

가돌리늄 산화물 나노입자의 테라헤르츠 광학 특성

Optical characteristic of Gadolinium Oxide Nanoparticles in Terahertz region

이동규, 조병규*, 김택훈*, 이광렬*, 손주혁
 서울시립대학교 물리학과, *고려대학교 화학과
 e-mail : joohiuk@uos.ac.kr

생체의료영상 시스템 중 하나인 자기공명 영상(Magnetic Resonance Image, MRI)는 더 좋은 영상을 얻기 위해 현재 복합체 형태의 조영제를 사용하고 있으며, 최근에는 기존의 복합체와는 달리 하나 이상의 항원이나 항체를 붙일 수 있는 나노입자형태의 조영제가 개발 중이다⁽¹⁾. 나노 조영제는 목표한 특정조직에 약물전달을 할 수 있을 뿐만 아니라 보다 높은 조영 효과를 보일 수 있다. 최근 개발된 가돌리늄옥사이드(Gd_2O_3) 나노입자는 이런 나노입자 조영제로서의 가능성을 주목 받고 있는 물질로⁽²⁾, 제작 과정에 있어서 농도 정보를 정량적으로 구하는 방법으로 유도결합플라즈마-원자발광분광기(ICP-AES), 유도결합플라즈마-질량분석기(ICP-MS)등을 사용한다. 그런데 이 분석 방법들은 모두 고온으로 가열하여 플라즈마 상태에서부터 분석하므로 분석이 된 표본은 다른 용도로 사용이 어렵다. 본 연구는 테라헤르츠 시간축 분광 시스템(Terahertz time-domain spectroscopy, THz-TDS)을 이용하여 용매안의 가돌리늄옥사이드 나노입자의 농도에 따른 광학 상수를 표본을 추출하지 않고 구하였다.

사용한 THz-TDS는 Ti:sapphire 펄스 레이저를 이용하여 THz전자기파를 발생 및 검출하였다. generator로는 p-InAs을 사용하였고 detector로는 LT-GaAs 위에 만든 안테나를 사용하였으며, generator로 입사하는 레이저 펄스는 delay line을 거쳐 detector에 비해 시간 지연을 받게 된다. 발생된 THz파는 포물면거울을 거쳐 자유공간상을 거의 분산되지 않는 상태로 진행하여 다시 포물면거울을 거쳐 detector의 photoconductive antenna로 입사하게 된다. THz-wave가 진행하는 사이 quartz cell을 위치시켜 cell 안의 물질에 따른 신호의 변화를 측정하여 물질의 광학상수를 구하였다.⁽³⁾

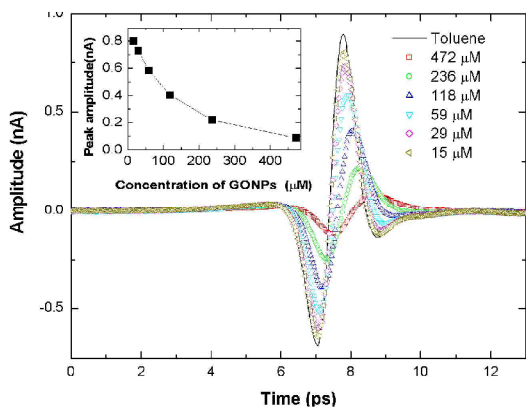


그림 1. 농도에 따른 시간축 상의 신호

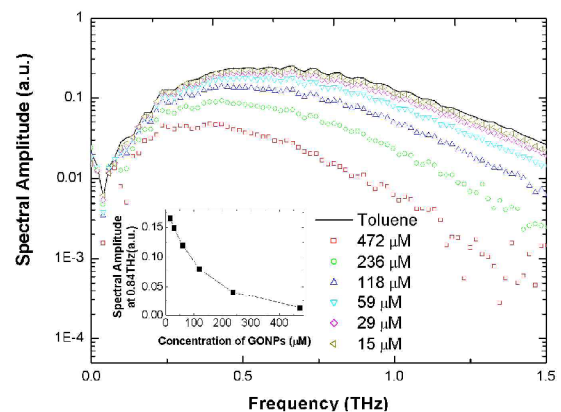


그림 2. 농도에 따른 주파수축 상의 신호

사용한 가돌리늄옥사이드 나노입자는 나노판⁽⁴⁾이라 불리는 특이한 형태를 갖고 있으며, 유기용매에 분산시켜 측정하였다. 그림 1과 같이 시간축에 따라서 THz파를 측정하였고, 여기에서부터 패스트 푸리에 변환(fast Fourier transform, FFT)를 통하여 frequency 영역에서의 신호 변화를 그림 2와 같이 구하였다. 또한 농도가 다른 각 샘플들의 주파수에 따른 굴절률과 흡수도를 구하여 시스템의 다이내믹 레인지 안의 결과를 그림 3, 그림 4와 같이 구하였다.

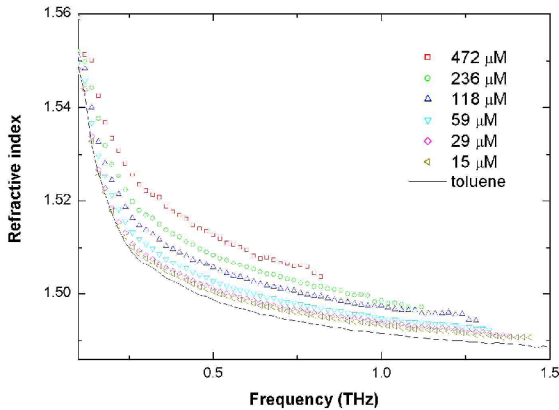


그림 3. 농도에 따른 굴절률 변화

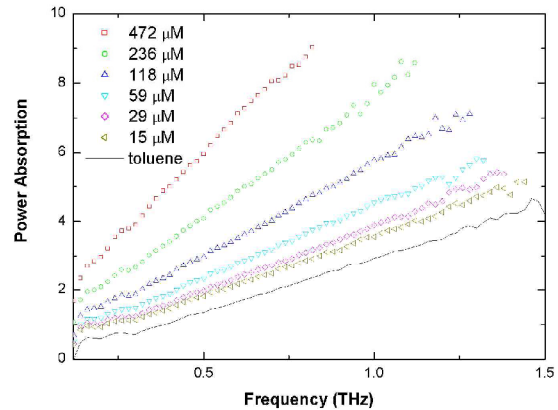


그림 4. 농도에 따른 흡수도 변화

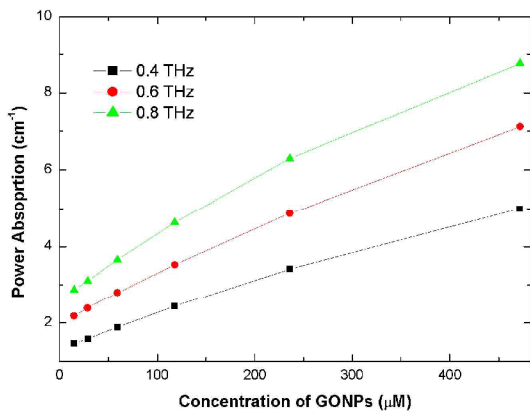


그림 5. 농도에 따른 흡수도의 변화

용매에 분산되어 있는 가돌리늄옥사이드 나노입자의 테라헤르츠 영역에서의 광학상수는 입자의 농도가 증가함에 따라서 흡수율이 커진다. 농도에 따른 특정 주파수에서의 흡수도는 그림 5와 같다.

가돌리늄옥사이드 나노입자를 조영제로서 사용하기 위해서는 앞으로도 연구가 계속 필요하며, 나아가 인체에 대한 안정성을 인정받는다면, MRI 뿐만 아니라 이미 개발되어 있는 테라헤르츠 의료 영상이미지 시스템에 적용하여 보다 높은 조영효과를 보일 것이다.

참고문헌

1. 대한자기공명외과학회, “자기공명영상학”, 일조각, 382-385, (2008)
2. Jean-Luc Bridot, Anne-Charlotte Faure, Sophie Laurent, Charlotte Riviere, Claire Billotey, Bassem Hiba, Marc Janier, Veronique Josserand, Jean-Luc Coll, Luce Vander Elst, Robert Muller, Stephane Roux, Pascal Perriat, and Olivier Tillement, “Hybrid Gadolinium Oxide Nanoparticles: Multimodal Contrast Agents for in Vivo Imaging”, J. Am. Chem. Soc. 5076-5084 (2007)
3. Seung Jae Oh, Ocki Yoo, Dong-Hee Lee and Joo-Hiuk Son, “Terahertz characteristics of electrolytes in aqueous Luria-Bertani media”, J. Appl. Phys. 102, 074702 (2007)
4. Jungsun Paek, Chang Hoon Lee, Jiyoung Choi, Sung-Yool Choi, Ansoon Kim, Ju Wook Lee, and Kwangyeol Lee, “Gadolinium Oxide Nanoring and Nanoplate : Anisotropic Shape Control”, Crystal Growth & Design 7, 1378-1380 (2007)