

자기조립 현상을 이용한 나노복합재료 개발

최근 10 여년간 분자들의 자기조립 현상에 대한 기초연구 및 이를 이용한 나노복합재료의 개발이 활발히 진행 중에 있다. 즉 유기/무기분자 및 거대분자들이 다양한 기질 위에서 분자들 간의 상호작용과 분자들과 기질 사이의 상호작용을 통하여 잘 배열된 분자 자기조립체 (molecular self-assemblies)를 형성하게 되며, 또한 구성분자들의 성질을 자유롭게 조절하여 다양한 기능적인 특성을 부여할 수 있다는 점에서 큰 장점을 갖고 있기 때문이다. 또한 이들 분자들의 구조를 특수한 목적에 맞도록 설계함으로써 나노영역에서의 표면특성을 제어하거나 특정 패턴을 형성시킬 수도 있다. 고분자계를 활용한 자기조립 박막의 제조는 루이스파스테르 대학교의 Decher 교수에 의해 고안된 방법으로써 전하를 띠는 기관위에 양이온 고분자와 음이온 고분자를 교대로 흡착시키는 방식 (layer-by-layer deposition, LbLD)으로 고분자 다층박막을 형성시킬 수 있다 (*Science*, **277**, 1232 (1997)). 이러한 박막 제조 기술은 고분자 박막의 두께와 특성을 분자 수준에서 쉽게 제어할 수 있고, 박막에 다양한 기능성을 쉽게 도입시킬 수 있으므로 여러 응용 분야, 즉 바이오센서, 광학센서, 비선형광학, 바이오인터페이스, 전도성코팅, 유기EL 등에 활용될 수 있으므로 이에 대한 연구가 폭 넓게 진행되고 있다.

한편 LbLD 기술은 일반적으로 평탄한 기관을 사용하여 기능성 고분자 박막을 제조하는데 사용되어지고 있으나, 최근 탄소나노튜브의 특성을 개질화시키기 위해 정전기적 자기조립 방법이 시도되어지고 있다. 탄소나노튜브는 기계적, 전기적, 열적, 화학적 성질들이 우수하므로 이러한 장점들을 활용하기 위하여 고분자 복합체에 적용하기 위한 연구들이 지속적으로 활발히 연구되고 있다 (*Nano. Lett.*, **3**, 1353 (2003); **4**, 459 (2004); *Angew. Chem. Int. Ed.*, **43**, 1334 (2004)). 탄소나노튜브의 성질은 튜브의 표면에 흡착되는 물질에 매우 민감하므로 (*Science* **287**, 622 (2000)), 고분자를 활용한 나노튜브의 특성을 변형시키고 활용하는 연구는 실제 소자로서의 응용을 위해 매우 중요하다고 볼 수 있다. 이러한 관점에서 본 토픽에서는 정전기적 자기조립 방법을 사용하여 고분자를 탄소나노튜브에 흡착시키는 새로운 연구를 소개하고자 한다. Pyrene기는 탄소나노튜브의 구조적 성

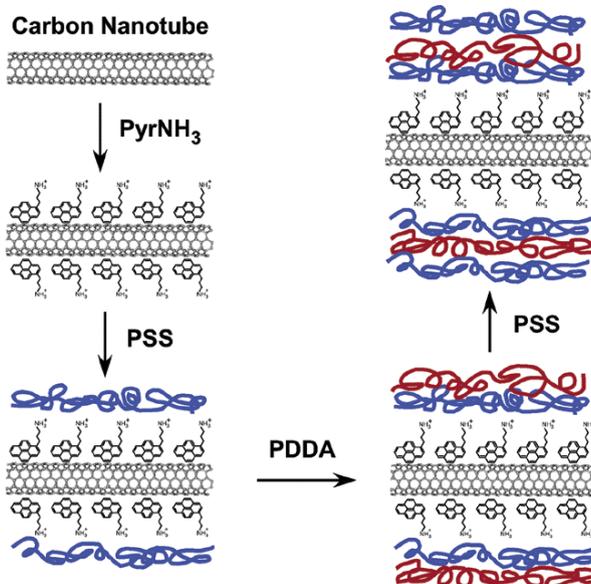


그림 1. 정전기적 자기조립 방법을 사용한 탄소나노튜브의 표면 개질화 반응 (*Langmuir*, **20**, 1442 (2004)).

질을 변화시키지 않고 선택적으로 나노튜브의 표면에 흡착하는 장점을 가지고 있다 (*Chem. Commun.*, 190, 2003). 그래서 **그림 1**에서 보는 바와 같이 탄소나노튜브에 먼저 양전하를 띤 1-pyrenepropylamine hydrochloride (PyrNH₃)를 흡착시킨 후 음이온 고분자인 polystyrene sulfonate (PSS)와 양이온 고분자인 poly(diallyldimethylammonium chloride) (PDDA)을 교대로 흡착하여 다층박막을 형성시킬 수 있다 (*Langmuir*, **20**, 1442 (2004)). 한편 선행 연구로서 탄소나노튜브에 산화기를 도입시킨 후 PDDA와 탄소나노튜브를 교대로 흡착시켜 다층박막을 제조하는 방법도 보고되었다 (*Nano. Lett.*, **3**, 62 (2003)). 또한, LbLD 기술을 활용하면 고분자나 고분자 복합재료 나노튜브의 제조도 가능하다 (*Nano. Lett.*, **1**, 727 (2001)). 즉 니켈 나노막대 (*Adv. Mater.*, **12**, 582 (2000))를 템플레이트로 하여 이 위에 PDDA와 PSS를 사용하여 다층박막을 만든 후 HCl 용액을 사용하여 니켈나노 막대를 제거시킬 수 있기 때문이다.

고분자의 자기조립 현상을 이용한 LbLD 기술은 고분자 복합재료 나노튜브를 제조하는데 이용될 수도 있으며, 또한 쉽게 개개의 탄소나노튜브에 다양한 기능성을 부여할 수 있다는 점에서 탄소나노튜브를 활용한 다양한 나노소자의 개발에 큰 도움을 줄 수 있으리라고 생각된다. 그러므로 고분자를 활용한 좀더 복잡한 복합소재의 개발을 위한 새로운 장을 열었다고 보며, 앞으로도 더 많은 관심을 끌 것으로 기대된다.

<한양대학교 화학과 노재근, e-mail: jgnoh@hanyang.ac.kr>