

# 미래자동차용 고기능성 고분자소재 개발 현황

저자 | **한정우** 화학공정 PD KEIT  
**하진욱** 책임 한국자동차연구원  
**김현승** 책임 KEIT

- 요약** ● 최근 자동차 산업에서는 전동화 및 자율주행 기술의 보급 확대와 더불어 일반 차량에서도 편의 기능이 더욱 중요해지면서 새로운 화학소재 기술을 필요로 하고 있다. 국내 고분자소재 산업은 산유국과 중국을 필두로 한 후발국과의 가격 경쟁력에서 고전하고 있다. 독일, 일본, 미국 등 전통적인 화학소재 강국과는 기술력에서 밀리는 상황으로, 우리가 강점으로 갖고 있는 주요한 미래 수요 산업의 기술적 니즈를 조기에 파악하여 필요한 요소기술을 갖춘다면 화학소재산업 또한 지속적으로 안정적인 성장을 이룰 수 있을 것이다.
- 이를 위해 본고에서는 전통적인 자동차용 고분자소재가 아닌 미래자동차 산업분야에서 중요성이 증가할 것으로 예상되는 통신, 디스플레이, 반도체용 고분자소재의 사례를 소개하였다.
- 통신용 소재는 자율주행 및 커넥티드 차량의 확대로 인해 다양한 전자기기의 장착이 증가되며, 초고속 통신기기의 사용이 증가함에 따라 전자기파의 간섭을 최소화할 수 있는 고기능성 차폐 소재를 소개한다.
- 디스플레이 소재는 차량의 편의 기능 향상으로 다양한 인포테인먼트 기능의 활용을 위해 대면적 디스플레이가 확대 적용될 것으로 예상되며, 디스플레이의 활용성 및 탑승자의 시인성을 조절할 수 있는 고기능성 필름소재를 소개한다.
- 반도체 소재의 경우 자율주행 차량 및 전력기반 차량의 증가로 인해 다양한 반도체가 적용될 것으로 예상되며, 화학소재의 경우 후공정인 패키징 공정에서 기존 패키징용 소재 대비 신뢰성과 성능을 향상할 수 있는 소재를 소개한다.

## 1 서론

- 미래자동차 산업은 지속적인 혁신과 기술발전으로 빠르게 발전하고 있다. 특히 자율주행기술, 커넥티드카와 같은 IT 편의 장치가 추가된 차량에서부터 전기차나 수소차 등과 같이 친환경 동력원이 장착된 차량까지 다양한 전장 부품을 필요로 하게 되었다. 이러한 차량 부품의 성능과 품질을 향상시키기 위하여 새로운 소재기술 또한 주목받고 있는 상황이다. 그 중 고기능성 고분자소재는 다양한 전기장치의 성능향상과 내구특성 향상에 매우 중요한 역할을 차지할 것으로 예상되며, 새롭고 다양한 기능을 구현할 수 있는 고분자소재 개발의 수요가 꾸준히 증가하고 있다. 이러한 신소재들을 통하여 자동차는 보다 안전하고 효율적인 운전 환경을 제공할 수 있을 것으로 예상된다.
- 우리나라의 고분자소재 산업은 범용 플라스틱으로 분류되는 PP, PE, ABS 등의 소재와 엔지니어링 플라스틱으로 구분되는 PC, PMMA, PA 소재 및 관련 Alloy 제품이 일반적으로 가장 많이 생산·연구되고 있다. 하지만 해당 소재의 수익률은 소재의 공급 과잉으로 인해 점차 산유국과 후발국과의 가격 경쟁력에서 밀리고 있다. 또 슈퍼 엔지니어링 플라스틱 및 특수 목적의 기능성 고분자소재는 선진국과의 기술력 차이를 좁히지 못하는 실정이다. 이러한 반증으로 2019년 산업 기술 R&D 전략 자료에 따르면, 산업 수출용 고분자소재의 경우 상대 기술 수준이 2015년 86.2%에서 2019년 83.9%로 감소하고 있는 것으로 보고되었다.
- 기존 자동차 산업에서는 PP, PU, PA, ABS, PC 등과 같은 고분자소재가 내외장재 위주로 사용되었기 때문에 고분자 산업에서의 소재 공급과 수요 기업의 니즈가 잘 매칭이 되었다. 하지만 최근에는 앞서 언급한 것처럼 다양한 통신 부품용 소재, 반도체 관련 소재, 배터리 관련 소재의 수요가 급증하고 있음에도 불구하고 국내 관련 기업들이 다소 발 빠르게 대응하지 못하고 있다.
- 본고에서는 미래자동차용 산업에 필요한 주요 기술 중 이슈가 되고 있는 일부 기술을 소개하고 관련된 기술을 신뢰성 있고 안정적으로 구현하기 위해 필요한 고기능성 고분자소재에 대해 간단하게 기술하고, 이를 통해 우리나라 고분자소재 산업의 새로운 블루오션이 될 수 있는지 알아보고자 한다.

## 2 통신 성능 향상을 위한 고기능성 고분자

- 최근 자율주행 차량과 커넥티드카의 발전으로 다양한 전자기기와 통신 시스템이 도입되는 추세다. 미래자동차로 대표되는 자율주행 자동차는 2030년 기준 약 1조 8천억 달러 규모로서 연평균 38.8%의 성장률이 예상된다. 자율주행에 가장 핵심이 되는 기술로는 차량을 컨트롤하고 탑승자의 편의와 정보를 제공하는 통신기술을 들 수 있다. 따라서 더욱 고사양의 통신 장비가 탑재될 것으로 예상되며, 통신장비의 신뢰성을 향상시키기 위해서는 장비의 특성을 보다 극대화할 수 있는 고기능성 화학소재가 필요하다. 또 기존 소비자들이 사용하는 일반 차량에도 운전자와 탑승객의 안전과 편의를 위한 다양한 통신 시스템이 적용되는 추세이며, 그 중요성과 필요성은 점차 증가할 것으로 예상된다. 하지만 차량용 전자 및 통신 장치의 개발과 별개로 해당 기기의 성능을 극대화할 수 있는 국내 화학소재의 개발은 상대적으로 더딘 상황이다.
- 앞서 언급한 것처럼 자동차 환경 변화에 따라 과거와 달리 차량의 내부에 다수의 전자기기가 동시에 작동되는 환경으로 차량 시스템이 변경되고 있다. 이러한 환경에서는 전자파 간의 간섭이 문제가 될 수 있다. 이러한 간섭은 단순히 차량의 통신 시스템의 신호 강도를 약화시키는 것뿐만 아니라 차량의 안정성을 저해할 수도 있다. 이를 방지하기 위해 오래전부터 전자파 차폐가 가능한 금속 기반의 소재나 동일 기능이 부여된 플라스틱이 사용되고 있다.

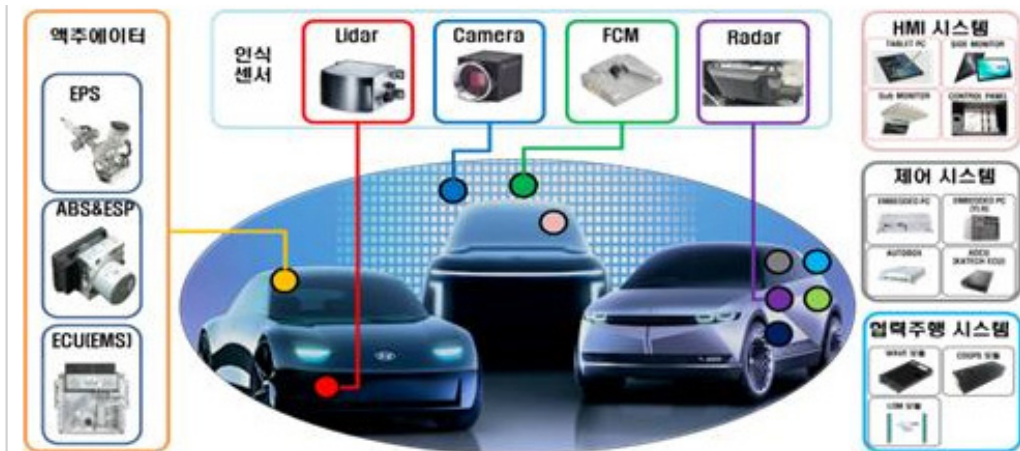


그림 1.

자율주행 자동차에 장착될 것으로 기대되는 신기술의 예시[1]

- 언급한 것처럼 다양한 전자기기가 차량에 적용되면서 이로 인한 전자기파의 노이즈 장해에 대한 위험성은 한층 높아질 수 있다. 전자파의 노이즈와 관련된 문제는 Electro Magnetic Interference(EMI)라고 표현하는 전자간섭 현상과 Electro Magnetic Susceptibility(EMS)라고 표현하는 전자장해 감수성으로 분류될 수 있다. EMI와 EMS 2가지 문제가 해결되어 전파 환경이 쾌적한 적합성의 의미는 Electro Magnetic Compatibility(EMC)라고 한다.

- 공기 중에 방사된 전자기파가 다른 매질을 만나면 매질의 유전율, 전기전도도 등에 따라 일부는 반사되고 일부는 흡수되어 열에너지로 변환 후 방출되고, 나머지는 매질을 투과하여 진행하게 된다. 따라서 그림 2처럼 전자파 차폐는 반사 손실이 높거나 재료 내 흡수 능력이 우수한 것이 좋다.

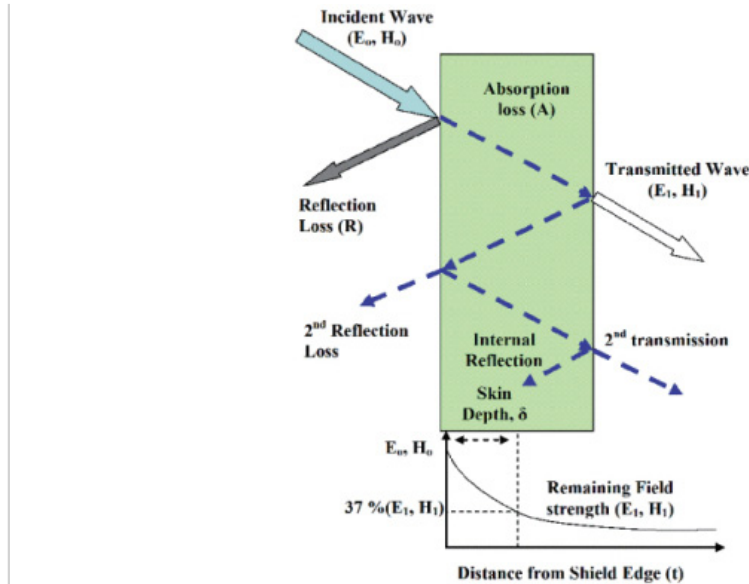


그림 2.  
매질에 입사된 전자기파의 작용 예시[2]

- 통상의 연구들은 일반적으로 세 가지로 나뉜다. 첫째로 발생한 방사 노이즈를 막을 수 있는 전자차폐 기술, 둘째로 차폐 재료가 전자파를 반사하지 않고 흡수하여 열에너지로 바꿀 수 있는 전파흡수체 기술, 셋째로 전자부품으로 목적 신호와 노이즈를 분리할 수 있는 필터기술 등을 적용하는 방법이 그것이다. 차량의 경우 공간과 무게의 제약이 휴대용 통신 기기보다 자유롭기 때문에 현재까지는 금속소재가 적용된 하우징 부품들이 주로 사용되고 있다.
- 플라스틱과 같은 절연물은 전자파를 통과시키는데, 이러한 특성으로 인해 각종 전자기기 케이스에 많이 사용되는 플라스틱은 절연체로서 전자파를 통과시키는 현상을 보여 차폐용으로 활용되지 못한다. 반면에 금속소재는 전자기파를 반사하고 이로 인해 전자기파가 차폐되기 때문에 현재까지 차량에 사용되는 하우징의 대부분은 금속소재를 사용한다. 하지만 5G 이상의 초고속 통신 기술과 같이 고주파 영역의 사용이 확대되면 기존 금속소재의 경우 차량 내부에서 전자기파를 반사하여 다른 기기의 오작동을 유발할 수 있다. 때문에 향후에는 고분자소재를 이용한 고기능성 소재의 사용이 보다 더 증가할 것으로 예상된다.
- 고분자소재에 전자기파 차단 기능을 부여할 경우 플라스틱은 전자기파의 통과를 차단하고 반사 없이 차폐 기능을 제공할 수 있어서 금속소재를 대체할 수 있다. 또 기존의 금속 하우징을 플라스틱으로 대체할 경우 경량화, 비용 절감, 전자기파 차폐 특성을 동시에 구현할 수 있다는 장점이 있다.

- 고분자소재에 차폐 성능을 부여하는 일반적인 방법은 EMI용 필러(Filler)와 함께 복합소재화하는 방법으로, 고분자 복합 소재의 경우 통상 70dB까지 차폐가 가능한 것으로 알려져 있다. 이를 위해 탄소섬유, CNT, 카본블랙, 그래핀 등과 같은 탄소 기반 소재들이 널리 사용되고 있다. 따라서 일반적인 경우에는 이러한 기능성 필러를 고분자 수지에서 효과적으로 분산하여 특성이 고루 발현될수록 하는 것이 매우 중요하다.

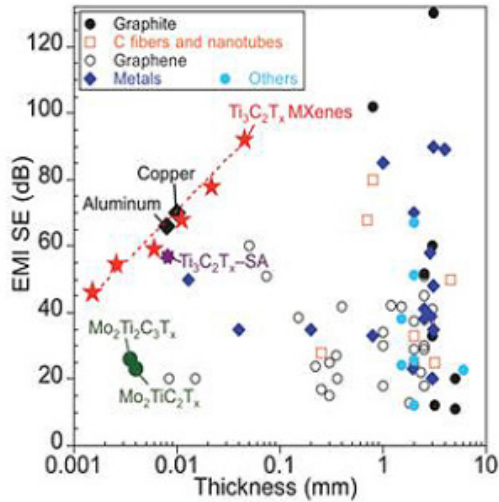


그림 3.  
기능성 필러에 따른 전자파 차폐 성능[3]

표 1. 통신기기 하우징의 소재별 특성 비교

구분	금속 소재	플라스틱(도금) 소재	복합 소재
무선 차폐 성능	높음(75dB)	높음(75dB)	높음(70dB)
무선 흡수 성능	매우 낮음 (별도 흡수체 부착 필요)	매우 낮음 (별도 흡수체 부착 필요)	매우 높음(20dB) (별도 흡수체 부착 불필요)
전기전도성	높음	높음	보통
표면저항	낮음	낮음	보통
열전도도	높음	낮음	매우 낮음
중량	무거움	가벼움	매우 가벼움 (금속 소재 대비 50% 경량)
이동성	낮음	높음	매우 높음
제품 원가	높음	낮음	낮음 (금속 소재 대비 40% 절감)
가공 및 조립성	낮음	높음	매우 높음
제품 구조	복잡	단순	매우 단순
생산성	낮음	높음	매우 높음

- 최근에는 자율주행 차량에 사용되는 전자기파를 효과적으로 컨트롤하기 위해 특정 주파수 영역만 선택적으로 차폐했다. 그래서 차량이 주변 물체를 인지하는 라이다 장치의 주파수 영역은 통과시키고, 그렇지 않고 노이즈로 인식될 수 있는 영역에 대해서는 차단하는 선택적 차폐기능이 부여된 플라스틱을 개발하여 사업화하고 있다. 예를 들어, 자율주행에 필요한 라이다 센서가 사용하는 파장대 영역에서는 투과를 용이하게 하고, 그 외 파장은 차단하는 방식을 사용한 방법이다. 이 경우 방출되는 전자기파의 노이즈가 제거되어 효율성이 크게 향상될 것으로 예상되기 때문에 글로벌 기업을 중심으로 관련된 제품의 확대 전개와 신뢰성 향상을 위한 방법이 연구 중에 있다.

표 2. Automotive Radar Sensors(ADAS\*)의 주요 사용 주파수 정보[4]

주파수 영역	Operating Frequency(GHz)	Bandwidth(GHz)
24GHz	24.00 ~ 24.25	0.25
	21.65 ~ 26.65	5
77GHz	76.00 ~ 77.00	1
	77.00 ~ 81.00	4

출처: www.sabic.com

\* ADAS: 어댑티브 크루즈 컨트롤, 차선 감지, 충돌 회피 등을 인지하는 데 활용되는 센서

- 일반적으로 공기 중에 방사된 전자기파가 다른 매질을 만나면 그 매질의 특성(투과율, 유전율, 전기전도도 등)에 따라 일부는 반사되고 일부는 매질에 흡수되어 열에너지로 방출되거나 매질의 형상을 따라 진행한다. 그 외 나머지는 매질을 투과하여 진행하는 경향을 보인다. 이러한 소재들의 특징을 이용하면 재료의 종류와 사용하는 재료의 두께 등을 변수로 목적하는 파장의 영역에서 노이즈 간섭을 최소화하면서 송출할 수 있게 된다.
- 화학소재의 기능화를 통해 통신장비의 성능을 극대화하고자 국내에서도 관련 소재의 원천기술 확보를 위해 다양한 기술지원이 진행되었고, 다양한 필러, 코팅, 복합소재 기술들이 개발되었다. 하지만 해당 기술이 적용되어 사업화 단계까지 진행된 사례는 많지 않다. 그러므로 향후 추진되는 R&D의 경우에는 소재뿐만 아니라 수요기업과 함께 해당 부품이 최적화되고 가격 경쟁력이 확보된 상태에서 소재개발에 대한 지원이 필요할 것으로 보인다. 또한 이러한 전자기파로 인해 발생할 수 있는 다양한 문제점과 관련된 DB를 구축할 수 있는 평가 인프라도 필요할 것이다.

### 3 차량용 디스플레이의 성능 향상을 위한 고기능성 고분자

- 자동차의 기존 실내 공간은 이동 시 쾌적한 안락성을 제공하는 데 국한되었다면 앞으로 미래자동차의 실내 공간은 각종 정보와 서비스를 제공할 수 있는 새로운 형태의 공간으로 확대될 것이다. 이에 따라 차량 내 다양한 콘텐츠 제공 등 주요 기능 구현을 위한 인포테인먼트 기술과 함께 이를 구현할 수 있는 차량용 디스플레이 수요가 급증하리라 예상된다. 따라서 차량용 디스플레이 패널 자체의 성능과 신뢰성에 대한 향상과 함께 디스플레이의 성능을 향상할 수 있는 다양한 고기능성 소재기술이 더욱 중요해지고 있다.
- 2022년 시장조사기관 옴디아(OMDIA)의 자료를 따르면 자동차용 디스플레이 시장은 2021년 86억 달러 규모에서 2025년 97억 달러로 성장이 예측된다. 또 다른 기관인 글로벌마켓인사이트(Global Market Insights)는 2028년 차량용 디스플레이의 시장 규모가 240억 달러에 달할 것으로 예상하고 있다. 차량용 디스플레이의 경우 OLED 분야가 블루오션으로 각광 받고 있는데, 인포테인먼트를 포함하는 커넥티드카가 늘어나면서 프리미엄 완성차 업체들이 화질이 좋은 OLED를 선호하기 때문이다. LCD 대비 소비전력이 작고 무게가 가벼울 뿐만 아니라 형상의 자유도가 높기 때문에 확장성이 높은 디스플레이 부품으로 보고 있다. 국내 차량용 LCD의 경우 내수 생산보다는 부족한 가격 경쟁력을 확보하기 위해서 중국 등의 생산 기지에서 생산 후 수입하는 구조를 취하고 있다. 이러한 현실을 고려할 때 OLED를 활용하여 디스플레이의 성능을 향상하는 기술 개발과 LCD를 이용한 디스플레이의 가격 경쟁력 확보에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

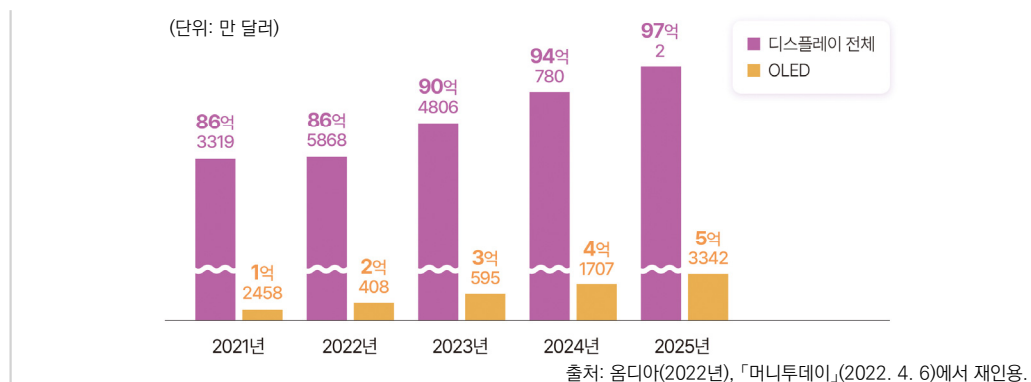


그림 4.  
자동차용 디스플레이의 시장 규모[5]

- 미래자동차에서 적용이 가능할 것으로 예상되는 디스플레이 기술을 크게 3가지로 볼 수 있다. 자율주행 상황에서 탑승자의 편의 기능을 향상시키기 위한 가변형 디스플레이 기술(직접 운행 상황과 자율주행 상황에서 별도의 디스플레이를 운영), 차량의 창문을 이용한 투명디스플레이 기술, 그리고 외장 부품에 적용이 가능한 히든 디스플레이 방식의 기술이 그것이다. 상기 언급한 기술은 모두 미래 자동차 환경에서 디스플레이가 앞으로 준비해야 할 기술 개발의 방향이며, 이를 위해선 디스플레이용 소재의 혁신성과 신뢰성 확보가 매우 중요하다.





그림 5.  
미래차용 디스플레이의 적용이 가능한 부위 예시

- 일반 가정용 디스플레이에 적용되는 것보다 더 높은 신뢰성 확보가 관건인 차량용 디스플레이의 경우 우수한 신뢰성을 갖는 편광, 코팅, 위상차 필름과 같은 모듈 소재와 주행 안전성 확보를 위한 전기적-광학 가변 필름, 시인성 확보를 위한 차광판 소재 기술 등이 단기적으로는 필요할 것으로 예상되고 있다. 아래는 그 중 소재 분야에서 시급한 기술로 연구되고 있는 일부 기술을 소개하겠다.
- **(위상차 필름)** 우수한 black, 고속응답, 광 시야각, 저전력, 다양한 폼팩터 등의 장점을 갖고 현재 차량용 디스플레이로 각광받고 있는 OLED(Organic Light Emitting Diode) 디스플레이 패널의 보급 확대를 위해 필요한 반사방지 기능이 부여된 고 신뢰성 편광필름에 대한 기술이 개발되고 있다. 반사방지를 위한 원 편광필름은 편광판, 위상차 필름으로 구성되며, 특히 위상차 필름은 기존의 연신형 필름이 아닌 박형으로 다양한 폼팩터 대응이 가능하도록 투명한 기재 필름 위에 액정상 재료를 코팅한 기술로 진보되고 있다. 그 중 기재 필름으로는 고온/고온고습/내광 환경 신뢰성 확보가 가능하면서도 편광 변화가 없도록 위상차가 없는 COP(Cyclo-Olefin Polymer), Acrylate계TAC(Tri-Acetyl Cellulose) 등 고분자 기반 투명 필름 기술이 연구되고 있다. 또한, 위상차 필름으로 사용되는 코팅형 액정상 재료는 우수한 반사특성을 확보하기 위하여 정분산 특성을 갖는 재료를 역분산 특성을 갖는 재료로 대체되고 있는 추세이지만, 통상적으로 역분산 특성을 갖는 재료의 신뢰성이 매우 취약하기 때문에 가교 강화, 신소재 적용 등을 통한 소재의 신뢰성 향상 기술이 핵심기술이 될 것으로 전망된다.

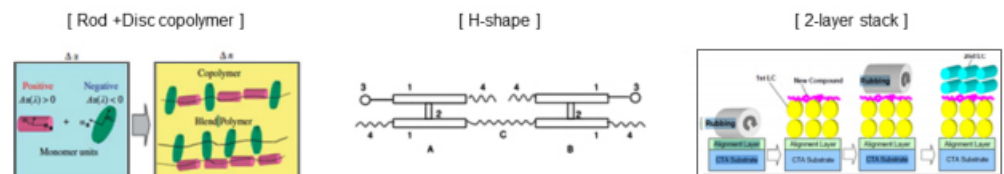


그림 6.  
코팅형 역분산 액정상 재료 예시[6]



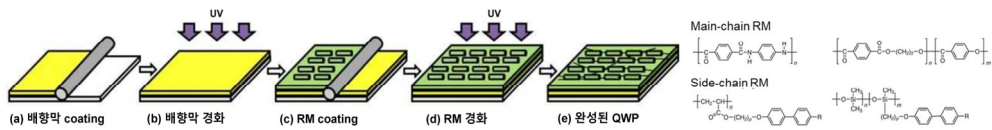


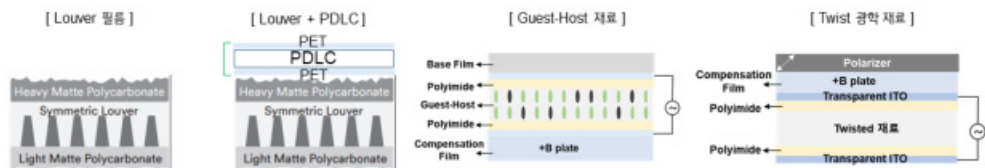
그림 7.  
Reactive monomer 기반의 코팅 type 위상차 필름 제조 공법[7]

- **(시아각 가변 필름)** 광학적 특성을 제어할 수 있는 기능성 필름에 대한 기술적 니즈 또한 확대되고 있다. 시야각 가변 필름이란 주행 모드에 따라 전기적 신호를 인가하여 시야각 특성을 가변할 수 있는 기능성 필름이며, 광학 재료의 배열을 제어하여 광시아각-협시아각 특성 간 모드 전환이 가능한 필름을 말한다. 차량용 디스플레이 패널에서 출사되는 빛이 윈드실드에 비침으로 운전자를 방해할 수 있다. 이를 제거하기 위해 PC(Polycarbonate) 필름 위에 패터닝된 resin이 형성된 루버(Louver) 필름과 이색성 염료를 활용한 편광 기반의 시야각 차단 필름 등이 개발되고 있다. 또 운전자의 주의산만을 방지하는 것과 동시에 조수석 탑승자에게 엔터테인먼트를 제공하기 위한 시야각 가변 필름 기술도 개발되고 있다. 이처럼 시야각 가변 특성을 구현하기 위하여 전기적으로 광학 특성을 제어할 수 있는 이색성 염료 기반의 Guest-Host 재료 및 Twisted 액정성 고분자 등 유전율과 굴절률 이방성을 갖는 광학 재료를 활용하여 개발되고 있다.



출처: Shin-Etsu Polymer Europe, IT비즈니스

그림 8.  
기능성 광학 필름의 적용 예시[8][9]



출처: 한국쓰리엠(주), Dai Nippon Printing

그림 9.  
광학 제어 필름의 기술 예시[10][11]

- **(윈도 디스플레이)** 자동차의 내장 부품에 적용되는 디스플레이 외에 차량용 윈도를 활용할 수 있는 디스플레이 또한 주목받는 기술이다. 윈도를 활용할 경우 실내에서는 탑승자의 공간 활용에 효과적이며, 휘도가 확보될 경우 외부 보행자 및 타 차량에도 정보를 전달할 수 있기 때문이다. 따라서

투명 디스플레이를 사용하기 위해 외부광이 강한 주간 환경에서도 시인성을 확보할 수 있는 차광판 소재 기술이 활발하게 연구되고 있다. 차량 내부에서 사용되는 디스플레이와 달리 윈도에 장착되는 디스플레이의 경우 태양의 밝기를 대항할 수 있는 휘도를 확보할 수 있어야 하므로 매우 높은 휘도를 발현할 수 있어야 한다. 투명 윈도 디스플레이의 후면에서 빛의 투과도 및 Haze를 전기적으로 제어하여 주간 시인성 확보와 야간의 투과율 확보 모두 달성하기 위해서는 차광판 기술의 적용이 필요하다. 이색성 염료와 산란 및 회절 등 haze 제어를 위해 소재의 도메인 간 굴절을 제어 기술 등 차광판 기술은 디스플레이 패널 기술 외에도 모듈 소재 기술로서 개발이 필요하다.

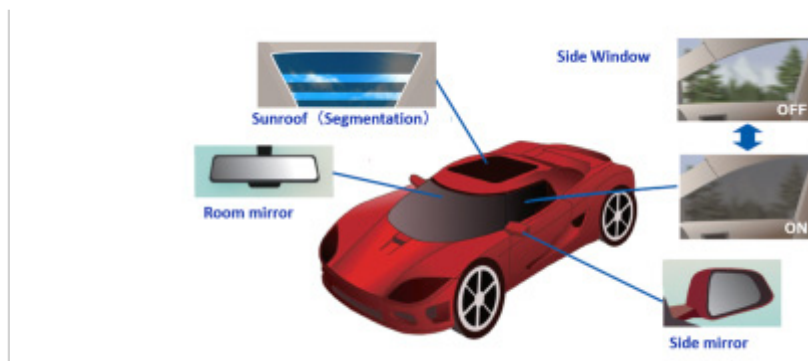


그림 10.  
전기-광학 필름 소재의 투과도 및 haze 제어 예시[12]

- 차량용 디스플레이는 휘도, 화질, 명암비 등 디스플레이 패널의 소재 특성 외에도 특수한 기능을 부여하거나 반사 방지 및 시야각 특성이 매우 중요하다. 이에 패널 기술뿐만 아니라 필름 기술에 적용되어야 하는 기능성 광학 소재, 굴절을 이방성 소재, 투과도 가변 소재 등 디스플레이 패널의 성능을 보강하고 지원할 수 있는 모듈 소재로서 광학 소재의 개발이 함께 이루어져야 한다.

#### 4 차량용 반도체 성능 향상을 위한 고기능성 고분자

- 코로나19 발생 이후 차량용 반도체 수급 부족과 관련된 이슈가 있기 전까지 차량용 반도체는 다품종 소량 생산과 제조 및 품질 관리가 상대적으로 까다롭고 타 반도체에 비해 수익성이 낮아 반도체 업체에서는 선호하는 분야가 아니었다. 하지만 최근 완성차 업계에서는 미래 모빌리티의 핵심인 자율주행 기술에 초점을 맞추어 자동차의 전장화와 파워트레인의 전동화가 확산되고 있다. 이에 따라 BEV와 HEV 차량의 보급이 확대되어 자동차 분야에서 혁신적인 반도체와 전장 부품 솔루션에 대한 수요가 계속 증가하고 있다.

- 차량용 반도체는 자동차의 센서, 엔진, 제어 장치 및 구동 장치 같은 핵심 부품에 전자 제어 장치(ECU), 마이크로 컨트롤러 유닛(MCU), 전력 관리 반도체(PMIC) 및 메모리 등에 주로 사용되는 반도체로, 일반적인 컴퓨터나 스마트폰 대비 훨씬 높은 수준의 안전성과 내구성을 필요로 한다.

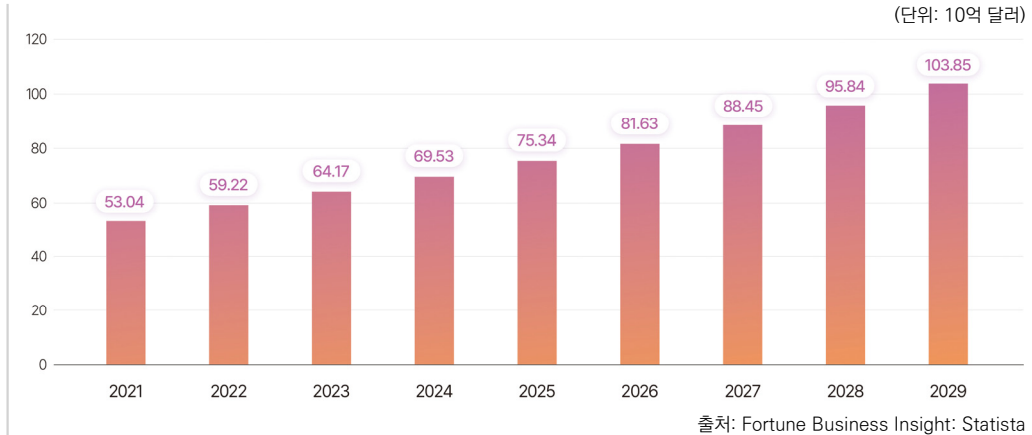
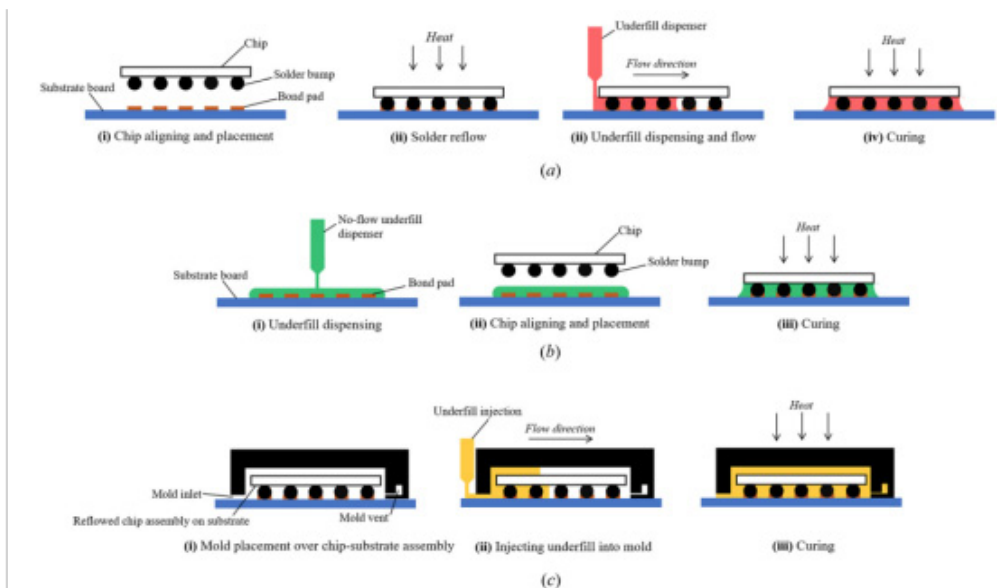


그림 11.

차량용 반도체의 시장 전망<sup>13)</sup>

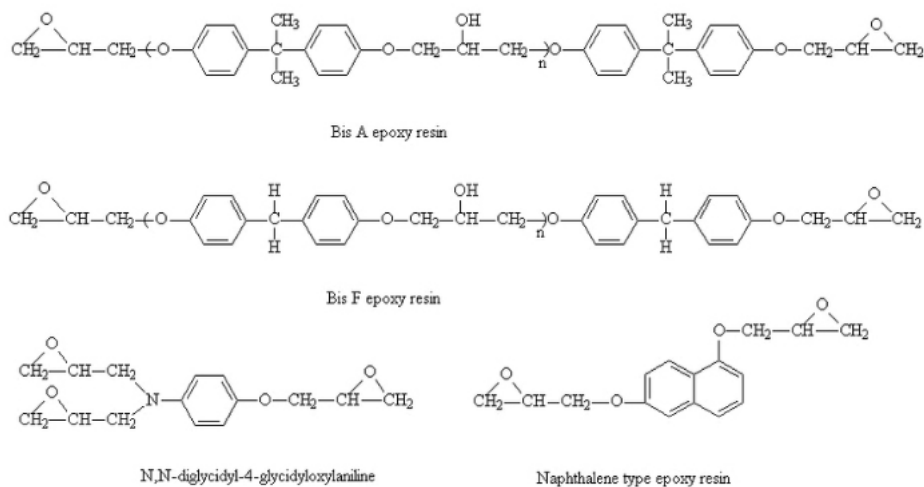
- 반도체 8대 공정 중에서 정밀화학이 아닌 화학소재가 주도적인 역할을 할 수 있는 공정은 패키징 공정이다. 패키징 공정은 반도체 칩이 외부와 신호를 주고받을 수 있도록 길을 만들고 다양한 외부 환경으로부터 안전하게 보호되는 형태로 만드는 공정이다. 이미 널리 알려진 것처럼 반도체 미세화 기술이 한계점에 다다른 현시점에서 후공정인 패키징 공정의 중요성은 더욱 커지고 있다. 이에 따라 패키징에 필요한 소재의 중요성도 매우 높아지는 상황이다.
- 고분자 기반 패키징 소재는 고분자와 세라믹/금속 필러를 사용하여 제조된다. 세라믹 필러를 사용할 경우 전기절연성과 열전도성이 우수한 무기 필러의 장점과 경량화 및 가공이 용이한 유기 고분자의 장점이 결합될 수 있기 때문에 가장 널리 사용되고 있다.
- 고분자 기반 패키징 소재에서 고분자는 에폭시, 페놀, 폴리에스테르, 실리콘 등 열경화성 소재가 주로 사용되며, 필러의 특성에 따라 비전도성 접착제, 도전성 접착제, 열전도성 접착제의 3가지로 구분할 수 있다. 고분자 및 고분자 복합체는 반도체 칩을 금속 리드 프레임에 접착하는 접착 소재, 반도체 칩을 금속 리드 프레임에 접착시키는 데 사용되는 몰드와 Encapsulation 화합물, 열을 방출하기 위한 기판과 열계면 소재(TIM, Thermal Interface Materials), 전기적 에너지를 저장할 수 있는 유전 소재와 불필요한 전자파를 감쇄시키기 위한 차폐 소재에 주로 적용된다.
- **(다층 기판 소재)** IC 패키지용 기판에는 글래스 강화 절연 소재, 빌드업 필름(Build-up Film), DPC(Direct Plating Copper) 및 DBC(Direct Bonded Copper) 등의 세라믹 기판, 실리콘 인터포저(Interposer), Re-Distribution Layer(RDL), 유연 기판 회로 소재가 포함된다. 반도체 I/O 단자를 직접 본회로 기판에 실장 시키기 위한 절연 소재는 회로 간의 절연성 부여와 전기적 신호의 간섭 최소화뿐만 아니라 소자에서 발생하는 열의 효과적인 방출 등이 요구된다.

- **(Encapsulant 및 Molding 소재)** 반도체 패키징 공정 필수 기능성 재료 중 하나인 EMC(Epoxy Molding Compound)는 고분자 수지와 필러 및 경화제의 혼합물이다. EMC는 반경화 상태의 혼합물이 반도체 소자와 기판 그리고 접합부 주변을 감쌀 수 있도록 성형되며, 특히 고온 고압 상태에서 에폭시 수지의 경화와 더불어 주변의 기판이나 리드프레임, 와이어, 웨이퍼 등과 강한 결합력을 나타낼 수 있도록 설계된 매우 높은 경도의 물질이다. 경화된 EMC는 반도체가 작동하면서 변하는 온도에 따라 칩과 유사한 팽창 및 수축을 유지하도록 조절하여 소자와 구조물의 안정성을 부여한다. 또 외부의 충격과 내습 및 온도 변화로부터 부품을 보호하기 위해서 소재의 신뢰성 확보가 매우 중요하다. 결국 외부 보호 역할을 하는 EMC 소재의 특성이 최종 소자 부품의 안정성과 신뢰성을 결정하게 되는 중요한 요인이다.
- **(언더필 소재)** 반도체 칩과 기판 틈새를 보강하는 열경화성 절연 수지로 칩과 기판의 열팽창계수 차이로 인한 스트레스를 흡수하고, 솔더 범프(Solder Bump)가 지나는 접착력을 보완하는 소재다. 전자 소자의 신뢰성을 향상시킴으로써 소자의 구동 성능을 높이는 반도체 패키징용 화학소재라고 할 수 있다. 언더필(Underfill)은 범프와 마이크로 범프를 다이 본딩(Die Bonding) 하기 전에 적용하는 pre-assembly 언더필과 본딩 후에 적용하는 post-assembly 언더필로 구분된다. 또 소재 적용 공정에 따라 모세관 현상을 이용하여 틈새를 채우는 CUF(Capillary Underfill), paste 형태의 언더필 소재 도포 후 솔더링과 경화를 동시에 이루는 no-flow underfill, bump가 형성된 wafer에 직접 도포하는 wafer level underfill, transfer molding 공법을 이용하여 몰딩과 언더필을 동시 구현하는 molded underfill 등으로 구분할 수 있다.



출처: J. Electron. Package.

그림 12.  
언더필 소재 적용 공정<sup>[14]</sup>



출처: Daniel Lu·C. P. Wong, *Materials for advanced packaging*.

그림 13.

언더필 제작에 사용되는 대표적인 에폭시 수지의 구조[15]

- 국내 산업 중에서 세계를 선도하고 있는 분야로 널리 알려진 반도체 산업에서 칩의 내구성과 신뢰성을 좌우하는 첨단 패키징 기술이 미래 시장의 성공 여부를 판가름할 수 있는 매우 중요한 분야라는 것은 익히 알려진 사실이다. 이러한 이유로 각 부품단의 패키징 소재 요구 특성을 만족하기 위하여 특수 고분자소재들, 특히 열경화성 에폭시 소재에 대한 다양한 그레이드별 공급망이 확보되어야 한다. 하지만 국내 고분자 시장에서는 아직 기술적 수준과 다양성에서 해외 선도 기업 대비 열위에 있다. 따라서 국가 핵심 기술로서의 안정적 기술 확장을 위해서는 앞서 소개한 반도체 패키징 관련 고분자소재의 선행적 기술과 공급망 확보가 요구된다.

## 5 결론

- 화학소재 산업은 과잉공급과 산유국 및 거대 자본을 앞세운 후발국들의 추격에 고전하고 있다. 또 고기능성 소재의 경우 글로벌 화학선진국과의 기술격차를 좁히지 못하고 있는 실정으로, 새로운 성장 동력이 필요한 상황이다.
- 화학소재 산업은 글로벌 경쟁력을 확보한 수송기기 등 국내 수요 산업과 융합된 기술 개발을 통하여 새로운 돌파구를 찾을 수 있을 것으로 보인다. 미래자동차를 필두로 차량에 적용 가능한 디스플레이, 반도체 기술에 적용될 수 있는 고기능성 화학소재 개발을 통하여 새로운 신시장 창출과 새로운 밸류체인 구축이 가능할 것으로 본다.

- 기존 화학소재만을 위한 원천기술 개발 방식은 조기 사업화를 달성하기 매우 어려운 구조다. 때문에 수요산업의 니즈와 개발 방향성을 사전에 인지하여 미성숙기인 미래차 시장에서 다양한 기능성 화학소재 기술을 선점할 경우, 높은 부가가치와 수요산업의 안정적인 밸류체인 확보가 가능할 것이다.
- 이를 위해 수요 기업의 니즈를 정확하게 파악해야 한다. 또 상대적으로 신생기술인 차량용 통신, 디스플레이 및 반도체 분야에서 필요한 평가기술과 신뢰성 향상기술에 대한 연구와 인프라 구축 역량이 집중되어야 한다. 나아가 원천성이 뛰어나고 혁신적인 신소재 개발에 치중하는 것보다 상품성과 신뢰성이 확보된 화학소재를 수요기업과 연계하여 지속적으로 개선해 가는 방향의 연구개발이 필요할 것으로 판단된다.

## 출처 및 참고자료

1. 「동아사이언스」, 2021. 3. 24. [https://v.daum.net/v/20210324124012526?x\\_trkm=t](https://v.daum.net/v/20210324124012526?x_trkm=t)
2. 한국과학기술정보연구원, “전자차폐 및 전파흡수체 재료의 현황”; 출처: 대한전기학회 학술대회 2019, “전자파 차폐의 원리와 기술 동향”.
3. *Science*, “Electromagnetic interference shielding with 2D transition metal carbides(MXenes),” 353(6304), 1137 (2016).
4. SABIC's 소재 홍보 자료.
5. 머니투데이, 2022.04.06. [news.mt.co.kr/mtview.php?no=2022040516093790309](https://news.mt.co.kr/mtview.php?no=2022040516093790309)
6. 인포메이션 디스플레이, “액정기반 역파장분산 위상차필름”, 16(2), 4 (2015).
7. 한국과학기술정보연구원, “OLED 반사방지필름용 역파장 분산 quarter wave plate”(2016).
8. ShinEtsu Polymer Europe B.V., 2023.09.19. [www.shinetsu.info/product/view-control-film](http://www.shinetsu.info/product/view-control-film)
9. ITBizNews, 2023.09.10. [www.itbiznews.com/news/articleView.html?idxno=1139](http://www.itbiznews.com/news/articleView.html?idxno=1139)
10. 3M 전자재료 홍보자료, [www.3m.co.kr](http://www.3m.co.kr)
11. DNP 전자재료 홍보자료, [www.global.dnp.biz/solution/products/detail/10158741\\_4130.html](http://www.global.dnp.biz/solution/products/detail/10158741_4130.html)
12. *ICT Global Market Analysis*, 품목별 ICT 시장 동향, “자율주행차”.
13. Fortune Business Insight: Statista.
14. *Journal of Electronic Packaging*, “Underfill Flow in Flip-Chip Encapsulation Process: A Review”, Mar 2022, 144(1): 010803 (19pages).
15. Daniel Lu·C. P. Wong, *Materials for advanced packaging*, Springer, Chapter 9.
16. 산업통상자원 R&D 전략기획단 외, 『2019년 산업기술 R&D 투자 전략』, 2019. 8. 30.
17. 한국무역협회, 종합무역뉴스, “글로벌 차량용 디스플레이 시장”, 2023. 8. 3.
18. 모지환 기자, “플라스틱 산업이 겪고 있는 전 지구적 변화”, 플라스틱코리아, 동향과 전망, 2023. 7. 4.
19. 박상현, 「자율주행차 글로벌 산업 동향」, KDB미래전략연구소, 이슈분석, 2022. 8(제801호).