

산학연 연구실 소개 (2)

한양대학교 나노복합박막 연구실 (Nano Hybrid Thin Film Lab)

서울시 성동구 행당동17 한양대학교 자연과학대학 화학과

전화 : 02) 2220-2555, 4314, Fax : 02) 2299-0762

E-mail: smm@hanyang.ac.kr, Homepage: <http://ntfl.hanyang.ac.kr>

연구책임자 | 성명모 교수
한양대학교 화학과

1. 연구실 소개

본 연구실은 나노소재 및 나노구조 개발의 기술 한계를 극복하고 발전을 위해 크게 두 가지 분야의 연구를 팀별로 나누어 진행하고 있다. 첫째는 새로운 개념의 나노박막 제조 기술인 분자층성장 (molecular layer deposition, MLD)-원자층성장(atomic layer deposition, ALD) 기술을 개발하여 기상에서 단분자층 및 단원자층 수준에서 조절하며 완벽하게 화학결합으로 연결된 고품질의 유기-무기 나노복합초격자 박막을 제조하고 이를 IT, BT, ET 분야에 적용시키는 연구를 하고 있다. 저온에서 고품질의 무기 나노박막을 제조하는 ALD 기술과 기상에서 분자 자기조립을 이용한 고품질의 유기분자박막을 제조하는 MLD기술을 융합한 MLD-ALD 기술은 고품질의 유기-무기 나노복합박막의 제조와 기능기 조절로 단위 구조체의 표면 개질에 적용이 가능한 이상적인 복합 박막 제조 방법이다. 둘째는 새로운 개념의 프린팅 기술인 나노전사 직접프린팅을 개발하여 단일공정으로 분자용액에서 위치가 제어된 나노선 정렬을 제조하고 적층형 나노전자소자를 제작하여 나노일렉트로닉스(nano-electronics)와 나노광학(nano-photonics)등의 응용분야 적용하고 있다. 직접프린팅 기술을 이용한 나노단위의 단위 구조체의 제작과 구조체들간의 접합을 통한 2층 이상의 적층형 구조체의 제작 기술은 나노소재 및 나노아키텍처링 기술을 기반으로 하는 초저가, 고효율의 다차원 구조체를 제작하는 차세대 리소그래피 기술이다.

본 연구실이 보유한 MLD-ALD를 이용한 고품질의 유기-무기 나노복합박막의 제조 기술과 나노전

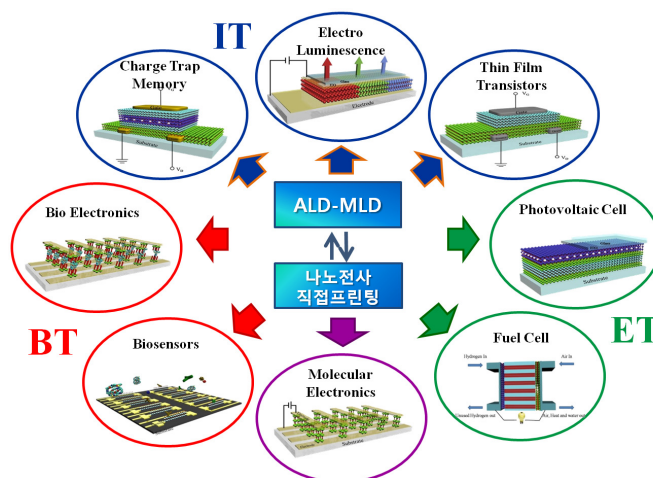


그림 1. 한양대학교 화학과 나노복합박막연구실 주요 연구개요.

사 직접프린팅 기술은 나노소재 및 나노구조 개발을 위한 세계 최고 수준의 원천 기술이라고 자부하고 있으며 다양한 연구 분야와의 융합을 위하여 국내외의 공동연구와 산학연 협력을 통해 도전적이며 창의적인 연구를 진행하고 있다.

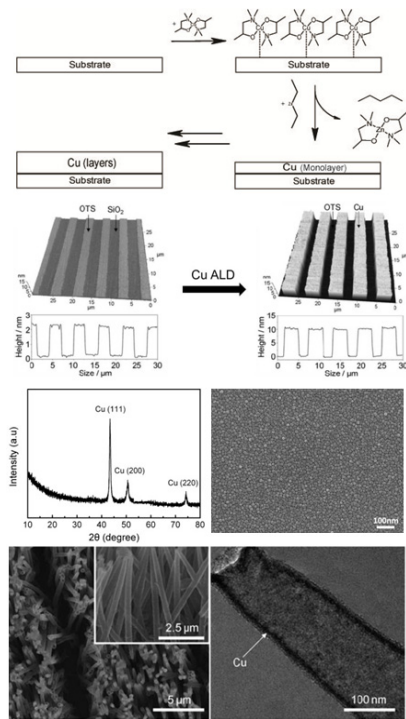


그림 2. ALD 기술을 이용한 금속 박막의 제조

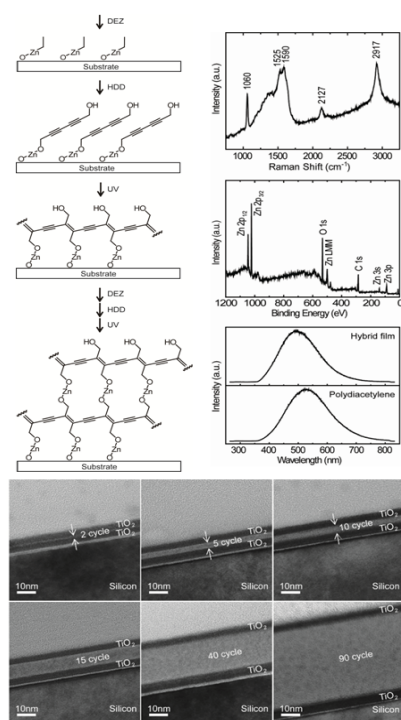


그림 3. MLD 기술을 이용한 유기 박막의 제조

2. 주요 연구내용

2.1 유기-무기 나노복합초격자 박막의 제조 및 응용 연구

본 연구실에서는 기상자기조립 기술을 이용하여 단분자층 수준에서 조절하며 유기분자막을 제조하는 MLD 기술과 다양한 종류의 무기 및 금속 박막을 단원자층 수준에서 조절하며 제조하는 ALD 기술을 융합한 MLD-ALD 기술을 개발하여 새로운 성질의 유기-무기 나노복합초격자 박막을 제조하고 있다.

MLD-ALD 기술을 이용하여 제조한 유기-무기 나노복합초격자 박막은 유기층, 무기층, 금속층이 단순히 물리적인 결합으로 연결되어 있는 단순 복합박막이 아닌 화학결합으로 연결되어 있는 초격자 박막으로 유기-무기 성분의 상승효과를 통해 유기 박막의 장점인 유연함과 함께 매우 다양한 기능을 가지고 있으며 동시에 무기 및 금속 박막의 장점인 안정성과 함께 다양한 전기 및 광학적 성질을 가지고 있는 새로운 개념의 나노신소재 박막이다.

유기-무기 나노복합초격자 박막은 재료의 특성에 필요한 기능성을 가지는 동시에 기능기의 위치, 화학적 조성 및 구조가 원자 또는 분자수준에서 완벽하게 제어되며 만들어져 가장 이상적인 박막 재료이며 특히 각 성분 층의 두께가 물질의 특성을 결정하는 특성길이(characteristic length)보다 작아 각각의 성분이 가지고 있는 장점을 단순히 결합시킨 것이 아닌 아주 특이한 성질을 나타낼 수 있어 완전히 새로운 성질의 나노신소재 박막이다.

유기-무기 나노복합초격자 박막은 다양한 성분의 유기 및 무

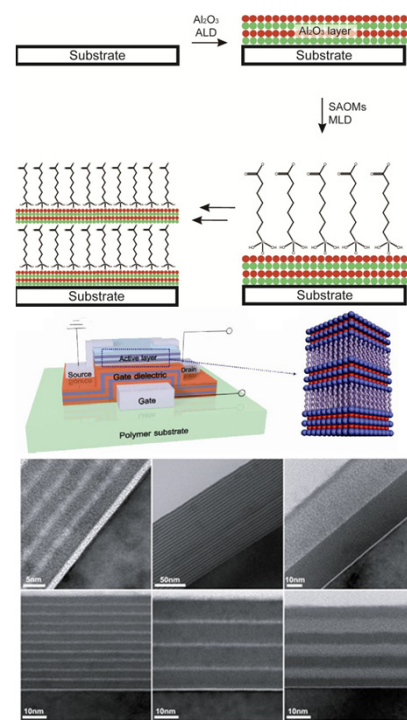


그림 4. MLD-ALD 기술을 이용한 유무기 초격자 박막의 제조

기 소재가 나노수준에서 화학결합을 통해 여러 가지 조성 및 비율로 연결된 초격자 구조를 가지고 있어 박막 물질의 성질을 자

유자재로 조절하는 것이 가능하여 전자, 정보통신 바이오, 에너지, 환경 등 여러 분야에 응용이 가능하다.

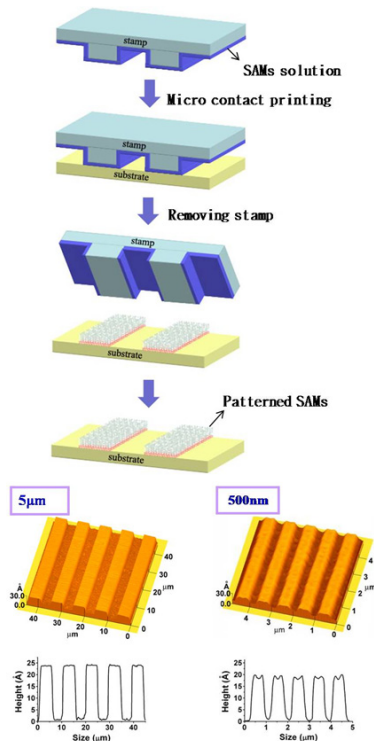


그림 5. 미세접촉인쇄 기술의 모식도와 이를 이용한 마이크로/나노 패턴의 제조

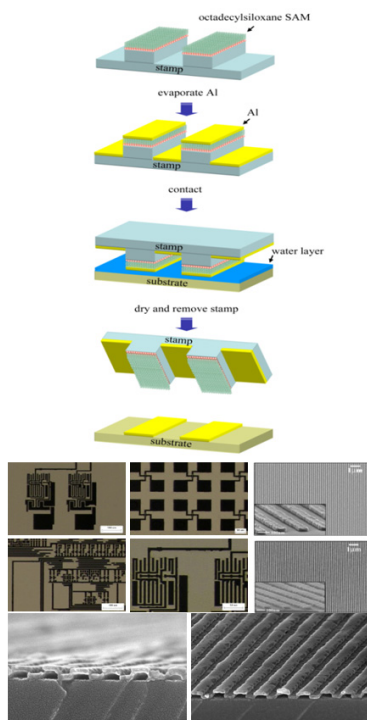


그림 6. 나노전사인쇄 기술의 모식도와 이를 이용한 마이크로/나노 패턴의 제조

2.2 나노전사 직접프린팅을 이용한 나노선 정렬의 제조 및 응용 연구

현재 반도체 기술의 핵심인 포토리소그래피 공정은 높은 제조 가격, 300 nm 이상 대면적 공정적용의 한계, 소형 선평 제작으로 인한 장비투자의 과다한 증가 등의 문제뿐만 아니라, 소자의 물리적 한계, 새로운 개념의 집적 공정상의 어려움 등의 보다 근본적인 문제로 인해 새로운 전환이 요구되고 있다. 직접 프린팅 기술은 대면적, 초저가, 고성능의 전자소자를 제작하는 차세대 리소그래피 기술로 유비쿼터스 시대를 구현하는 핵심 기반 기술이다. 직접 프린팅 기술로는 flexo, gravure, ink-jet, 마이크로 전사 몰딩(micro transfer molding), 임프린트(imprint), 모세관내 나노몰딩(nanomolding in capillaries) 등 다양한 프린팅 방식이 연구되고 있으며 저가 및 대량생산화를 추구하고 있다.

본 연구실에서는 기능성 잉크를 사용하여 패턴 구조물, 전자 부품 및 전자 회로를 상온상압의 대기 환경에서 직접 프린팅 방법을 통해 제조하는 연구를 하고 있다. 특히 최근에 기존의 직접 프린팅 방법이 가지는 단점을 극복한 새로운 방법의 나노직접 프린팅 기술을 연구 개발하고 있다.

본 연구실에서는 최근에 새로운 개념의 나노전사 직접프린

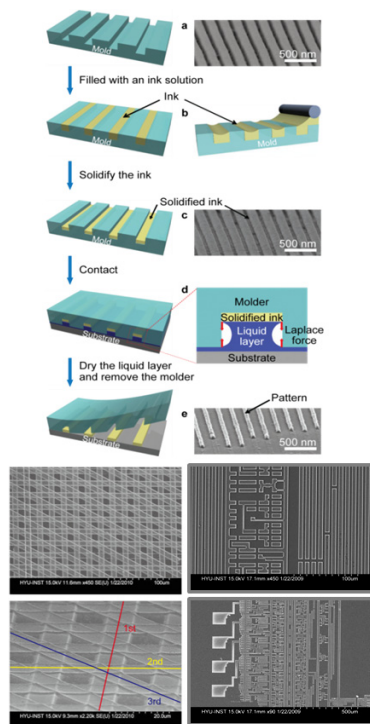


그림 7. 나노전사몰딩 기술의 모식도와 이를 이용한 마이크로/나노 패턴의 제조

팅 기술을 개발하여 무기, 금속, 유기 등 다양한 소재의 나노구조물을 직접 프린팅하여 성공적으로 제조하였다. 특히 본 직접 프린팅 기술은 단일공정으로 분자용액으로부터 원하는 기판의 원하는 위치에 잘 배열된 유기단결정 나노선을 제조할 수 있고 나노선 제조와 동시에 정렬을 한 번에 만들 수 있다. 더욱이 적층 패터닝이 가능하여 분자용액으로부터 원하는 기판의 원하는 위치에 잘 배열된 유기단결정 나노선을 여러층으로 제조할 수 있는 3차원 구조의 나노선 정렬을 만들 수 있다. 따라서 나노전자 직접프린팅 기술은 분자용액으로부터 한 번에 잘 배열된 다양한 종류의 유기단결정 나노선 정렬을 자유자재로 만들 수 있어 나노전자 단위소자 및 집적소자를 매우 간편하게 제작할 수 있다.

3. 연구실 현황

한양대학교 나노복합박막 연구실은 성명모 교수와 연구원 2명, 박사과정 6명, 석사과정 5명, 그리고 학부연구생 2명으로 구성되어 세계 일류 연구를 위해 정진하고 있다. 현재 MLD-ALD 기술을 이용한 나노복합박막을 제조하는 다수의 기상 증착 시스템을 구축하고 있고 단분자 및 고분자를 이용한 유기 나노선의 액상 및 기상 제조를 위한 체계를 갖추고 있다. 또한 이들의 전기적, 광학적 특성 연구를 위해 SEM, AFM, semiconductor parameter analyzer 등 다수의 분석기기를 운영하고 있다. 교내에 있는 TEM, XRD, IR, UV spectrometer, ellipsometer와 같은 장비를 통해 분석을 진행하고 있다. 또한 서울대학교, 연세대학교, 한국화학연구원 등의 우수대학과 연구소 및 국내외 우수기업과의 공동연구를 진행함으로써 연구 활성화를 이루고 있다.



4. 최근 대표 논문

1. "High-Performance Air-Stable Single-Crystal Organic Nanowires Based on a New Indolocarbazole Derivative for Field-Effect Transistors" Kyung Sun Park, Sonali M. Salunkhe, Iseul Lim, Cheon-Gyu Cho, Sung-Hwan Han, and Myung Mo Sung, *Adv. Mat.* **2013**, 25, 3351-3356
2. "Single-Crystal Organic Nanowire Electronics by Direct Printing from Molecular Solutions" Kyung S. Park, Boram Cho, Jangmi Baek, Jae K. Hwang, Haiwon Lee, and Myung M. Sung, *Adv. Funct. Mater.* **2013**, 10.1002/adfm.201203540
3. "Organic-Inorganic Nanohybrid Nonvolatile Memory Transistors for Flexible Electronics" Kyu Seok Han, Yerok Park, Gibok Han, Byoung Hoon Lee, Kwang Hyun Lee, Dong Hee Son, Seongil Im and Myung Mo Sung, *J. Mater. Chem.* **2012**, 22, 19007-19013
4. "High Performance Two-Dimensional Polydiacetylene With a Hybrid Inorganic-Organic Structure" Sangho Cho, Gibok Han, Kwan Kim, and Myung M. Sung, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2011**, 123, 2794-2798
5. "Direct Nano-Printing by Liquid Bridge-Mediated Nano transfer Molding" Jae K. Hwang, Sangho Cho, Jeong M. Dang, Eun B. Kwak, Keunkyu Song, Jooho Moon, and Myung M. Sung, *Nature Nanotechnology* **2010**, 5, 742-748
6. "Low-Temperature Atomic Layer Deposition of Copper Metal Thin Films: Self-Limiting Surface Reaction of Copper Dimethylamino-2-propoxide with Diethylzinc" Byoung H. Lee, Jae K. Hwang, Jae W. Nam, Song U. Lee, Jun T. Kim, Sang-M. Koo, A. Baunemann, Roland A. Fischer, and Myung M. Sung, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2009**, 48, 4536-4539
7. "High-Resolution Patterning of Aluminum Thin Films with a Water-Mediated Transfer Process" Byoung H. Lee, Yeon H. Cho, Haiwon Lee, Ki-Dong Lee, Sang H. Kim, and Myung M. Sung, *Adv. Mat.* **2007**, 19, 1714-1718