

## 3차원 정보 저장 및 처리를 위한 유기 고분자 재료

## Advanced Organic Polymers for holographic applications

김원선, 장형석, 성시준, 박정기\*,  
한국과학기술원 생명화학공학과  
pjk@mail.kaist.ac.kr

현재 전 세계적으로 정보 통신 분야에서는 혁신적인 변화와 발전이 진행되고 있다. 전자상거래의 상용화를 비롯하여, 인터넷 사용 인구의 폭발적인 증가와 더불어 정보의 양 또한 기하 급수적으로 증가하고 있다. 이에 따라, 기존에 사용되던 정보 저장, 전달/처리 및 표시 매체로는 현재의 정보 통신 수요를 만족시키기가 어렵기 때문에, 현재 출시되는 제품에 비해 몇 천배 이상의 성능 향상이 요구되고 있으며, 기하급수적으로 증가하고 있는 정보를 효과적으로 저장, 전달/처리 및 표시하기 위한 요소 기술 중의 하나로 신개념의 '초고속', '초고속' 정보 저장, 전달/처리 및 표시 매체의 개발이 전 세계적인 과제로 대두되고 있다. 이를 위해, 미국, 일본 등 선진국들은 이미 오래전부터 국가 주도형 대형 프로젝트를 통해 디지털 멀티미디어 시대를 이끌 정보 저장, 전달/처리 및 표시 매체의 개발을 활발하게 추진해 왔으며, 이러한 연구 개발 분야 중 향후 4-5년 이내에 상용화가 가능한 가장 강력한 후보 기술로 빛의 간섭을 이용한 3차원 정보 저장, 전달/처리 및 표시 기술을 지목하고 있다. 이러한 3차원 정보 저장, 전달/처리 및 표시 기술이 실용화되기 위해서 현재 가장 핵심적인 문제로 대두되고 있는 것이 정보 저장 및 처리를 위한 '소재(media)'의 개발이라 할 수 있으며, 현재 제안되어 큰 주목을 받고 있는 소재가 '광굴절 고분자'와 '광고분자'이다. 아래 그림에 3차원 정보 저장 및 처리용 소재의 넓은 응용 가능성을 나타내었다.

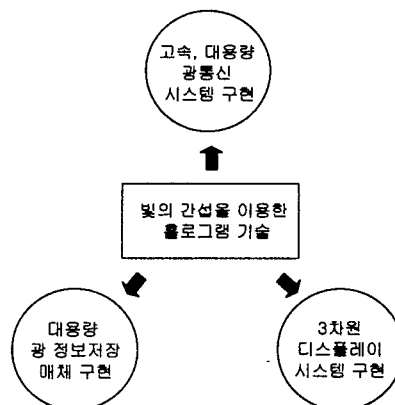


그림 1. 3차원 정보 저장 및 처리 기술의 응용 범위

광고분자(photopolymer)는 투명한 고분자 바인더와 단량체, 개시제 및 광민감제로 구성되며, 빛의 간섭에 의해 광중합 또는 광경화 반응을 통하여 재료내에 굴절을 차이가 유도됨으로써, 굴절을 격자(refractive index grating)가 형성되는 재료를 의미한다. 이리

한 광고분자는 고분자 바인더와 단량체의 선정에 따라 굴절을 차이 조절이 용이하여 굴절율 차이( $\Delta n=10^{-2}$ )가 크고, 회절 효율이 높으며( $\eta=100\%$ ), 저가로 공급될 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 현재 개발되고 있는 광고분자의 경우, 격자 기록 과정에서 중합 반응에 의한 수축 현상으로 인해 격자가 왜곡되는 점과 반응이 진행됨에 따라 일어나는 고분자간의 상분리로 인한 산란 손실이 크다는 문제점을 안고 있다. 이에 본 연구실에서는 광고분자의 구성 성분간 상분리로 인한 산란 손실을 근본적으로 제어하고, 중합 수축을 억제할 수 있는 새로운 개념의 광고분자를 도입하였다. 본 연구실의 새로운 개념을 도입한 광고분자는 고분자 바인더내에서 광중합에 의해 형성되는 고분자의 영역을 나노미터(nm) 수준( $\lambda/4$  이하)으로 낮춤으로써, 상분리에 의한 산란 손실 없이, 두 고분자(고분자 바인더와 광중합되는 고분자)간의 굴절율 차이를 극대화할 수 있었고, 중합 반응이 일어나는 나노미터 크기의 영역을 견고하게 설계함으로써 중합 수축 또한 억제가능한 결과를 얻을 수 있었다. 아래 그림2에 본 연구에서 도입된 새로운 광고분자의 개념도를 나타내었다.

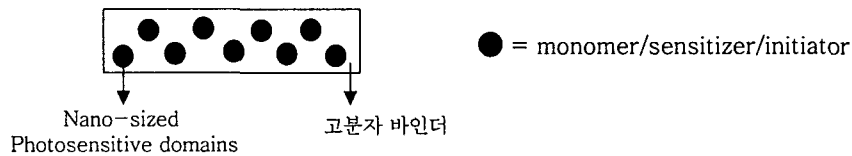


그림2. 나노 크기의 광민감 영역을 갖는 새로운 광고분자의 개념도

3차원 정보 저장 및 처리에 응용될 수 있는 또 한 가지의 소재로서, 광굴절 고분자는 광전도성과 전기광학효과에 의해 재료내의 굴절율이 주기적으로 변화되며, 기록된 정보의 소거 및 수정이 가능한 재료로 미래형 정보 저장 매체로 기대를 모으고 있는 재료이다. 기존의 광굴절 고분자 재료의 경우, 기록 속도의 향상은 광전도성 고분자의 유리 전이 온도를 낮추어 유연성을 증가시키는 방법으로 주로 연구되어 왔고, 기록 안정성의 향상은 트랩의 도입이나 높은 유리 전이 온도를 갖는 고분자를 도입하는 방법에 의해 이루어져 왔다. 기록 안정성의 향상을 위해 트랩을 인위적으로 도입하는 경우, 전하 이동 속도가 저하되어 기록 속도가 떨어지는 문제가 있고, 두 특성을 만족시키기 위해 요구되는 고분자의 유리 전이 온도가 서로 상반되기 때문에, 기존의 접근 방식으로는 두 가지 특성을 모두 만족하는 재료의 개발이 불가능하였다. 이에 본 연구실에서는 이 두 가지 요구 특성을 모두 만족시키기 위해 광굴절성을 갖는 상(phase)과 트랩을 분리함으로써, 빠른 기록 속도는 광굴절성을 나타내는 상에서, 기록 안정성의 향상은 외부의 트랩에 의해 유지되는 새로운 개념의 광굴절 고분자 재료를 제안하였다. 이를 위해, 광굴절 고분자를 나노 입자 형태로 제조하여 트랩 기능을 갖는 고분자 매트릭스에 분산시킴으로써, 두 가지 상을 분리시키고자 하였다. 제안된 새로운 개념의 시스템을 도식적으로 나타내면 그림 3과 같다.

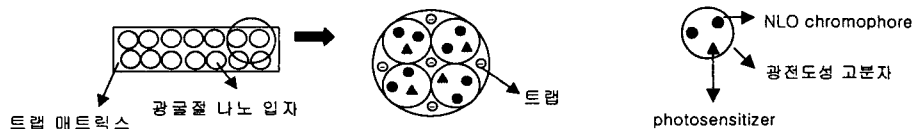


그림 3. 광굴절 나노 입자를 이용한 새로운 개념의 광굴절 고분자

본 논문에서는 앞서 언급한 새로운 개념의 광고분자 및 광굴절 고분자의 제조 및 향상된 광학 특성에 대해 논의할 것이다.