

## 산학연 연구실 소개

# 포항공과대학교 지능형 블록공중합체 자기조립연구단 (Center for Smart Block Copolymer, POSTECH)

주소: 경상북도 포항시 남구 청암로 77 포항공과대학교 RIST 3307호 (우 37673)

전화: 054-279-8270, FAX 054-279-8298, E-mail: jkkim@postech.ac.kr, 홈페이지: <http://bcp.postech.ac.kr>

연구책임자 | **김진곤** 교수  
포항공과대학교  
화학공학과

## 1. 연구실 소개

4차 산업혁명에 따라 인공지능에 필요한 고도의 정보 처리능력, 빅데이터와 클라우드 서비스를 위한 막대한 양의 정보 저장 기술, 친환경 에너지의 중요성이 증대되고 있다. 현재는 top-down 방식의 리소그래피 장비를 통해 이러한 문제를 해결하고 있으나, 고비용의 장비를 필요로 한다. 그 대안으로써 저렴하게 수 나노미터 수준의 고집적 패턴 형성이 가능한 bottom-up 방식의 블록공중합체 자기조립이 주목을 받고 있다. 본 연구단은 2004년 창의적 연구진흥사업인 블록공중합체 자기조립 연구단으로 출발하여 18년 동안 연구 목표를 성공적으로 달성하였고, 2022년부터 향후 3년간 후속 창의 연구단에 선정되어 블록공중합체의 고차원적 구조 설계를 통한 하이브리드 나노 소재 개발을 목표로 연구를 지속하고 있다.

본 연구단은 세계적으로 유일하게 압력가소성 블록공중합체에 관한 기술을 확보하고 있으며, sub-5 nm 수준의 초미세 패턴을 제작한 바 있다. 또한 빛 자극에 의해 한 기관 내에 두 가지 형태의 나노 패턴과, 부피비에 제한을 받지 않는 다양한 나노 구조를 구현하였으며 이것을 토대로 메타광학 소재, 물 분해 소자, 고효율 슈퍼 커패시터 개발의 연구를 수행하였다. 후속 창의 연구에서는 역전된 실린더나 구형의 나노 구조를 구현하고 이것을 금속이나 금속화합물에 적용하여 차세대 하이브리드 나노 소재를 개발하고자 한다.

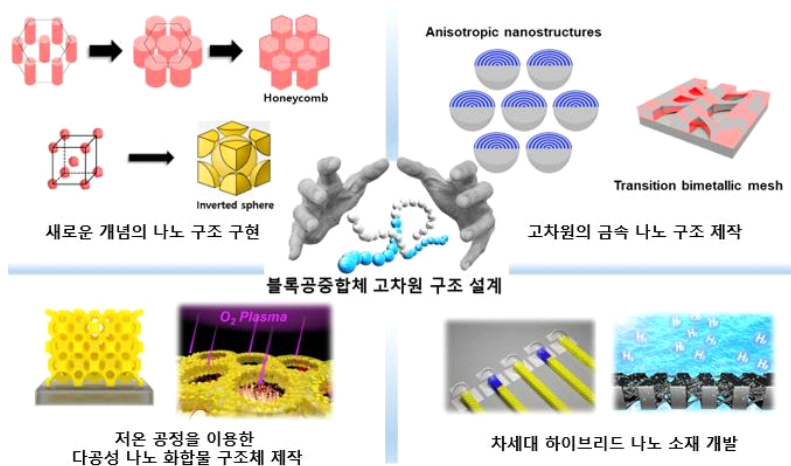


그림 1. 블록공중합체의 고차원적 구조 설계를 통한 차세대 하이브리드 나노소재 개발.

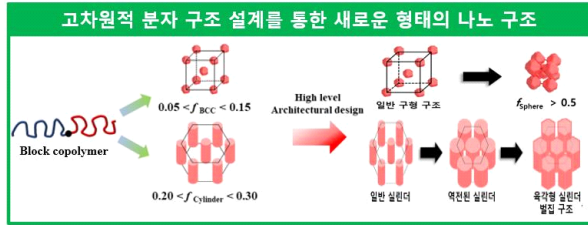


그림 2. 고차원적 분자 구조 설계를 통한 새로운 개념의 나노 구조 구현.

## 2. 연구내용

### 2.1 새로운 개념의 나노 구조 구현

블록공중합체의 자기조립은 두 블록 사이의 부피 비율에 의해 특정 형태의 나노 구조가 결정된다. 따라서 기존 실린더나 구 나노 구조의 경우 부피비가 작은 성분이 실린더나 구로 형성되고 부피비가 큰 성분이 매트릭스로 되기 때문에 고집적 메모리 소자 개발에 한계가 있었다. 이를 극복하기 위해 부피비가 큰 성분이 실린더나 구로 역전된 형태의 나노 패턴을 제작하고자 한다.

이것을 위해 고차원의 블록공중합체 구조설계와 블록공중합체의 블렌딩을 이용하여 기존의 부피비를 초월한 구형 나노 구조와 역전된 실린더를 넘어선 벌집모양의 나노 구조를 형성 하려고 한다. 구형의 부피 비율이 극대화된 나노 구조나, 벌집 모양의 나노 구조를 얻게 되면 기존의 블록공중합체와는 다른 기계적 물성, 광학적 특성을 관찰할 수 있을 것이다. 이는 고집적이 필요한 차세대 리소그래피, 광학 분야에 응용될 수 있을 것으로 기대한다.

### 2.2 고차원의 금속 나노 구조 제작

블록공중합체를 대칭적인 공간에 가두거나 표면의 친화도를 조절하면 동심원, 적층 라멜라와 같은 등방성의 나노 구조가 나타난다. 하지만 반구 형태 공간의 한쪽 벽면에 금속을 증착 시킨 비대칭 공간 안에 가두게 되면, 비등방성의 나노 구조를 얻을 수 있을 것으로 기대한다. 이 비등방성의 구조에 선택적으로 금속을 증착한다면 새로운 플라즈모닉스 특성과 더불어 메타 물질에 응용할 수 있다.

또한 본 연구단에서는 금속과 결합이 가능하지만 결합 정도의 차이가 있는 Poly(2-vinyl pyridine) (P2VP)나 Poly(4-vinyl pyridine) (P4VP)로 구성된 블록공중합체를 이용하여 넓은 표면적을 갖는 메시 형태의 귀금속 나노 다공성 구조를 제작한 바 있다. 이것을 토대로 pH를 조절해 P2VP나 P4VP의 양성자화 정도를 증가시킨다면 다양한 전이금속과의 결합을 유도할 수 있다. 이 방법을 이용하면 기존의 귀금속 기반 소자가 아닌 비교적 값싸고 넓은 표면적을 갖는 전이 금속 구조체를 제작할 수 있고 이를 고효율의 친환경 소자로

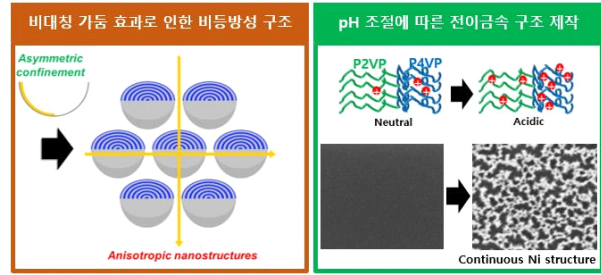


그림 3. 고차원의 금속 나노 구조 제작.

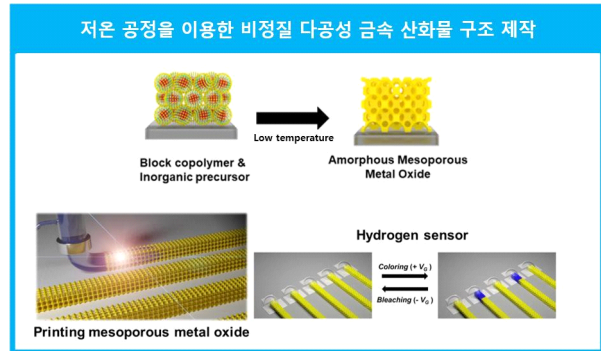


그림 4. 저온 공정을 이용한 다공성 나노 화합물 구조 제작.

응용할 수 있을 것이다.

### 2.3 다공성 나노 화합물 구조체 제작

본 연구단에서는 양친매성 블록공중합체와 금속산화물의 자기조립 특성을 이용하여 고성능 다공성 텅스텐 슈퍼 커패시터를 개발한 바 있다. 하지만 산화물 형성 후 블록공중합체 제거를 위해 고온 공정이 필요하고, 이 때문에 전이금속의 결정화가 유도되어 금속 산화물의 다공성 구조가 무너지는 문제가 있었다. 본 연구에서는 저온 공정을 접목해 전이금속의 결정화를 억제하면서 블록공중합체를 제거할 수 있는 방법을 연구하고 있다. 저온 공정을 이용하게 된다면 플렉서블 기판에도 구현이 가능하며 이를 Metal-Insulator transition과 접목하여 고밀도 에너지 저장 장치나, 감도가 획기적으로 개선된 기체 센서에 응용될 것으로 기대한다.

## 3. 지능형 블록공중합체 자기조립 연구단 현황

포항공과대학교 지능형 블록공중합체 자기조립 연구단은 김진곤 교수의 지도하에 석·박사 통합과정 9명, 박사과정 1명, 석사과정 1명으로 구성되어 있으며 2022년 현재까지 박사 36명, 석사 30명을 배출하였다. 블록공중합체를 비롯하여 다양한 나노 및 재료 분야에 283여 편의 SCI 논문과 28건의 국내외 특허를 등록하였다.