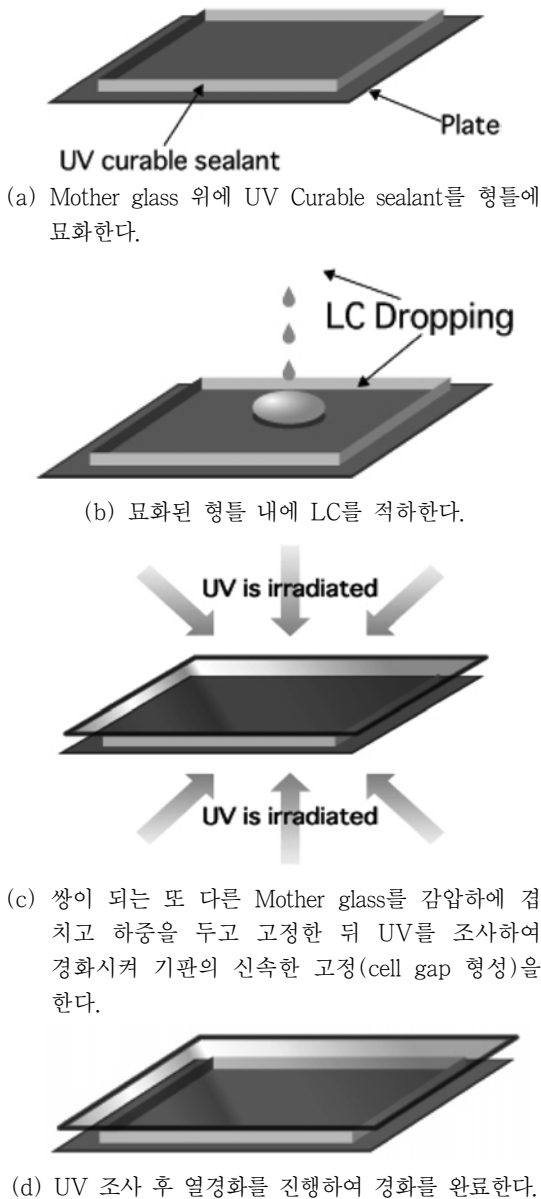


Figure 1. One drop filling (ODF) process of LCD panel[3].

있는 단점이 있다.

Figure 1에 간략한 셀조립에 대한 프로세스를 나타내었다[4].

Mother glass의 한쪽은 LCD 구동회로를 형성한 TFT (Thin film transistor) 기판상에 직접 액정을 적하하고 다른 Mother glass에는

스페이서(Spacer)를 살포하든가 포토리소그래피 (Photolithography)로 기둥을 형성한 CF (Color filter) 기판에 Seal제를 도포하여 양 기판을 진공합착기로 옮겨 내부를 진공 배기하고 위 아래에 배치한 TFT 기판과 CF 기판을 위치 결정한 다음 두 기판을 합착한다.

그 다음 공정에서 액정 적하용 Seal제를 Spot으로 여러 곳에 UV를 조사하고 그 후 이어지는 반응에서 얼라인먼트(Aliment) 위치가 어긋나지 않게 한다. 그리고 합착한 후에 챔버 (Chamber) 내부를 대기에 개방하여 패널을 대기압으로 균일하게 가압한다. 이렇게 해서 합착한 기판은 합착기 안에서 반출하여 UV 조사로써 Seal제를 가경화하고 그 다음에는 열 경화를 진행하여 완료한다.

3. 액정 적하공법용 장비

LCD 제조 공정의 장비는 현재 국산화가 상당히 진전되어 있는 상황으로 제 8세대 장비로 참이엔티는 LCD 검사공정용 레이저 리페어(Laser repair) 장비를 아이피에스는 전공정 핵심장비인 건식 식각장비(Dry etcher)를 코닉시스템은 후공정 액정적하 시스템을 각각 개발하였다. 디이엔티는 그로스테스터(Gross tester) 및 프로버(Prober) 등을, 이오테크닉스는 트리머(Trimmer)를, 세메스는 감광액 도포장비(PR coater)와 면취후세정장비(Edge grinder)를, 케이씨텍은 고집적세정장비(Wet station), 에스엔유프리시전은 LCD 측정장비인 비접촉식 3차원나노형상측정장비(PSIS), 한양이엔지와 에스티아이는 화학약품공급장비(CCSS), 넥스트인스트루먼트는 검사공정용 AOI (Automated optical inspection) 장비 등을 국산화하여 대부분의 장비가 국산화가 진행되고 있다. Figures 2와 3은 탑엔지니어링사의 액정 디스펜서(Dispenser)와 Seal 디스펜서 장치를 나타내었다[2].

이처럼 제조 장비에 대한 부분은 상당한 기

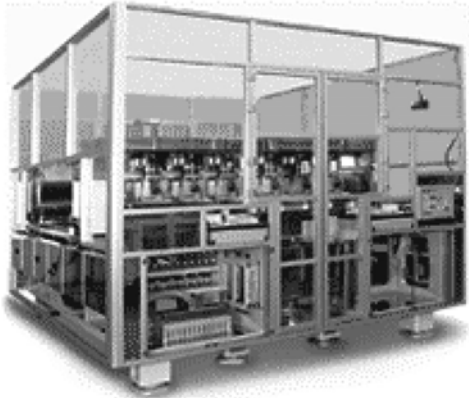


Figure 2. LC Dispenser: Mother glass에 liquid crystal를 분산하기 위한 장비[5].

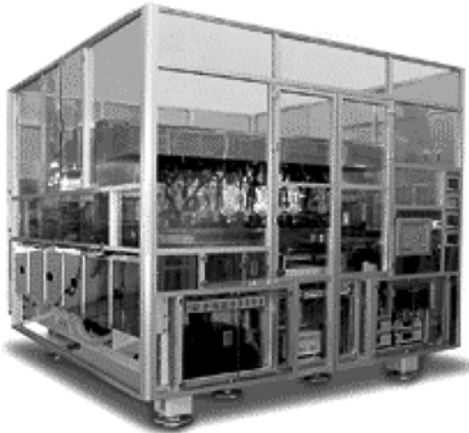


Figure 3. Seal dispenser[5].

술 발전과 국산화가 진행되고 있지만, LCD 제조에 핵심이라 할 수 있는 재료는 대부분 수입에 의존하고 있다. 특히 대일본 수입 의존도는 현재까지도 높은 상황이다.

액정 적하공법용 Seal제가 적용되기 위해서는 Seal디스펜서가 필요한데 Seal디스펜서는 상하판 두 개의 Mother glass 사이에 들어있는 액정이 기관에서 새어나오지 않도록 유리 기관 패널 패턴 주위에 접착제를 도포하는 장치이다.

LC 패널을 구성하는 두 개의 Mother glass의 간격은 일반적으로 $5 \mu\text{m}$ 이하이며 그 사이에 액정이 주입되게 된다. 적하공법에 적용

하는 Seal제를 도포하는 디스펜서는 고른 단면적에서 높은 위치결정 정밀도를 유지해 고속으로 도포해야 한다. 패널 형상은 직사각형이고 코너에서 도포방향이 급격히 변화하기 때문에 도포성능을 유지하는 것이 중요하다.

또한 양 Mother glass를 합착하기 위해서는 진공합착기가 사용되는데 진공합착기는 Seal제를 도포한 한쪽의 Mother glass와 액정을 적하한 다른 쪽 Mother glass를 각 기관에 표시된 위치 맞추기 마크를 사용해서 진공 속에서 위치결정을 하고 그 후에는 대기압으로 가압하여 합착한다.

4. 액정 적하공법용 Seal제

액정 적하공법용 Seal제는 아크릴레이트계 올리고머와 반응성 희석제인 아크릴레이트 모노머를 적절하게 배합하여 점도를 낮춘다. 모노머는 UV 경화 코팅 수지의 점도를 감소시키거나 경화물에 유연성과 접착성을 향상시킨다. UV에 의한 라디칼 경화 단독으로는 열경화보다 Seal제의 수축률이 크기 때문에 접착력이 약한 문제가 있고 UV에 의한 양이온 경화에는 높은 접착력을 얻을 수 있지만 양이온 광개시제가 액정을 오염을 일으킬 수 있는 단점이 있다. 그래서 일반적으로 액정의 비오염에 유리한 UV 라디칼 경화가 선호되고 있으며 접착력 강화를 위해서 열경화를 동시에 시키는 UV 라디칼 및 열경화의 Dual-curing system을 사용하고 있다[6,7].

일반적인 열경화성 수지는 에폭시 수지, 열경화형 아크릴레이트 수지, 이소시아네이트 수지, 페놀 수지 등이 있으며 액정 적하공법용 Seal 용도에는 에폭시 수지 계열이 일반적으로 사용된다. 고온고습 하에 있어서 액정 표시 패널의 신뢰성을 높이기 위해 연화점 $40 \text{ }^\circ\text{C}$ 이상의 고탄성 에폭시 수지를 사용하고 그 외 30% 내외의 충전제 등을 혼합한다.

광개시제는 Benzophenone 계열이 주로 사

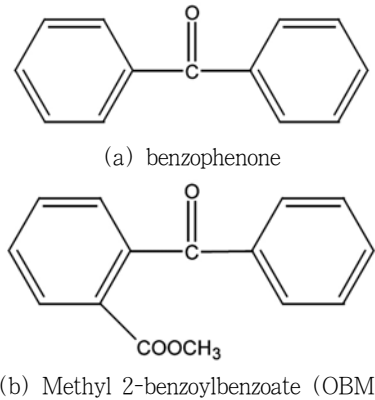


Figure 4. Chemical structure of benzophenone-type photoinitiator.

용되며, 광개시제는 광조사에 따라 완전히 소비되는 것이 아니고 미반응의 광개시제가 남아 미량의 불순물을 발생시킬 수 있다. 따라서 광분해 생성물이 잔존하지 않아야 하고 또한 미반응의 광개시제가 존재하더라도 전자부품 용도 등으로 문제를 일으키지 않아야 한다. Figure 4는 대표적인 Benzophenone계 광개시제의 구조식을 나타내었다.

열경화제는 연화점 40 °C 이상의 고형 에폭시 수지가 유리전이온도(Glass transition temperature, T_g)가 높아 고온·고습하에 있어서 액정 표시 패널의 신뢰성이 높아지기 때문에 사용되며 잠재성 에폭시 경화제도 사용되며 고순도화 제품이 요구된다[9,10].

충전제로는 무기 충전제와 유기 충전제 모두 사용 가능하며, 무기 충전제는 탄산칼슘(CaCO_3), 탄산마그네슘(MgCO_3), 황산 바륨, 유산 마그네슘, 산화철, 산화티탄, 산화 아연, 산화 알루미늄(Al_2O_3), 규산 알루미늄, 이산화규소, 티탄산 칼륨, 활석, 석면가루, 석영분, 유리 섬유, 운모 등이 사용된다[11,12]. 유기 충전제로서는 폴리 메타크릴산 메틸, 폴리스티렌 상기 충전제를 에폭시 수지나 Silane coupling제 등으로 그래프트(Graft)화 변형시킨 것 등이 적용 가능하다. 치수 안정성 확보를 위해서는 입자 사이즈가 10 μm 이하인 것들이 요구 된다.

5. 액정 적하공법용 Seal제의 요구 물성 및 측정법

액정 적하공법에서는 기존의 액정 주입 공법과 달리 Seal제가 경화되기 전에 액정과 접촉하게 된다. 또한 진공 합착기 안에서 합착할 때 Seal제를 사이에 두고 대기측과 액정측 간에 큰 압력의 차이가 발생한다.

기존의 액정 주입 공법의 열경화 타입과는 달리 UV와 열에 의한 경화를 병용한 재료를 사용하므로 경화특성 이외에 경화 전에 액정과 접촉하더라도 액정을 오염시키지 않는 것이 필수적인 물성이고 압력 차이로 인해 Seal제가 손상되지 않는 것이 요구되며, 손상을 막기 위해 Seal제의 점도는 수 십만 $\text{mPa}\cdot\text{s}$ 로 일반적인 Seal제보다 높은 물성이 요구되어 고점도의 Seal제를 고정밀도로 도포해야 한다.

5.1. 광경화 물성

광경화가 진행되기 위해 요구되는 에너지는 낮은 에너지가 필요할수록 광경화 물성이 우수하다고 할 수 있다. ITO glass에 사이에 광경화성 수지 조성물을 넣고 자외선, 적외선 Cut filter를 이용하여 Alkali glass가 고정될 때까지 필요한 에너지를 측정하여 평가를 한다.

5.2. UV 및 열 경화 후의 접착강도

UV 및 열 경화 후 신뢰성 있는 접착 물성이 요구되며 전기·전자 제품의 신뢰성은 지속적으로 물성 향상이 요구되는 분야인데 고온 다습 조건에서의 장시간 동안 물성이 유지되어야 하며 완제품 업체에서의 고신뢰성 테스트를 통과하여야만 최종적으로 Seal제의 사용이 가능하다.

측정 방법으로 Figure 5에 나타내었듯이 액정 Seal제 조성물에 무알칼리 유리상에 쌓이 되는 동일한 유리를 십자에 겹쳐 바르고 하중을 두면서 UV 조사하고 자외선, 적외선 Cut filter를 이용하고 자외선 조사하여 접착을 시켜 접착력을 측정하게 된다[8]. UV 경화 후에는

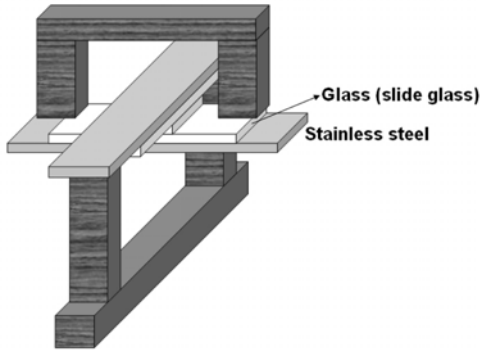


Figure 5. Schematic diagram of cross-cut test for adhesion strength of UV seal material for LCD panel.

낮은 접착력을 나타내지만 열경화 후에는 경화가 완료되어 급격한 접착력이 향상된다.

5.3. UV 경화 후의 수축율(Shrinkage)

UV 경화의 일반적인 단점이 수축이 발생할 수 있는데 수축 발생은 LCD 패널에 치수 안정성에 치명적인 불량을 일으킬 수 있기 때문에 최소한의 수축율이 요구된다. 수축율 계산 방법은 아래와 같으며 Optical microscope를 통한 표면 관찰도 병행되어야 한다[13].

$$\text{Shrinkage (\%)} = (1/d_{\text{after}} - 1/d_{\text{before}}) / 1/d_{\text{before}} \times 100\%$$

d_{before} : curing 전의 SMPL의 density

d_{after} : curing 후의 SMPL의 density

5.4. 액정과 의 비상용성 및 아웃 가스(Out gas)성

5.4.1. LC와의 비상용성

UV 경화 전 Seal제 조성물과 액정이 직접적으로 접촉하기 때문에 경화 전에 Seal제 조성물과 LC간의 비상용성은 가장 중요한 물성 중에 하나이다. Seal제의 액정오염으로 인한 불량 화소는 LCD 패널의 치명적인 불량이므로 액정과 의 비상용성은 절대적인 평가항목이라고 할 수 있다.

비상용성을 측정하기 위해서는 액정과 미경화 Seal제를 접촉시킨 경우 액정에 의 용출 성분을 가스 크로마토그래피(Gas chromatography, GC)에 정량하고 용해 성분이 100 ppm 이하이면 표시 불량은 발생하지 않는 것으로 평가한다[14].

Curing 전에 액정과 의 반응성이 없기 위해서는 액정에 Soluble한 작은 분자량의 물질의 사용을 피해야 하고 경화 속도를 가능한 빠르게 하여 경화 시 Outgas의 양을 최소화해야 한다.

5.4.2. 아웃 가스 측정

LCD panel은 불순물에 쉽게 영향을 받는다. 미반응된 광개시제 조성물이나 광분해 생성물의 액정에 대한 오염, Out gas 성분의 발생은 액정 패널의 신뢰성을 저하시킨다. 그러므로 고순도의 재료를 사용하여야 하며, 측정법은 광경화성 수지 조성물 10 mg을 바이알(Vial) 병에 밀폐시키고 자외선·적외선 Cut filter를 이용하여 자외선을 조사하여 경화를 행한 후 Head space에 120 °C로 5분간 가열하고 GC에 의해 Out gas를 측정한 후 Toluene 환산에 의하여 ppm으로 측정한다.

그 이외의 전기·전자 소재로 사용되는 물질은 기본적으로 요구되는 전기전자적 요구 물성에 만족하여야 사용 가능하며 LCD Seal제로 사용되기 위해서는 하기와 같은 여러 물성을 만족하여야 한다.

- Dielectric constant (유전 상수): 1 Hz
- Dielectric loss tangent: 1 Hz
- Ion density PCT × 24 h extraction
- Electric conductivity (전기 전도율)
- Specific volume resistance
- Specific surface resistance
- Boiling water absorption rate (2 h)
- Moisture permeability



Figure 6. Applications of seal materials in display industry.

6. 액정 적하공법용 Seal제가 사용되는 용도

LCD는 일상 생활에서 흔히 볼 수 있는 컴퓨터 Desktop, Notebook 모니터, 네비게이션(Navigation), 의료용 모니터, 카메라용 display, 휴대폰 등 다양한 계측기와 휴대 기기에 그 활용 범위를 넓혀 가고 있으며, 현재는 우리의 생활과 밀접한 필수 제품이 되었다.

특히 고해상도, 저 소비전력 등의 장점을 바탕으로 PDP와 경쟁 관계를 형성하고 있으며 현재는 40인치 이하의 LCD가 40인치 이상은 PDP가 주류를 이루고 있는 상황이지만 향후 양 제품의 경쟁 관계를 더욱 치열해질 것으로 보인다. Figure 6에 실생활에서 Seal제가 적용된 LCD의 사용 예를 나타내었다.

7. 액정 적하공법용 Seal제 시장현황

LCD 판매량 증가와 연동하여 증가하고 있는 액정 적하공법용 Seal제 시장은 대부분 일

Table 1. 액정 적하공법용 Seal제의 주요 구성 성분

주요 성분	역할
아크릴레이트계 oligomer	UV 경화
아크릴레이트 monomer	점도 감소, 유연성과 접착성
광개시제	광 라디칼 생성
열경화성 수지 (에폭시 수지)	열 경화
열경화제	열 경화
충전제	접착력
기타 첨가제	-

본에서 제조되어 LCD 주요 생산국인 아시아 4개국에서 판매되고 있으며 사용량은 지속적으로 증가 추세에 있다.

제조사별 Market Share는 Table 2와 같이 전세계 생산량의 대부분을 Kyoritsu Chemical, Mitsui Chemical, Nippon Kayaku, Sekisui Chemical 등의 일본 회사에서 생산하고 있으며, 현재 우리나라에서 본격적으로 판매하고 있는 회사는 없는 실정이다. 전세계 LCD를 생산하는 대부분의 업체가 동북아시아에 집중되어 있기 때문에 Table 3과 같이 주요 판매국은 우리나라를 비롯하여 일본, 대만, 중국에

Table 2. 제조사별 Market Share (2004년 기준)

제조사	Volume		Value		
	kg	%	million¥	%	억원
Kyoritsu Chemical	12,300	20.4	3,390	40.3	278
Mitsui Chemical	38,200	63.2	2,370	28.2	194
Nippon Kayaku	6,800	11.3	1,260	15	103
Sekisui Chemical	1,940	3.2	1,210	14.4	99
Others	1,160	1.9	180	2.1	14
Total	60,400	100	8,410	100	690

From Fuji Chimera Research Institute, Inc.[15]

Table 3. 지역별 제조/판매 금액(2004년 기준)

지역	제조		판매		억원
	million¥	%	million¥	%	
일본	8,410	100	2,200	26.2	180
한국	0	0	2,710	32.2	222
대만	0	0	2,070	24.6	170
중국	0	0	1,430	17	117
Total	8,410	100	8,410	100	690

From Fuji Chimera Research Institute, Inc.[15]

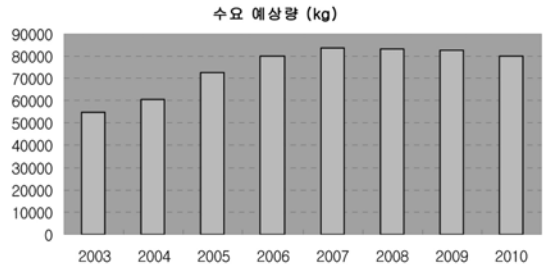
Table 4. 가격 Trends (2004년 기준)

Item	Price range (¥/kg)	Price range (₩/kg)
Indurative UV type	400,000~	3,288,840~
	580,000	4,768,818
Thermosetting type	120,000~	986,652~
	150,000	1,233,315
Thermo hardening type	50,000~	411,105~
	70,000	575,547

From Fuji Chimera Research Institute, Inc. [15]

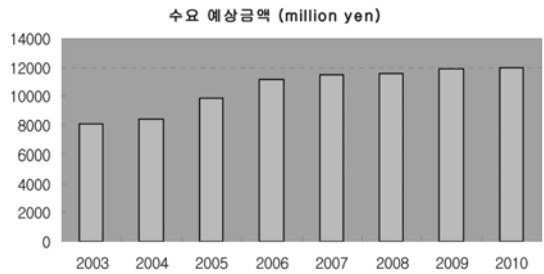
편중되어 있다. 전세계 액정 적하공법용 Seal 제의 32.2%(2004년 기준)를 소비하고 있는 우리나라지만 전량 수입에 의존하고 있는 현실이며 Table 4와 같이 국내에서 생산하는 업체가 없기 때문에 고가에 판매되고 있는 제품으로 국산화가 시급한 전자재료 분야라 할 수 있다.

Fuji Chimera Research에서 예측한 2010년까지의 수요량 및 금액, 가격에 대한 예상치는



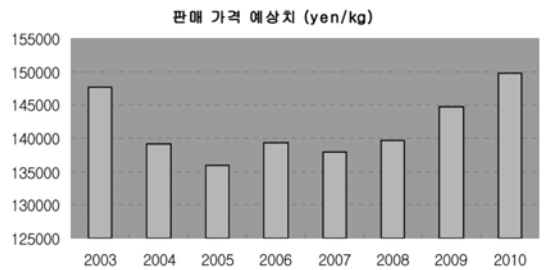
From Fuji Chimera Research Institute, Inc.[15]

Figure 7. Expectation goods of demand.



From Fuji Chimera Research Institute, Inc.[15]

Figure 8. Expectation amount of demand.



From Fuji Chimera Research Institute, Inc.[15]

Figure 9. The estimated amount of the selling price.

Figures 7~9와 같다. 수요 예상량과 예상금액은 2007년까지 급격히 증가하다 2008년 이후 일정 수준을 유지할 것으로 예상되나, LCD가 사용되는 새로운 제품의 출시로 인해 급격한 시장 수요가 창출될 수도 있을 것으로 예상할 수 있다.



참고 문헌

1. J. H. Moon, Y. G. Shul, H. S. Han, S. Y. Hong, Y. S. Choi, and H. T. Kim, A study on UV-curable adhesives for optical pick-up: I. Photo-initiator effects, *Int. J. Adhesion Adhesives*, **25**, 301 (2005).
2. J. H. Moon, Y. G. Shul, H. S. Han, S. Y. Hong, Y. S. Choi, and H. T. Kim, A study on UV-curable adhesives for optical pick-up: II. Silane coupling agent effect, *Int. J. Adhesion Adhesives*, **25**, 534 (2005).
3. E. P. Chang and D. Holguin, Curable Optically Clear Pressure-Sensitive Adhesives, *J. Adhesion*, **81**, 495 (2005).
4. www.kyoritsu-chem.com
5. www.topengnet.com
6. USA patent, US 20030147034A1
7. USA patent, US 20030147034A1
8. KP 10-2006-0086517
9. JP2005-263987
10. JP2005-162860
11. JP2005-1711035
12. JP2005-139461
13. T. H. Chiang and T.-E. Hsieh, A study of monomer's effect on adhesion strength of UV-curable resins, *Int. J. Adhesion Adhesives*, **26**, 520 (2006).
14. JP2002-214626
15. Report of Fuji Chimera Research Institute, Inc.

※ 저자 소개



성익경

1977~1981 경북대학교 고분자공학과 학사
1991~1993 인하대학교 고분자공학과 석사
1993~1997 인하대학교 고분자공학과 박사
1983~현재 (주)코오롱 유화부문 기술연구소 연구소장
2007~현재 경희대학교 화학과 겸임교수



박영준

1994~2001 충북대학교 공업화학과 학사
2001~2003 서울대학교 임산공학과 석사
2004~현재 서울대학교 환경재료과학 전공 박사과정



박대순

1993~2000 연세대학교 화학공학과 학사
2000~현재 (주)코오롱 유화부문 기술연구소 선임연구원
2006~현재 서울대학교 환경재료과학 전공 석사과정



김현중

1983~1987 서울대학교 임산공학과 학사
1987~1989 서울대학교 임산공학과 석사
1992~1995 일본 동경대학교 생물재료학과 박사
1995~1996 미국 버지니아주립 공과대학 화학과 및 Center for Adhesive & Sealant Science 박사 후 연구원
1996~1999 미국 뉴욕주립대학(Stony Brook) 재료공학과 연구조교수, NSF-Center for Polymer at Engineered Interface 연구조교수 겸 책임연구원
1996~1998 미국 Brookhaven National Lab. 물리학과 겸임연구원
1999~현재 서울대학교 산림과학부 환경재료과학 전공 부교수