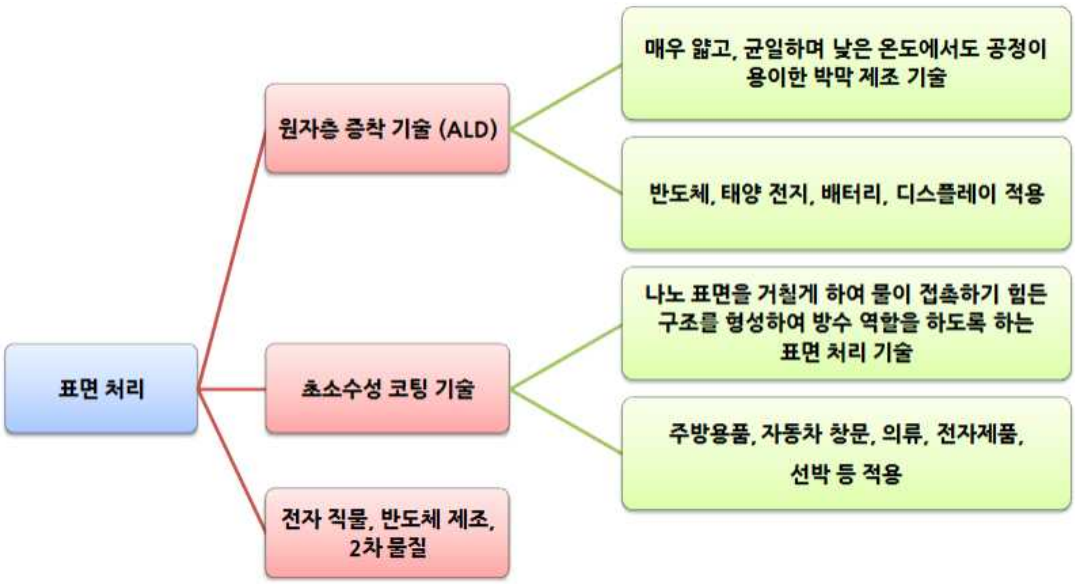
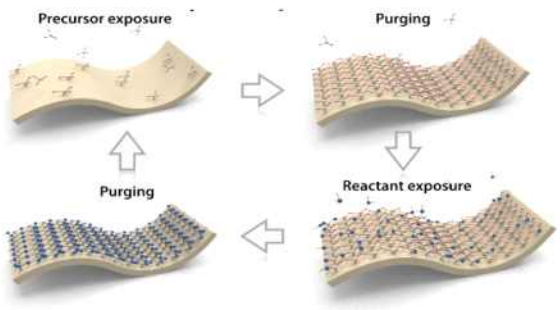
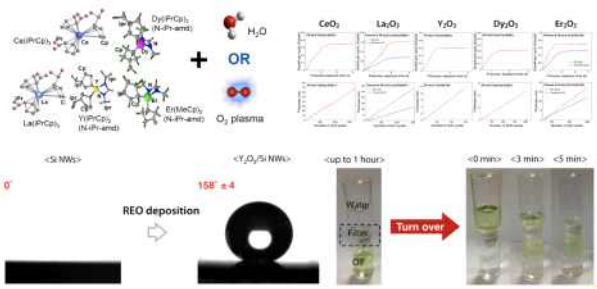
인천대학교 STAR 연구실 소개서

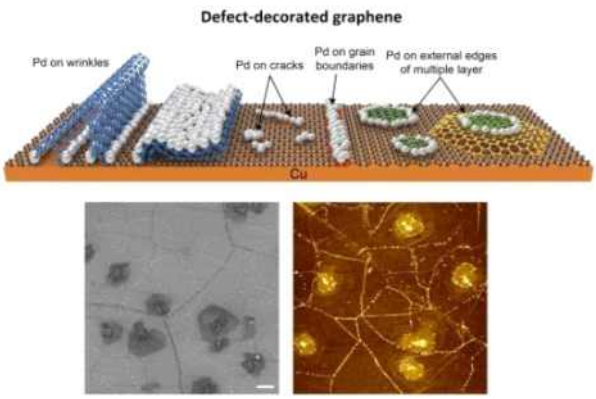
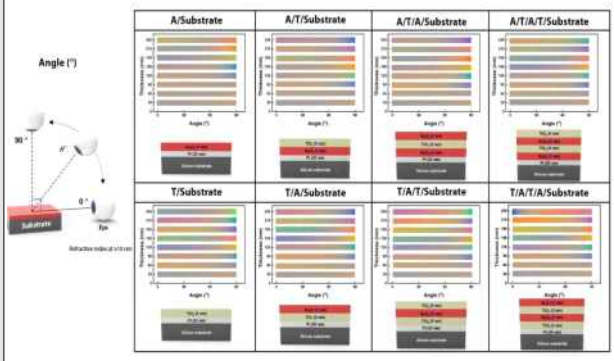
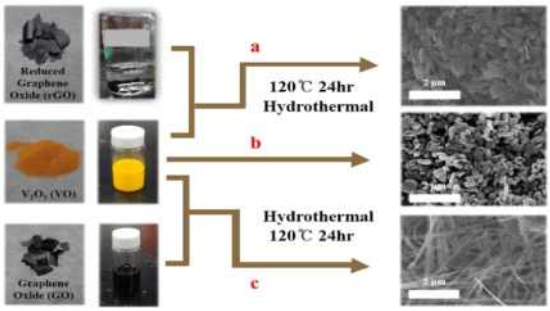
HBRL Research Group

책임교수	성명	이한보람	주요 학력 경력	인천대학교 교수 (2013-현재)	
				박사후과정 스탠포드 대학교, 화학공학 (2013)	
	소속	공과대학 신소재공학과		박사 포항공과대학교 신소재공학 (2009)	
				학사 성균관대학교 신소재공학 (2005)	

구 성 원	직 책	인 원	성 명 (담당분야)
	박사 후 연구원	3	Mohammad Rizwan Khan(Area-selective deposition), 윤재홍(Area-selective deposition), Houda Gaiji(Superhydrophobic coating)
	박 사 과정	4	김현구(Area-selective deposition), Chi Thang Nguyen(Atomic layer modulation), 박종서(Ferroelectric tunnel junction), Sumaira Yasmeen(Superhydrophobic coating)
	석 사 과정	3	고병국(Area-selective deposition), 신종우(Area-selective deposition), 백승주(Atomic layer modulation)

산학협력 희망분야	1. 반도체 공정 중 원자층 증착(ALD) 관련 분야 산학협력 공동연구 및 기술이전 (반도체, 태양 전지, 배터리, 디스플레이 분야 응용) 2. 초소수성 기술 관련 분야 산학협력 공동연구 및 기술이전 (프라이팬 등 주방용품, 자동차 창문, 전자 제품, 선박 등 다양한 분야 응용)
대표연구 분야	
대표기술 개요 및 개발현황	1. 원자층 증착(ALD) 분야 • 반도체 실리콘 웨이퍼에 박막을 씌우는 과정으로, 매우 얇고, 균일한 두께의 막을 형성할 수 있으며 낮은 온도에서도 공정이 용이

<table>
<tr>
<td></td>
<td colspan="2">
• 반도체, 태양 전지, 배터리, 디스플레이 분야에 응용
2. 초소수성 분야
• 나노 표면을 거칠게 하여 물이 접촉하기 힘들도록 구조를 형성하여 방수 기능을 갖도록 표면을 처리하는 기술
• 희토류 금속 산화물을 원자층 증착법에 의해 박막 형태로 합성하여 다양한 표면에 소수성 코팅 기술 연구
• 프라이팬 등 주방용품, 자동차 창문, 의류, 태양 전지 등 적용
3. 전기가 흐르는 전자섬유 개발
• 80℃ 저온에서 금속 원자층 증착 공정을 적용하여 섬유에 백금(Pt) 박막을 입히는 기술
• 염료 대신 백금이나 루테늄 등 금속 물질을 섬유에 입혀 전기가 흐르는 전자섬유 개발
• 높은 민감도, 금속 수준의 전기 저항을 통해 전자섬유 외에도 유연 전자소자, 웨어러블 소자 등 저온 공정이 필요한 분야에 폭넓게 적용 가능
4. 컬러 전자섬유 개발
• 전도성 금속의 표면에 금속 산화물 층을 원자층 증착법으로 증착시켜 박막 간섭효과를 이용하여 다양한 색상을 갖는 컬러 전자섬유 개발
• 종래 전자섬유의 금속 빛깔, 흑색 또는 회색의 제한적인 색상을 갖는 문제점을 해결
• 웨어러블 디바이스, 의류, 군용 등의 다양한 분야에 폭넓게 응용
5. 그래핀 산화물과 전이금속을 이용한 슈퍼커패시터 개발
• 그래핀의 산화형태를 이용하여, 다른 촉매 없이 오산화바나듐을 나노선 형태로 변환하는 것 확인 및 이의 메카니즘을 규명
• 표면과 오산화바나듐의 격자 안에 환원된 그래핀들이 존재하는 것을 확인
6. 그래핀 결함 극복 기술 개발
• 그래핀의 금이 간 부분이 가스와 반응성이 크다는 점을 이용하여 '백금 전구체'라는 가스를 결함 부위에 흘려 흡착시키는 기술
</td>
</tr>
<tr>
<td rowspan="2">개발 관련
시제품 사진</td>
<td> 
</td>
<td>• 원자층 증착(ALD) 기술</td>
</tr>
<tr>
<td> 
</td>
<td>• 초소수성 기술</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="3"></td><td> 
</td><td>• 그래핀 결함에 금속 입자가 붙은 모습으로, 서로 다른 금속의 전기화학적 반응을 이용하여 그래핀의 결함 해결하는 기술</td></tr>
<tr><td> 
</td><td>• 전도성 금속에 금속 산화물층을 원자층 증착법으로 증착시켜 다양한 색상을 갖는 컬러 전자섬유 개발</td></tr>
<tr><td> 
</td><td>• 그래핀 산화물과 전이금속을 이용한 슈퍼 커패시터 개발 과정
• 커패시터 효율 10배 증가 및 안정성 테스트에서 5000회 반복해도 기존의 80% 성능 유지됨을 확인</td></tr>
<tr><td>특허 및 노하우</td><td colspan="2"><table>
<tr><th>순번</th><th>출원번호</th><th>출원일</th><th>발명의 명칭</th></tr>
<tr><td>1</td><td>10-2015-0119048</td><td>2015-08-24</td><td>전기적 특성이 향상된 MIM 커패시터용 전기소자 및 이의 제조 방법</td></tr>
<tr><td>2</td><td>10-2015-0119039</td><td>2015-08-24</td><td>개선된 MOS 커패시터용 전기소자 및 이의 제조 방법</td></tr>
<tr><td>3</td><td>10-2017-0011978</td><td>2017-01-25</td><td>이종원소 합금화를 통한 고품질 사중패터닝 물질의 제조방법</td></tr>
<tr><td>4</td><td>10-2016-0061205</td><td>2016-05-19</td><td>PDMS 표면의 구조화를 통한 소수성 코팅막 형성방법</td></tr>
<tr><td>5</td><td>10-2016-0182022</td><td>2016-12-29</td><td>PDMS와 마이크로 파우더를 이용한 초소수성 코팅방법</td></tr>
<tr><td>6</td><td>10-2016-0088725</td><td>2016-07-13</td><td>코어쉘 구조의 소수성 세라믹 파우더를 이용한 표면 개질방법</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

	7	10-2015-0178476	2015-12-14	희토류 산화물 박막을 이용한 표면 개질방법

연구 실적

1. 원자층 증착법을 이용한 기능성 전자섬유 개발
   - 지원기관: 한국연구재단
   - 과제기간: 2016.03.01 ~ 2019.10.31
2. 게이트 스페이서 및 다중 패터닝 기술을 위한 SiN/SiO2 플라즈마 원자층 증착 공정 및 대체기술 개발
   - 지원기관: 한국반도체연구조합
   - 과제기간: 2015.06.01 ~ 2020.05.31
3. 계면제어를 통한 selector-less 강유전체 터널링 메모리 소자 개발
   - 지원기관: 한국산업기술평가관리원
   - 과제기간: 2017.07.01 ~ 2019.12.31
4. 새로운 cobalt 전구체를 이용한 원자층 증착 공정 개발
   - 지원기관: 중소기업기술정보진흥원
   - 과제기간: 2018.11.01 ~ 2019.07.31
5. 슈퍼커패시터 전극을 위한 전도성 코팅 기술 개발
   - 지원기관: 중소기업기술정보진흥원
   - 과제기간: 2018.08.01 ~ 2019.04.30
6. 백금 원자층 증착법을 이용한 우수한 생체적합성을 가지는 의료용 스마트 섬유 개발
   - 지원기관: 한국연구재단
   - 과제기간: 2017.12.20 ~ 2018.12.19
7. 3차원 나노 시료의 SEM 측정을 위한 Pt 코팅용 Table-top 원자층 증착 장비 및 50도 이하 ALD Pt 공정 개발
   - 지원기관: 한국산업기술진흥원
   - 과제기간: 2018.06.01 ~ 2019.05.31.

논문 95편 / 특허 31건

논문

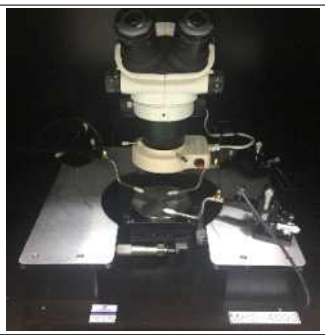
1. "Moisture Barrier Properties of Low-temperature Atomic Layer Deposited Al2O3 using Various Oxidants", Ceramic International, 온라인 출판, 2019.06.20
2. "Surface Energy Change of Atomic-scale Metal Oxide Thin Films by Phase Transformation", Nature Materials, 심사 중
3. "Thermal Atomic Layer Deposition of Metallic Ru using H2O as a Reactant", Applied Surface Science, 온라인 출판, 2019.05.21
4. "Analysis of Defect Recovery in Reduced Graphene Oxide and Its Application as a Heater for Self-Healing Polymers", ACS Applied Materials and Interfaces, 온라인 출판, 2019.04.09
5. "The Era of Atomic Crafting," Han-Bo-Ram Lee*, Chemistry of Materials, 제31권(집), 제5호, pp. 1471-1472, 2019.03.12
6. "Area-Selective Atomic Layer Deposition Using Si Precursors as Inhibitors", Chemistry of Materials, 제30권(집), 제21호, pp. 7603-7610, 2018.10.11
7. "In Honor of Professor Markku Leskelä", Chemistry of Materials, 제30권(집), 제14호, pp. 4469–4474, 2018.07.24
8. "Comparative Study of the Growth Characteristics and Electrical Properties of

	Atomic-Layer-Deposited HfO2 Films obtained from Metal Halide and Amide Precursors," Journal of Materials Chemistry C, 온라인 출판, 2018.06.28 9. "Molecular Oxidation Mechanisms for Atomic Layer Deposition of Al2O3 with H2O, H2O2, and O3", Applied Surface Science, 온라인 출판, 2018.06.18 10. "Effect of h-BN Coating on Nucleate Boiling Heat Transfer Performance in Pool Boiling", Experimental Thermal and Fluid Science, 제93권(집), pp. 12-19, 2018.05.14 11. "Surface Wettability of Nitrogen-doped TiO2 Films by Atomic Layer Deposition using NH4OH as a Doping Source", Nanoscience and Nanotechnology Letters, 제10권(집), 제5-6호, pp. 779-783, 2018.05.01 12. "Amorphous TiO2/p-Si Heterojunction Photodiode prepared by Low-temperature Atomic Layer Deposition", Nanoscience and Nanotechnology Letters, 제10권(집), 제5-6호, pp. 779-783, 2018.05.01 13. "Circular Double-Patterning Lithography using a Block Copolymer Template and Atomic Layer Deposition", Advanced Materials Interfaces, 온라인 출판, 2018.04.20. 14. "Interlayer-assisted Atomic Layer Deposition of MgO as a Magnetic Tunneling Junction Insulators", Journal of Alloys and Compound, 제747권(집), pp.505-510, 2018.05.30 15. "Copper Indium Selenide Water Splitting Photoanodes with Artificially Designed Heterophasic Blended Structure and Their High Photoelectrochemical Performances", Nano Energy, 제46권(집), pp. 1-10, 2018.01.18 16. "Water-Erasable Memory Device for Security Applications Prepared by the Atomic Layer Deposition of GeO2", Chemistry of Materials, 제30권(집), 제3호, pp. 830–840, 2018.01.12 17. "Effect of Porous Graphene Networks and Micropillar Arrays on Boiling Heat Transfer Performance", Experimental Thermal and Fluid Science, 제93권(집), pp. 153-164, 2018.12.28 18. "Cobalt Titanium Nitride Amorphous Metal Alloys by Atomic Layer Deposition", Journal of Alloys and Compound, 제737권(집), pp. 684-692. 2017.12.06 19. "Reaction Mechanism of Area-Selective Atomic Layer Deposition for Al2O3 Nanopatterns", ACS Applied Materials & Interfaces, 제9권(집), 제47호, pp. 41607-41617, 2017.11.07 20. "Conduction Mechanism Change with Transport Oxide Layer Thickness in Oxide Hetero-interface Diode", Applied Physics Letters, 제111권(집), 053506, 2017.08.02 21. "Dual Role of Sb-incorporated Buffer Layers for High Efficiency Cuprous Oxide Photocathodic Performance: Remarkably Enhanced Crystallinity and Effective Hole Transport", ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 제5권(집), 제9호, pp. 8213-8221, 2017.07.17 22. "Atomic layer deposition of Y-stabilized ZrO2 for advanced DRAM capacitors", Journal of Alloys and Compound, 제722권(집), pp. 307-322, 2017.10.25 23. "Atomic Layer Deposition on 2D Materials", Chemistry of Materials, 제29권(집), 제9호, pp. 3809-3826, 2017.04.25 24. "Nanoconfined Atomic Layer Deposition of TiO2/Pt Nanocavities: Towards Ultra-Small Highly Efficient Catalytic Nanorockets", Advanced Functional Materials, 제27권(집), 1700598, 2017.04.24 25. "Vapor Phase Synthesis of TaS2 Nanocrystals with Iodine as Transport Agent", Japanese Journal of Applied Physics, 제56권(집), 045501, 2017.03.03 26. "Distribution of Oxygen Functional Groups of Graphene Oxide obtained from

	Low-temperature Atomic Layer Deposition of Titanium Oxide", RSC Advances, 제7권(집), pp. 13979-13984, 2017.03.02 27. "A Composite Layer of Atomic-Layer-Deposited Al2O3 and Graphene for Flexible Moisture Barrier", Carbon, 제116권(집), pp. 553-561, 2017.02.17 28. "Atomic Layer Deposition of 1D and 2D Nickel Nanostructures on Graphite," Nanotechnology, 제28권(집), 제11호, 115301 (2017) 29. "Uniform Color Coating of Multilayered TiO2/Al2O3 Films by Atomic Layer Deposition," Journal of Coatings Technology and Research, 제14권(집), 제1호, pp. 177-183 (2017)
특허	1. Han-Bo-Ram Lee, Jae-Kwang Lee, Mohammed Rizwan Khan, "Method for Implementing Hydrophobic Surface using Spin Coating," KR 10-1974955, 4/26/2019 2. Han-Bo-Ram Lee, Jae-Kwang Lee, Mohammed Rizwan Khan, "Method for Implementing Hydrophobic Surface using Spray Coating," 10-1974953, 4/26/2019 3. Han-Bo-Ram Lee, Hyungjun Kim, Chang Mo Yoon, Il-Kwon Oh, "Method for Forming Thin Film," KR 10-1942819, 1/22/2019 4. Han-Bo-Ram Lee, "Fabrication Method of High Quality Materials for Quadruple Patterning using Heteroatom Alloying," KR 10-1900181, 9/12/2018 5. Han-Bo-Ram Lee, "Method for Forming Superhydrophobic Coating Layer using PDMS and Micropowders," KR 10-1871073, 6/19/2018 6. Han-Bo-Ram Lee, "Method for Modifying Hydrophobic Surfaces using Hydrophobic Ceramic Powders Having Core-shell Structure," KR 10-1860206, 5/15/2018 7. Han-Bo-Ram Lee, "Fabrication Method of Conductive Fibers," KR 10-1846084, 3/30/2018 8. Han-Bo-Ram Lee, Jaehong Yun, "Method for Forming Hydrophobic Coating Layer using Structuralizaion of PDMS Surface," KR 10-1807407, 12/4/2017 9. Han-Bo-Ram Lee, Hyun Gu Kim, "Self-healing Method of Self-healing Polymer using Defect-healed Reduced Graphene Oxide Heater," KR 10-1807459, 12/4/2017 10. Han-Bo-Ram Lee, Hyungjun Kim, Bo-Eun Park, Il-Kwon Oh, "Enhanced Electric Device for MOS Capacitor and the Manufacturing Method thereof," KR 10-1752059, 6/22/2017 11. Han-Bo-Ram Lee, Hyungjun Kim, Bo-Eun Park, Il-Kwon Oh, "Enhanced electrical characteristic Electric Device for MIM Capacitor and the Manufacturing Method thereof," KR 10-1752060, 6/22/2017 12. Han-Bo-Ram Lee, Hyungjun Kim, Jun Ho Choi, Il-Kwon Oh, "Method for Modifying Surface of Substrate Using Rare Earth Oxide Thin Film," KR 10-1751619, 6/21/2017 13. Taeyoon Lee, Jong Hyun Ahn, Juree Hong, Jae-Bok Lee, Han-Bo-Ram Lee, "Method for Healing Defect of Conductive Layer, Method for Forming Metal-carbon Compound Layer, 2D Nano Materials, Transparent Electrode and Method for Manufacturing the Same," KR 10-01720168, 3/21/2017 14. Han-Bo-Ram Lee, "3D Conductive Coating Method For Clear SEM Measurement," KR 10-1686386, 12/7/2016 15. Hyungjun Kim, Il-Kwon Oh, Chang-Mo Yun, Han-Bo-Ram Lee, "Filter For Removing Moisture And Method For Manufacturing The Same," KR 10-1670337, 10/24/2016 16. Han-Bo-Ram Lee, Hyun Gu Kim, "Manufacturing Method of Ultrathin Continuous Metal Film Using Surface Funtionalization," KR 10-1672984, 10/31/2016 17. Hyungjun Kim, Il-Kwon Oh, Han-Bo-Ram Lee, "Apparatus for Plasma Enhanced Atomic

Layer Deposition and Method for Forming Thin Film Oxides Using The Same," KR 10-1662194, 9/27/2016

18. Hyungjun Kim, Soo Hyun Kim, Jaehong Yun, Han-Bo-Ram Lee, "Semiconductor Device and Method For Manufacturing the Same," US 9,396,994, 7/19/2016
19. Hyungjun Kim, Soo Hyun Kim, Jaehong Yun, Han-Bo-Ram Lee, "Semiconductor Device and Method For Manufacturing the Same," KR 10-1621852, 5/11/2016
20. Hyungjun Kim, Il-Kwon Oh, Han-Bo-Ram Lee, "Superhydrophobic Coating Material and Method for Manufacturing the Same," KR 10-1617396, 4/26/2016
21. Hyungjun Kim, Il-Kwon Oh, Han-Bo-Ram Lee, "Method For Forming Coating Layer and Coating Material Having Waterproof Property," KR 10-1615897, 4/21/2016
22. Han-Bo-Ram Lee, "Manufacturing Method of Nanowire using Atomic Layer Deposition," KR 10-1602628, 3/7/2016
23. Gilsang Yoo, Il-Kwon Oh, Hyungjun Kim, Han-Bo-Ram Lee, "Apparatus Method for Performing Plasma Enhanced Atomic Layer Deposition Employing Very High Frequency," KR 10-1596329, 2/16/2016
24. Han-Bo-Ram Lee and Kwan Pyo Kim, "Healing Method of Defect using Atomic Layer Deposition," KR 10-1568159, 11/5/2015
25. Jaehong Yun, Soo Hyun Kim, Hyungjun Kim, Han-Bo-Ram Lee, "Copper Layer Capping Method and Method for Fabricating Copper Wire Employing the Same," KR 10-15553357, 9/9/2015
26. Han-Bo-Ram Lee, Jaemin Kim, Jeong Won Lee, Heung-Soon Lee, Hyungjun Kim, "Method for Fabrication of Metal Nanostructures by using Supercritical Fluid Deposition," KR 10-1124351, 2/29/2012
27. Han-Bo-Ram Lee, Gil Ho Gu, C.G. Park, Hyungjun Kim, "Manufacturing Method of Metal Nanostructures," KR 10-1124352, 2/29/2012
28. Han-Bo-Ram Lee, Woo-Hee Kim, Hyungjun Kim, "Method for Forming Contacts of Semiconductor Devices using The Selective Deposition," KR 10-1078309, 10/25/2011
29. Han-Bo-Ram Lee, Gil Ho Gu, C.G. Park, J.Y. Son, Hyungjun Kim, "Fabrication Method of Catalyst-less Metal Nanorods by Plasma-Enhanced Atomic Layer Deposition and A Semiconductor Element," KR 10-0920456, 9/29/2009
30. Han-Bo-Ram Lee, J.Y. Son, Hyungjun Kim, "Manufacturing Method of Metal Silicide Thin Layer by PlasmaEnhanced Atomic Layer Deposition without Annealing," KR 10-0920455, 9/29/2009
31. Han-Bo-Ram Lee, J.Y. Son, Hyungjun Kim, "Manufacturing Method of Metal Silicide by Plasma-Enhanced Atomic Layer Deposition for Contact Application in Semiconductor Devices," KR 10-0872799, 12/2/2008
32. Han-Bo-Ram Lee, Gil Ho Gu, C.G. Park, Hyungjun Kim, "Method for Forming Metal-Silicide Layer in Semiconductor Devices using Plasma Nitridation," KR 10-0872801, 12/2/2008
33. Hyungjun Kim, Y.H. Shin, Y.S. Woo, Han-Bo-Ram Lee, J.Y. Son, "Transistor and Nonvolatile Memory using Deformation Resistivity of Carbon Nanotube and Piezoelectric Effect," KR 10-0848813, 7/28/2007

보유 장비				
	ALD 1	ALD 2	ALD 3	Glove Box
	Contact Angel Measurement	4-point Probe	Oven	
				
	Probe Station	BET	Thermal SEM	
	Mini ALD	Ellipsometry	Spin coater	
홈페이지	http://nanomaterial.kr			