

피코초 레이저 펄스에 의한 백색광 발생

White-light Continuum Generation by a picosecond laser pulse

강명균, °이승목, 김도석, 이범구
 서강대학교 물리학과
 doseok@sogang.ac.kr

강한 펄스 레이저가 렌즈에 의해 투명한 매질 속에 집광되면 가시광선 영역에서부터 적외선 영역에 걸친 넓은 파장대의 빛이 발생하게 되는데 이것을 White-Light Continuum이라고 한다. 이 현상은 1970년에 Alfano 와 Shapiro^[1]에 의해 처음으로 발견되었으며 그 후에 여러 투명한 매질들을 통해 White-light continuum의 발생이 확인되었다. 물(H₂O)과 중수(D₂O)에서도 이런 펄스 백색광의 발생이 관찰되어졌으며^[2] 고체 매질에 비해 집광된 강한 빛에 의해 생기는 손상에 대한 self-healing이 뛰어나 백색광을 발생시키기 위한 이상적인 매질로 인식되고 있다. 펄스 백색광은 입사 레이저의 편광 방향과 평행하며^[3] 펄스폭도 같은 것으로^[4] 알려져 있으며 이런 특성으로 인해 현재 Time-resolved spectroscopy에서의 Probe beam과 다양한 파장대의 펄스 레이저 발생 및 증폭을 위한 Seed pulse등으로 응용되고 있다. 현재까지 백색광 발생 현상에 대한 이론으로 자기 위상 변조(Self-Phase Modulation), 4광파 혼합(Four-Wave Mixing)과 라만 효과(Raman Effects)등이 펄스 백색광을 설명하기 위해 제시되고 있지만 이들 이론 중 어느 것도 다양한 매질에서 관찰되고 있는 공통된 특성을 설명하기에는 어려움이 많다. 본 실험에서는 물과 중수에서 발생된 백색광의 spectrum을 유도라만 효과에 의한 Anti-Stoke 빛의 peak들과 비교하였으며 공간적인 분포는 four-wave mixing에 의한 phase matching angle과 관련하여 비교 분석하였다.

백색광은 1064nm Nd:YAG pulse laser의 pump beam을 물(H₂O)과 중수(D₂O)의 1:1 혼합액이 들어있는 10cm의 cell에 초점거리 50cm 인 볼록렌즈를 사용하여 입사시켜 발생시켰으며 발생한 백색광의 공간적인 분포는 cell로부터 24.5cm의 거리에서 측정하였다.

[그림 1]은 발생한 백색광의 중심으로부터 벗어남에 따른 Intensity의 변화를 나타내고 있으며 백색광의 peak들과 유도라만 현상에 의한 물과 중수에서의 Anti-Stoke 빛들의 peak이 대체적으로 일치되고 있음을 확인할 수 있다. 또한 중심으로부터의 거리에 따른 분포를 보면 중심에서는 850~900nm의 파장대가 가장 크게 분포되어 있고 중심으로부터 멀어질수록 700~750nm, 600~650nm 그리고 550nm의 파장대 순으로 큰 분포를 차지하고 있음을 확인할 수가 있는데 실제로 발생한 백색광에 white paper를 두었을 때 눈으로 확인한 결과도 중심에서 바깥으로 갈수록 푸른색의 경향을 띠고 있음을 관찰할 수 있었다. [그림 2]는 백색광의 공간적인 분포를 four-wave mixing에 의한 물과 중수의 Anti-Stoke 빛의 phase matching angle과 비교한 것이다.

본 연구를 통하여 발생한 백색광은 현재 여러 매질의 absorbance측정을 위한 pump beam으로 활용할 수 있도록 Time-resolved absorption spectrograph 장치를 구성, 실험 중에 있다.

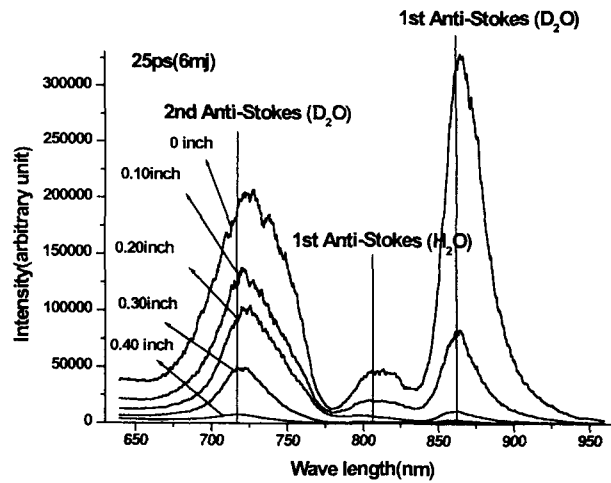


그림 1 중심으로부터의 거리에 따른 백색광의 파장분포(600nm중심)

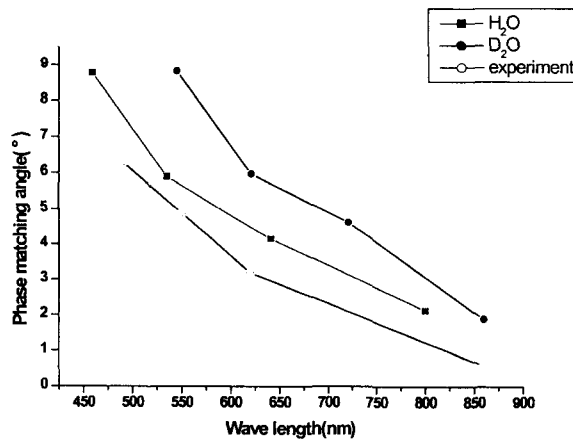


그림 2 four-wave mixing에 의한 물(H₂O)과 중수(D₂O)에서의 phase matching angle 이론값 및 백색광에 대한 실험값 비교

참고문헌

[1] R. R. Shapiro and S. L. Shapiro, Phys. Rev. Lett. 24, 584 (1970); Phys. Rev. Lett. 24, 592 (1970).
 [2] W Lee Smith, P. Liu, and N. Bloembergen, Phys. Rev. A 15, 6, 2396 (1977).
 [3] A. Penzkofer, A. Laubereau, and W. Kaiser Phys. Rev. Lett. 31, 869 (1973).
 [4] A. Penzkefer, A. Beidoun, H. J. Lehmeier, Optical & Quantum Electronics 25, 317 (1993).