

Third-Harmonic Generation을 이용한 CdS@Ag_n 콜로이드 용액의 $\chi^{(3)}$ 측정

Measurement of $\chi^{(3)}$ in CdS@Ag_n Colloidal Solution by Third-Harmonic Generation

김대근*, 이응장*, 김대규*, 이규승*,
Lionel Canioni**, Thierry Cardinal***, 박승한*

*연세대학교 물리학과, **CPMOH-CNRS, ***ICMCB-CNRS

shpark@yonsei.ac.kr

Third-Harmonic Generation (THG)은 각진동수가 ω 인 입사 광자 3개가 합쳐져서 3ω 인 광자를 만들어 내는 것으로 3차 감수율(susceptibility) $\chi^{(3)}(-3\omega; \omega, \omega, \omega) = \chi^{(3)}$ 와 관계가 있는 결맞는(coherent) 3차 비선형 과정이다. 이러한 THG 효과는 주로 가시광을 자외선 영역의 빛으로 바꾸기 위하여 연구되어 왔으나, 위상정합 조건이 적당하지 않은 bulk material에서 변환 효율이 낮으므로 second-harmonic generation과 sum-frequency generation 보다는 그 응용이 제한되어 왔다^(1,2). 하지만 THG는 굴절률이나 3차 감수율(susceptibility)의 불연속성이 존재하는 경계면 근처에서는 적용 가능하다는 것이 알려지면서, 다양한 경계면에서의 $\chi^{(3)}$ 측정에 적극적으로 활용되고 있다.⁽⁷⁾

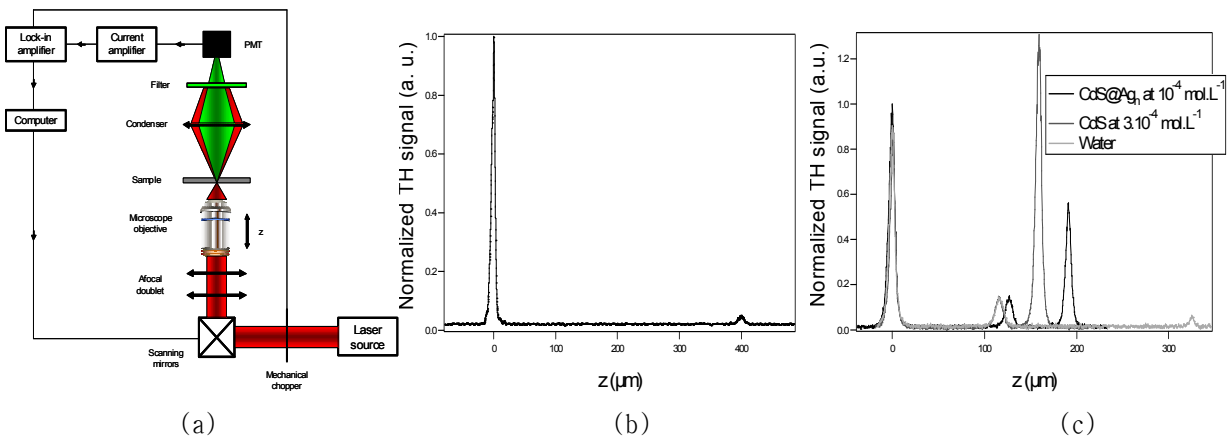


그림 1. (a) Experimental setup for THG
 (b) Evolution of the normalized third-harmonic signal versus the z-position of a fused silica sample in which defects have been created by femtosecond laser irradiation.
 (c) Evolution of the normalized third-harmonic signal versus the z-position of three different solutions deposited on a 120 μm -thick microscope slide

넓은 범위의 광투과 대역을 갖는 유리(glasses)는 fundamental beam과 third-harmonic beam을 흡수 없이 투과시킬 뿐만 아니라,⁽³⁻⁶⁾ fundamental laser beam이 경계면에 초점을 맺을 때, 물질의 경계면의 상을 볼 수 있는 결맞은 THG이 발생하는 특징을 갖고 있다.

본 실험에서는 그림 1 (a)과 같은 THG setup을 구성하고, femto-second laser를 이용하여 각 시료의 경계면에서 발생하는 THG 신호를 검출함으로써 시료의 3차 감수율(susceptibility)을 측정하였다. 그림 1 (b)는 femto-second laser를 이용하여 fused silica 내부에 인위적인 defects를 만들고 air/silica 경계면, silica/defects 경계면에서 검출한 THG 신호를 나타낸 것이다. 이를 통하여 시료 내부의 구조와 그 특성을 파악할 수 있다. 그림 2. (b)는 120 μm 두께의 슬라이드 글라스 위에 세가지 다른 종류의 용액을 떨어뜨린 후 측정한 THG 신호를 나타낸다. 각 용액은 $10^{-4}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 인 CdS@Ag , $3\times 10^{-4}\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 인 CdS, water이며 첫 번째 peak는 air/slide 경계면을 나타내고 두 번째 peak는 slide/solution 경계면을 나타내며 세 번째 peak는 solution/air 경계면을 나타낸다.

참고문헌

1. P. S. Banks, M. D. Feit and M. D. Perry, "High intensity direct third harmonic generation in BBO," in Nonlinear Optics '98: Materials, Fundamentals, and Applications Topical Meeting, Kauai, USA, 1998, pp. 268-270.
2. D. Taverner, P. Britton, P. G. R. Smith, D. J. Richardson, G. W. Ross and D. C. Hanna, "Highly efficient second-harmonic and sum-frequency generation of nanosecond pulses in a cascading erbium-doped fiber: periodically poled lithium niobate source," Optics Letters, vol. 23, pp. 162-164 (1998).
3. B. Buchalter and G. R. Meredith, "Third-order optical susceptibility of glasses determined by third harmonic generation," Applied Optics, vol. 21, pp. 3221-3224 (1982).
4. H. Nasu, K. Kubodera, M. Kobayashi, M. Nakamura and K. Kamiya, "Third-Harmonic Generation from Some Chalcogenide Glasses," Journal of the American Ceramic Society, vol. 73, pp. 1794-1796 (1990).
5. S. H. Kim, T. Yoko and S. Sakka, "Nonlinear Optical Properties of TeO₂-Based Glasses: La₂O₃-TeO₂ Binary Glasses," Journal of the American Ceramic Society, vol. 76, pp. 865-869 (1992).
6. U. Gubler and C. Bosshard, "Optical third-harmonic generation of fused silica in gas atmosphere: Absolute value of the third-order nonlinear susceptibility $\chi(3)$," Physical Review B, vol. 61, pp. 702-710 (2000).
7. T. Y. F. Tsang, "Optical third harmonic generation at interfaces," Physical Review A, vol. 52, pp. 4116-4126 (1995).