

산학연 연구실 소개

기초과학연구원 나노물질 및 화학반응 연구단, 한국과학기술원 신소재공학과 연성나노소재 연구실 (Institute for Basic Science(IBS), Center for Nanomaterials and Chemical Reactions, KAIST, Dept. Materials Science & Engineering, Soft Nanomaterials Lab.)

대전 유성구 대학로 291 한국과학기술원 응용공학동

전 화 : 042) 350-3339 FAX: 042) 350-3310

E-mail : sangouk@kaist.ac.kr, Homepage : http://snml.kaist.ac.kr



연구책임자 | 김상욱 교수
한국과학기술원

1. 연구실 소개

본 연구실에서는 기존의 기술 한계를 극복하고 독특한 나노물질 특성을 활용한 다양한 연성나노소재 기술의 핵심 원천 기술을 연구, 개발하고 있다. 고분자 및 블록 공중합체 나노패터닝 분야, 탄소나노물질 분야, 전기화학 분야, 차세대 에너지 소자분야 등 서로 다른 연구 분야의 융합을 통해 신연구분야/신산업 창출을 도모하고, 국내외의 공동연구와 산·학·연 협력을 통해 세계 최고 수준의 연구를 진행하고 있으며, 나아가 우리나라의 과학 발전에 보탬이 될 수 있는 도전적, 창의적인 연구 리더 양성에 최선의 노력을 기울이고 있다.

블록 공중합체의 자가조립을 이용한 나노패턴 분야의 핵심기술과 그래핀, 탄소나노튜브의 합성 및 도핑, 3차원 분자조립에 대한 원천 기술을 보유하고 있으며, 최근에는 이 두 분야의 기술을 융합한 복합재료 개발에 대한 연구를 선도하고 있다. 또한 탄소나노물질-전도성고분자 복합소재를 이용한 고효율 유기태양전지와 2차전지, 슈퍼커패시터 등의 에너지 저장소자 등의 “소자”에 대한 연구도 활발하게 진행하고 있으며, 이를 위한 다양한 인프라를 구축하고 있다.

2012년 7월부터, 국제 과학비즈니스벨트 정책에 따라 대한민국 기초과학 도약을 위해 설립된 기초과학연구원(Institute for Basic Science, IBS)의 ‘나노물질 및 화학반응’ 연구단(연구단장 유 룡)

에 소속되어 연구를 수행하고

있다. 본 연구실이 보유한 탄소나노튜브, 그래핀 등과 같은 흑연계 탄소나노물질의 분자조립기술과 연구단 내 타 연구실이 보유한 화학반응 제어 및 메커니즘 연구, 표면화학반응 연구, 나노구조 특성화 관련 연구와의 융합을 통해 새롭고 창의적인 기초과학연구 수행을 위한 최선의 노력을 다하고 있다.

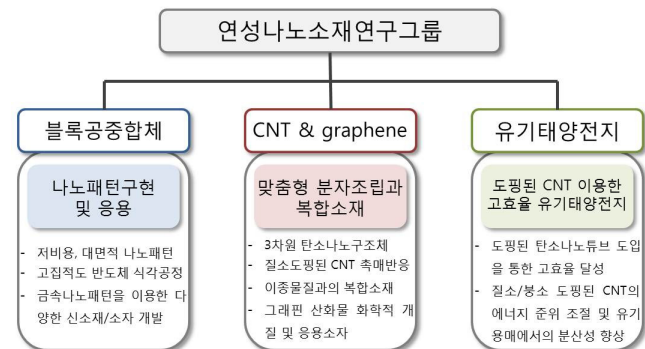


그림 1. 한국과학기술원 신소재공학과 연성나노소재연구실 주요 연구분야.

2. 대표적 연구성과

블록 공중합체 대면적 패턴에 관한 김상욱 교수의 논문을 기반으로 블록 공중합체를 이용한 나노패턴 연구 분야에서 괄목할만한 성과를 이루었다.^{1,2} 또한 1차원 탄소나노물질인 탄소나노튜브와 2차원 탄소나노물질인 그래핀을 분자 조립하여 3차원 탄소나노구조체를 세계 최초로 구현하였고,^{3,4} 질소도핑된 탄소나노튜브를 이용한 산소환원반응과 생광물화 반응을 보고한 바가 있다.^{5,6} 고농도로 분산된 그래핀 옥사이드의 액정성과 도핑된 탄소나노튜브를 이용한 고효율 유기태양전지에 대한 연구 결과도 국내외적으로 큰 관심을 받고 있다.^{7,8}

3. 연구그룹 중점 연구분야

3.1 블록 공중합체 나노리소그래피

기존에 반도체 공정에 쓰이고 있는 광식각기술의 패턴 미세화 한계를 본질적으로 극복할 수 있는 분자조립원리에 기반한 초미세 나노패턴 연구를 하고 있다. 전세계적으로 이 분야를 선도하는 연구그룹으로서 일련의 새로운 나노패턴 기술들을 개발하여, 다수의 우수 논문들을 발표하였다. 최근에는 타 기술분야와의 융합을 통해 그래핀이나 플렉서블 플라스틱 기판 등에 적용 가능한 새로운 나노패턴 기술들을 발표하기도 하였다. 또한 이 기술을 반도체나 디스플레이 소자에 적용하기 위한 원천기술들을 개발하여 국제적으로 그 가치를 인정받고 있다.

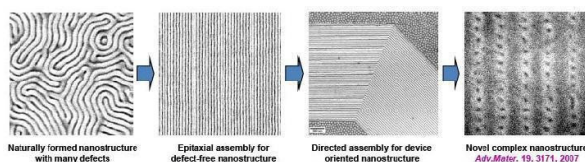


그림 2. 블록 공중합체를 이용한 대면적 나노패턴.

3.2 다양한 구조의 탄소나노구조체 구현

탄소나노튜브, 그래핀 등의 흑연성 탄소나노물질은 우수한 물성에도 불구하고 구조 제어가 용이하지 않아 그 응용분야가 제한되고 있다. 본 연구실에서는 1차원 구조인 탄소나노튜브와 2차원 구조인 그래핀의 분자 조립 기술 통하여 3차원 탄소나노소재를 세계 최초로 개발하는데 성공하였다. 또한 그래핀 산화물의 화학적 기능화를 통해 유기 용매 내에서 분산도를 획기적으로 높여 다공성 그래핀 막 제조 기술을 개발하였다. 이와 같은 연구 결과를 통하여 '맞춤형 탄소나노구조체' 구현에 대한 원천기술을 확보하였고, 관련 연구분야의 초석을 다질 수 있었다.

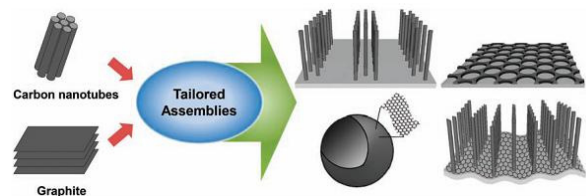


그림 3. 맞춤형 분자조립기술을 이용한 3차원 탄소나노구조체.

3.3 질소도핑된 탄소나노튜브 합성 및 복합소재

본 연구실에서는 화학적으로 도핑된 탄소나노튜브와 그래핀의 전기화학적 특성 분석 및 복합소재 개발에 대한 연구를 진행하고 있다. 철을 촉매로 합성된 질소도핑 탄소나노튜브가 새로운 금속-질소 complex를 형성하여 매우 우수한 산소환원반응 촉매 특성을 보인다는 것을 이론적/실험적으로 규명하였다. 또한 도핑된 질소의 전하와 이종원소 이온 사이의 정전기적 상호작용을 이용한 탄소나노복합소재 원천기술을 확보하고 있다. 최근에는 질소도핑된 탄소나노튜브를 이용하여 촉매 반응 및 에너지 저장소재를 위한 다양한 복합소재 개발에 대한 연구가 진행 중이다.

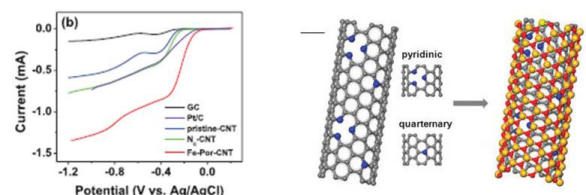


그림 4. 질소도핑된 CNT의 산소환원반응(좌), 이종물질과 질소도핑된 CNT의 복합소재(우).

3.4 그래핀 산화물 합성 및 응용

천연 흑연의 화학적 박리를 통해 값싸게 얻을 수 있는 그래핀 산화물(graphene oxide)은 대량 생산이 가능한 그래핀 유도체로서 최근 그 산업적 응용에 많은 관심이 모아지고 있다. 본 연구실에서는 그래핀 산화물 연구를 세계적으로 주도하는 새로운 기술들을 발표해오고 있다. 그래핀 산화물의 액정상 형성을 세계최초로 보고하였고, 300 Ω/□ 전도도와 80% 투과율을 가지는 우수한 플렉서블 투명전도막 개발, 그래핀 유도체를 이용한 생체소재 나노패턴기술 개발등 다양한 시각의 그래핀 산화물에 대한 연구들을 수행하여 핵심/원천 기술을 확보하고 있다.

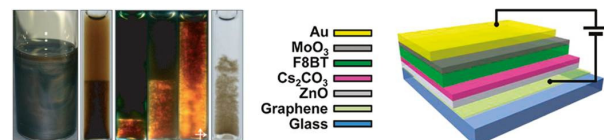


그림 5. 그래핀 산화물의 액정형성(좌), 환원된 그래핀 산화물 투명전극을 적용한 고효율 발광소자(우).

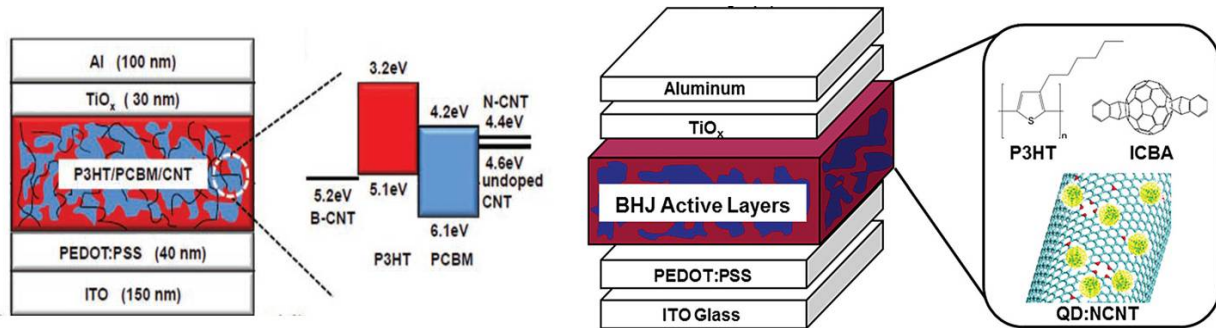


그림 6. 질소/붕소 도핑된 탄소나노튜브를 활용한 고효율 유기태양전지(좌), 양자점-질소도핑된 CNT 복합소재를 활용한 고효율 유기태양전지(우).

3.5 유기태양전지

본 연구실에서는 2010년부터 탄소나노물질 복합소재를 활용한 용액 공정 기반의 고효율 유기태양전지를 연구하고 있다. 기존 유기태양전지는 전도성 고분자 물질 자체의 전도성의 한계에 부딪혀 고효율 달성에 어려움을 겪고 있었다. 본 연구실에서는 질소 도핑된 탄소나노튜브와 붕소 도핑된 탄소나노튜브의 유기 용매 분산성을 획기적으로 향상시키는 기술을 확보하고, 도핑된 탄소나노튜브를 유기태양전지의 광활성층에 도입하여 최근 8.6% 이상의 에너지변환효율을 갖는 유기태양전지를 개발하는데 성공하였다. 이종원소 도핑을 통한 탄소나노튜브의 일함수 조절과 탄소나노튜브가 갖는 높은 전하이동도로 인해 단락 전류값을 향상시킴으로 고효율을 달성하였고, 국내외 공동연구를 통해 나노기술을 활용한 유기태양전지 분야를 선도하고 있다.

4. 연성나노소재 연구그룹 연구원 소개



그림 7. 연성나노소재연구실 구성원.

본 연구실에서는 김상욱 교수와 post-doc. 3명, 박사과정 15명, 석사과정 5명의 구성원들이 세계 일류 연구를 위해 정진하고 있다.

참고문헌

1. S. O. Kim, H. H. Solak, M. P. Stoykovich, N. J. Ferrier, and J. J. de Pablo, P. F. Nealey, *Nature*, **424**, 411 (2003).
2. S.-J. Jeong, J. E. Kim, H.-S. Moon, B. H. Kim, S. M. Kim, J.-B. Kim, and S. O. Kim, *Nano Lett.*, **9**, 2300 (2009).
3. D. H. Lee, J. E. Kim, T. H. Han, J. W. Hwang, S. W. Jeon, S.-Y. Choi, S. H. Hong, W. J. Lee, R. S. Ruoff, and S. O. Kim, *Adv. Mater.*, **22**, 2060 (2010).
4. S. H. Lee, D. H. Lee, W. J. Lee, and S. O. Kim, *Adv. Funct. Mater.*, **21**, 3242 (2010).
5. D. H. Lee, W. J. Lee, W. J. Lee, S. O. Kim, and Y.-H. Kim, *Phys. Rev. Lett.*, **106**, 175502 (2011).
6. W. J. Lee, D. H. Lee, T. H. Han, S. H. Lee, H. -S. Moon, J. A. Lee, and S. O. Kim, *Chem. Comm.*, **47**, 535 (2011).
7. J. E. Kim, T. H. Han, S. H. Lee, J. Y. Kim, C. W. Ahn, J. M. Yun, and S. O. Kim, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **50**, 5856 (2011).
8. J. M. Lee, J. S. Park, S. H. Lee, H. Kim, S. Yoo, and S. O. Kim, *Adv. Mater.*, **23**, 629 (2011).