

Pt, Cu₂S, SnO₂ 나노입자-다중벽 탄소나노튜브 하이브리드

나노구조에서의 테라헤르츠 분광

Terahertz Spectroscopy of Platinum, Copper Sulfide, and Tin Oxide Nanoparticle-Multiwalled Carbon Nanotube Hybrid Nanostructures

정 경복, 명 윤, 박 정희, 맹 인희*, 손 주혁*

고려대학교 신소재화학과, *서울시립대학교 물리학과

marie-jung@korea.ac.kr

탄소나노튜브(CNTs)는 특이한 구조 및 물성으로 인하여 나노일렉트로닉스(nanoelectronic) 및 포토닉스(photonic)등 다양한 분야의 응용에 대한 연구가 지속적으로 활발하게 진행되고 있다. 특히, 최근에는 차세대의 새로운 태양전지나, 전류측정의 글루코스(Glucose) 센서물질로 나노입자(NPs)와 탄소나노튜브의 하이브리드 나노구조 물질들에 관한 연구가 크게 주목되고 있다.⁽¹⁻⁴⁾ NPs-CNTs 하이브리드 나노구조 물질을 광전자 디바이스로 응용하기 위해서는 이들의 복소광학상수 등의 광학적, 전기적 특성을 연구하는 것은 매우 중요하다. NPs-CNTs 하이브리드(hybrid) 나노구조 물질의 광학적, 전기적 특성의 측정 방법으로 주로 푸리에 변환 적외분광법(Fourier Transform Infrared: FTIR), four probe 측정법 등이 이용되고 있다. 하지만 이러한 방법들은 Kramers-Kroning 분석이 요구되며, Ohmic contact으로 인한 문제점등의 한계성을 가지고 있다. 이에 반하여 테라헤르츠 분광법은 간단한 투과 및 반사 측정으로부터 Kramers-Kroning 분석이 필요 없이 바로 진폭과 위상에 관련된 정보를 얻을 수 있다. 이렇게 얻은 값을 통하여 복소 유전율을 직접 구할 수 있으며, 전도도 등의 물성을 직접 얻을 수 있다. 또한 전기적 특성을 연구하는데 있어서 비접촉 측정이 가능하므로 금속전극과의 큰 접촉저항으로 인한 문제점을 해결할 수 있다. 본 논문에서는 Pt, Cu₂S, SnO₂ NPs와 다중벽 탄소나노튜브(MWCNTs)의 하이브리드 나노구조 물질들의 테라헤르츠 분광에 관한 연구 결과를 보고한다.

본 실험에서는 InAs에서 광정류(Optical Rectification)의한 테라헤르츠파 발생 및 100 μm 두께의 ZnTe를 이용한 전광샘플링(Electro-Optic Sampling: EOS)법에 의한 검출방법으로 테라헤르츠 시간축분광학(Terahertz time-domain spectroscopy: THz-TDS) 시스템을 이용하여 전체시스템을 구현하고, Pt, Cu₂S, SnO₂ NPs-MWCNTs 하이브리드 나노구조 물질의 광학적, 전기적 특성을 조사하였다. 테라헤르츠 발생과 검출을 위한 광원으로는 mode-locked Ti:sapphire 레이저를 사용하였으며, 중심파장 800 nm, 반복율 80 MHz, 펄스폭 80 fs, 평균출력은 840mW 이다. 실험에 사용한 샘플은 테라헤르츠 영역에서 투과성이 좋은 KBr 과 Pt, Cu₂S, SnO₂ NPs-MWCNTs (1 wt%)을 섞어서 pellet으로 제작하였다. 샘플의 두께는 0.312~0.417 mm 이다.

그림 1은 Pt, Cu₂S, SnO₂ NPs-MWCNTs 하이브리드 나노구조 물질의 투과전자현미경(Transmission Electron Microscopy: TEM) 이미지를 나타낸다. MWCNTs에 접합시킨 Pt, Cu₂S, SnO₂ NP의 크기는 각각 3, 7, 2 nm 이다.

그림2에 샘플이 없을 때의 기준신호(reference signal)와 샘플이 있을 때 투과된 테라헤르츠 전자기파

를 시간영역으로 나타내었다. 그림 2에서 보는 바와 같이 샘플을 통과한 테라헤르츠 전자기파는 기준신호에 대해서 진폭이 줄어들며, 위상이 지연되는 것을 볼 수 있다. 위에서 측정한 값을 푸리에 변환, 프레넬 공식을 이용하여 굴절률 등의 복소광학 상수 및 전도도를 구하였다. 그림 3은 테라헤르츠 주파수 대역에서의 전도도를 측정한 결과이다. 나노입자를 접합한 하이브리드 구조의 전도도는 MWCNT보다 작은 값을 나타내었다. 이러한 결과는 나노입자의 접합으로 인해서 물질의 전체구조에 결함(defect)을 형성하기 때문이라고 생각 된다. 본 연구에서는 이러한 테라헤르츠 분광의 실험결과를 보완하기 위해서 라만 산란을 측정하였다. 그림 4는 MWCNTs 와 Pt, Cu₂S, SnO₂ NPs- MWCNTs 의 라만 산란 실험의 결과를 나타낸다. MWCNTs 와 Pt, Cu₂S, SnO₂ NPs- MWCNTs의 D-band와 G-band의 강도의 비 (I_D/I_G)는 각각 0.45, 0.81, 0.81, 0.85 로써 NPs- MWCNTs 의 I_D/I_G 는 MWCNTs 보다 크다. 이 결과는 나노입자의 접합으로 인하여 그래파이트(graphite)층에 더욱 많은 결함을 유도함으로써 전도도의 감소를 가져오게 된다. 이 실험의 결과는 테라헤르츠 분광 실험 결과와 잘 일치함을 보여준다.

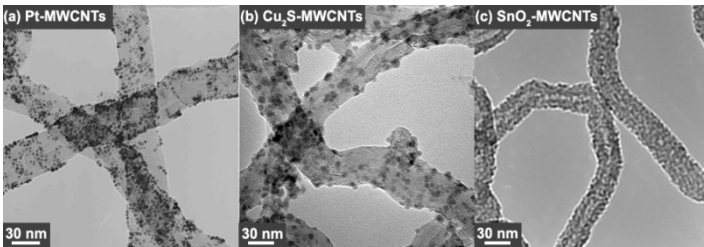


그림 1. Pt, Cu₂S, SnO₂ NPs- MWCNTs 하이브리드 구조의 TEM 이미지

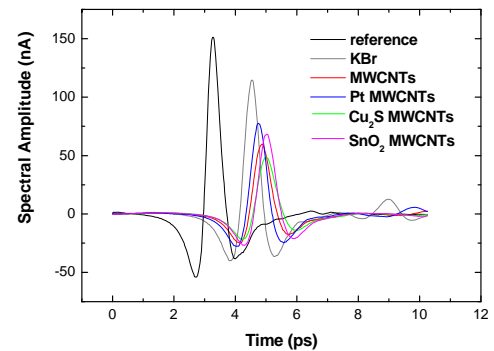


그림 2. 시간영역의 테라헤르츠 전자기파

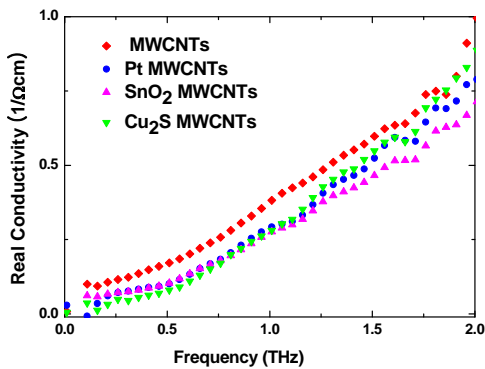


그림 3. MWCNT와 Pt, Cu₂S, SnO₂ NPs- MWCNTs 하이브리드 구조의 전도도

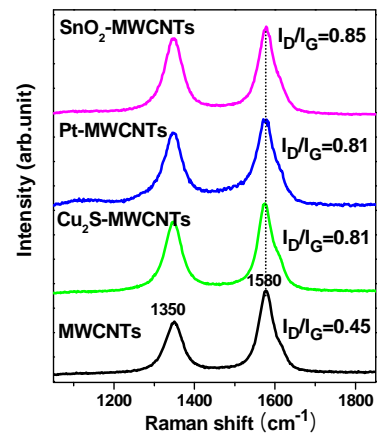


그림 4. MWCNT와 Pt, Cu₂S, SnO₂ NPs- MWCNTs 하이브리드 구조의 라만 스펙트럼

참고문헌

1. I. Robel, B. A. Bunker, and P. V. Kamat, *Adv. Mater.*, **17**, 2458 (2005).
2. B. J. Landi, S. L. Castro, H. J. Ruf, C. M. Evans, S. G. Bailey, and R. P. Raffaele, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells.*, **87**, 733 (2005).
3. H. J. Lee, S. W. Yoon, E. J. Kim, and J. H. Park, *Nano Lett.*, **7**, 778 (2007).
4. D. Cai, Y. Yu, Y. Lan, F. J. Dafort, G. Xiong, T. Paudel, Z. Ren, D. J. Wagner, and T. C. Chiles, *BioFactors.*, **30**, 271 (2007).