동국대학교 양자기능반도체연구센터 소개

강태원

동국대학교 양자기능반도체 연구센터(Quantum-Functional Semiconductor Research Center; QSRC) 는 1981년에 처음 실험실을 개설 하였다. 1982년도에 OECF 차관 자금으로 Auger Electron Spectroscopy(AES)와 Secondary Ion Mass Spectroscopy(SIMS)및 Molecular Beam Epitaxy(MBE) 장치가 함께 붙어 있는 장비를 RIBER 사로부터 도입하고부터 동국대학교에서 반도체 연구가 시작되었다. 이 장비로 GaAs epi layer 성장과 양자구조에 관한 연구를 수행 하였다. 10년쯤 지난 1992년도에 개인돈과 학교 재단에서 준 특별 지원금을 합쳐서 두번째 MBE 장비(RIBER Model 2300)를 살 수 있었고 이 MBE 장비로는 국방과학연구소로부터 적외선 열상 장치에 관한 연구중 하나인 HgCdTe(MCT) epi layer 연구를 할 수 있게 되었다. 세번째 MBE는 1998년에 역시 RIBER사의 Compact 21을 구매하였고 이 MBE로는 GaN epi layer 성장연구를 수행하였다.

그후 1999년 과학기술부(MOST)와 한국과학재단(KOSEF)으로 부터 우수연구센터(Science Research Center: SRC)로 선정되었고 이때 연구비는 년간 약 10억원씩 9년간을 지원 받았다. 2006년도에는 전체 한국인들이 Applied Physics Letter(APL)지에 한 해 동안 게재한 논문의 약 10% 정도를 우리 QSRC에서 소속 되어 있는 연구자들이 게재를 하였고 Advanced Material 2편, APL 표지에 2번 게재되기도 하였다. 이 기간 동안 미공군연구소 아시아 지역분소(AOARD)에서 년간 $30,000씩 3년간 연구비를 지원받았고 미국 Florida에 있는 중소기업 NovaKor사로부터 2008년 1년간 $100만불을 지원 받았다.

SRC가 종료되고 나서 학교에서 종전처럼 전폭적인 지원도 받을 수 없을 뿐만 아니라 대외적으로도 경쟁력이 약해 질것이라고 판단하여 ERC(소장: 이진구 교수)와 상의하여 Nano 연구가 주인 SRC와 Information 연구가 주인 ERC 및 RF-ID System 연구가 주인 u-SCM이 행정적으로 통합하여 기초물질 연구와 소자 및 응용연구 그리고 시스템 연구를 한꺼번에 한다면 대내외적으로 경쟁력이 있을것이란 판단하에 세 기관을 통합하여 Nano Information Technology of Academy(NITA) (나노정보과학기술원)이라는 기구를 신설하였고 여기에 대학원과정를 만들어서 연구 센터에서 연구외에 대학원생 교육 및 지도를 할 수 있게 하였다. 현재 QSRC 연구인력은 내국인 연구교수 8명, 외국인 연구교수 8명과 5명의 대학원생 그리고 2명의 직원 및 2명의 조교가 상주하고 있다. QSRC에서는 집적도가 커지면서 생기는 반도체 소자 크기 축소의 한계 및 이때 나타나는 양자 현상을 이용하여 신기능 반도체 소자의 재료 및 구조의 연구를 진행중이다.

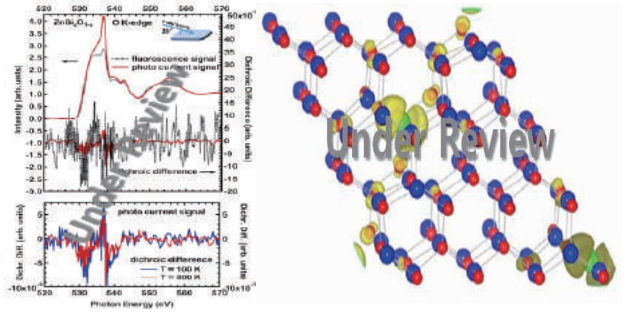
주요한 연구내용을 요약하면 다음과 같다.

▣ 강유전반도체와 비휘발성 메모리 소자 연구
강유전반도체(CdZnTe)를 이용하여 비휘발성 기억소자를 제안하여 특허를 받았는데 2006년 우수 특

〈저자 약력〉

강태원 연구소장은 동국대학교에서 이학박사 학위를 받았으며, 박사후 동국대학교 교수, 부총장을 거쳐 현재 나노정보과학기술원 원장, 양자기능반도체연구센터 소장, 동국대학교 및 인도 힌두스탄대학의 석좌교수로 재직중이다. (twkang@dongguk.edu)

[Fig. 1] Europhysics News에 소개된 내용



[Fig. 2] 1ZnBixO1-x의 XAS 와 XMCD 스펙트럼. 이론적으로 계산된 ZnBixO1-x의spin charge density (ρ↑ - ρ↓)

허로 선정되었다. 이 기술은 fatigue의 원인이 되는 것으로 알려진 oxygen vacancy를 제거했고 capacitor로 인한 시상수로 인해서 delay time 때문에 속도가 느린 것을 resistor를 사용함으로써 속도를 빠르게 했고 3단자 소자를 2단자 소자로 만들어 집적도를 더 높힐 수 있는 가능성을 보였다.

▣ 강자성반도체의 Curie 온도 상향

Spin을 한 방향으로 정렬시킨 반도체를 강자성반도체(Ferromagnetic Semiconductor; FMS 또는 Diluted Magnetic Semiconductor; DMS)라 하며 우리는 Quantum dot 이나 Nano rod로 만들면 Curie 온도를 상온 이상으로 올릴 수 있다는 것 알았다.

▣ 비자성 원소인 Bi를 도핑한 ZnBixO1−x 박막의 상온 이상에서의 강자성 및 강유전 특성 연구

ZnBi0.05O0.95 Bi 양을 3% 와 5%를 도핑한 결과 Bi가 3%의 경우 강자성 특성이 나타나고 5%일 때는 강유전 특성을 나타내었다. 이 결과는 Euro Physics News에 High Lights로 선정되었다

▣ 비자성 원소가 도핑된 ZnO의 상온 강자성 연구

이 연구에서는 Bi (Bismuth) 3, 5% 도핑한 상분리 없는 ZnO:Bi 박막을 PLD법으로 성장한 후, SQUID, XAS와 XMCD 측정 및 ab initio 이론 계산에 하여 성장된 ZnO:Bi 박막이 상온 상자성 특성을 가짐을 확인하였다.

이 결과는 2016년 1월 Nature Scientific Report 에 게재 되었다.

▣ 강자성반도체의 정밀한 전이온도 측정 방법 확립

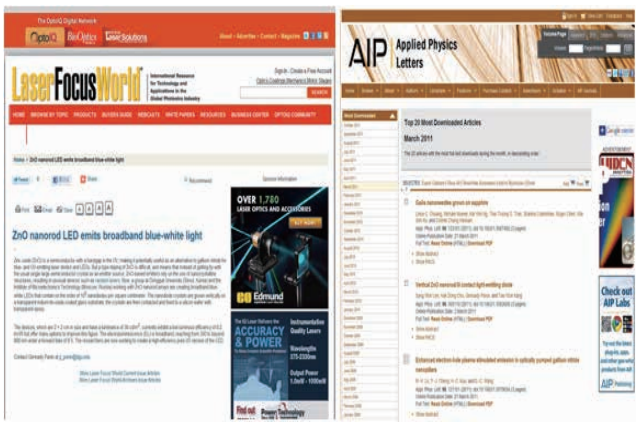
희박자성반도체에 대해 새로운 전이온도 측정 기법으 로 Magnetic Specific Heat Capacity (MSHC) 법을 제안하였다. 이 방법으로 강자성반도체의 전이온도를 정밀하게 측정 할 수 있게 되었다.

▣ New light source 개발

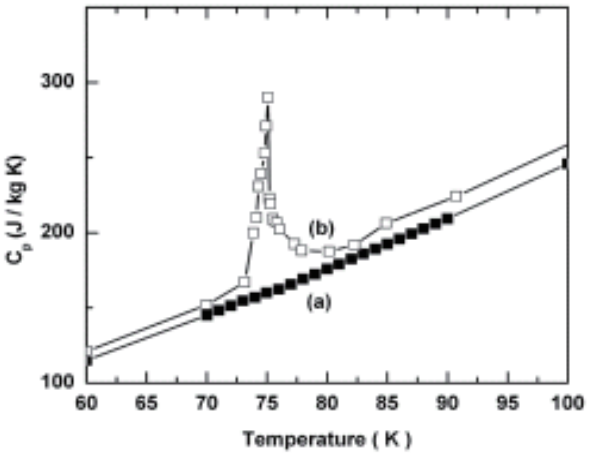
ITO가 코팅된 유리 기판 상에 n−ZnO 나노로드를 성장한 후 p+−Si 기판과 접촉을 하여 청색−백색 발광 다이오드(Vertical contact light emitting diode, VCLED)를 개발하였다. 이 결과는 2011년 3월 APL 다운로드 횟수에서 Top 7에 선정 되었고, 2011년 5월 Laser Focus World에 소개되었다.

▣ Graphene 성장 및 비휘발성 메모리 소자 제작

Reduced Graphene Oxide를 I−V 측정결과 비휘



[Fig. 3] (a) 2011년 5월 Laser Focus World에 소개됨 (b) 2011년 3월 APL 다운로드 횟수에서 Top 7에 선정



[Fig. 4] ZnMnO 박막의 MSHC 특성 곡선

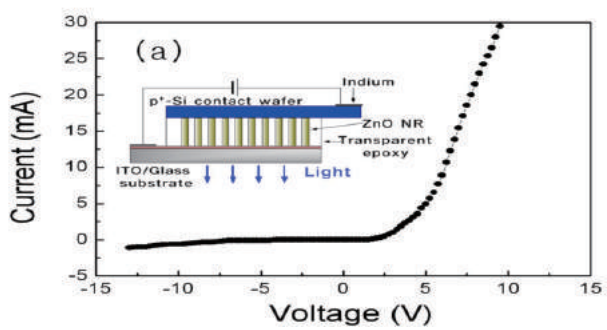
발성 메모리 특성을 얻었다.

▣ 한편 현재 진행중인 연구는 다음과 같다.

(1) Spin MEMRISTER
(2) Multi Ferroic Semiconductor (MFES)
(3) Dirac materials
(4) van der Waals force contact superlattice
(5) Frequency controlled full color display
(6) 90% efficient solar cell
(7) Energy from soil

▣ 보유하고 있는 실험장비는 크게 3종류로 분류하는데 다음과 같다.

(1) 성장장비 : DMS MBE, MOCVD, Graphene CVD, LPE, HVPE, PLD
(2) 공정장비 : Class 1,000 clean room system, E-beam litho., Mask aligner, E-beam evaporator, Evaporator I, II, III, and Nomarski
(3) 분석장비 : PL, PR, DCRC, DLTS, AES, SIMS, SEM, CL, EDX, and SQUID
(3) 분석장비 : PL, PR, DCRC, DLTS, AES, HRXRD, AFM, MFM, I-V, Sawyer tower, Hall effect system,



[Fig. 5] VCLED의 구조도와 I-V 특성

[Fig. 6] 1. DMS MBE 2. PLD 3. MOCVD 4. PECVD 5. HVPE 6. LPE 7. E-beam Lithographe system 8. HRSEM / EDAX / CL / EBIC 9. ICP-RIE 10. MASK ALIGNMENT & EXPOSURE SYSTEM 11. LED Wafer Prober Testing M/C 12. PL&PR 13. SQUID 14. SIMS 15. HRXRD 16. Hall effect system 17. Sawyer tower 18. MFM / AFM