

BBO 결정에서의 2차 조화파 발생을 이용한 실시간 조영법

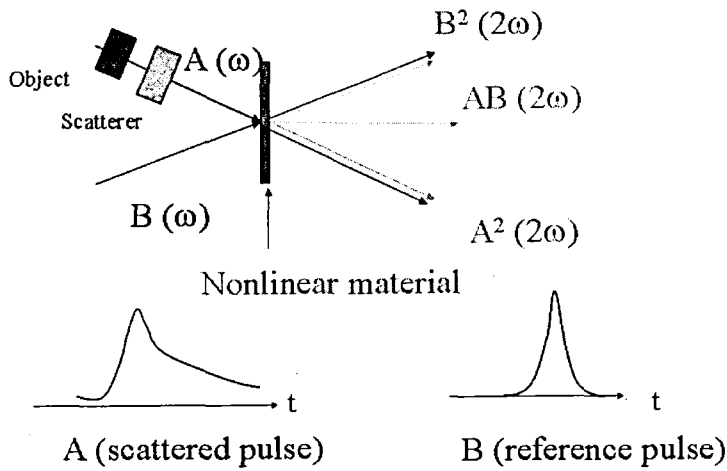
Real-time imaging by use of second-harmonic generation in BBO crystal

김재권, 임환홍, 차명식, 김창원*, 김석*, 전계록*, 노정훈*

부산대학교 물리학과, *부산대학교 의과대학

jk2729@pnu.edu

본 연구의 목적은 2차 조화파 발생을 이용하여 실시간으로 물체의 상을 재현해 보는데 있다. 최종 목표인 생체내의 물체의 조영을 하기 위한 사전 단계로 비선형 광학의 의료 imaging 응용 가능성을 알아



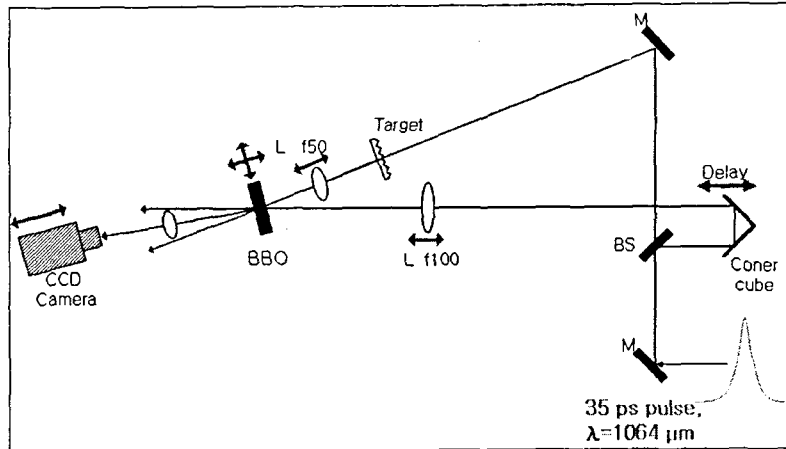
[그림. 1] Non-collinear SHG 의 개요

보았다. 이론적으로 [그림.1] 과 같이 Non-collinear SHG 현상이 핵심이 된다.⁽¹⁾ 물체의 정보를 담고 있는 펄스 A 가 산란체를 만나면 펄스의 세기가 약해지고 물체의 상을 흐리게 하는 늘어지는 펄스의 꼬리를 가지게 된다. 비선형 결정 내에서 펄스 B는 A 펄스의 불 필요한 펄스 꼬리를 막고 물체의 정보가 있는 부분만 시간적으로 문을 열어 주는 time-gating 역할을 한다. 두 펄스의 correlation으로 가운데 방향으로 물체의 정보를 담은 2ω의 신호가 나온다.

본 연구에서는 산란체는 사용하지 않았고 다양한 알파벳의 이미지와 회절격자를 조영하여 2차 조화파를 이용한 조영술의 선명도와 분해능을 알아보는데 주안점을 두었다. 실험 장비의 setup은 [그림.2]와 같다.⁽¹⁾ 광원으로 Mode-Locked Nd-YAG laser를 사용 하였다. 비선형 결정으로는 BBO 결정을 사용 하였고 두께는 제작 가능한 최소치인 10 μm 로 정하였다.⁽²⁾ 두 펄스가 결정 내에서 위상 정합을 만족하는 각폭(angular bandwidth)이 결정의 두께가 얇을수록 넓어서 실험 시 물체광과 기준광 사이의 각도변인으로 인한 위상부정합 무늬를 피하고 장치 setup도 용이하였다. 선명한 상을 얻기 위해서 결정 내에서 두 빔을 시간적, 공간적으로 중첩 시키는 것이 중요하다. 4-f Fourier imaging 기법을 사용하였다.

물체로는 5 mm 폭의 투명 필름 음각 판을 물체광의 경로에 놓아 이미지를 촬영하였다. 투명 필름 자체의 선명도를 고려할 때 4 가지의 알파벳 문자의 이미지는 [그림.3]과 같이 거의가 원래의 물체의 모습을 재현 하였다. 알파벳 문자의 예리한 모서리는 일부 이미지에서 상실 되었다. 그 원인은 예리한 모서리가 푸리에 평면에서 가지는 큰 공간 주파수가 BBO의 두께와 기준광의 빔 크기 범위를 벗어난 것으로 분석 된다.

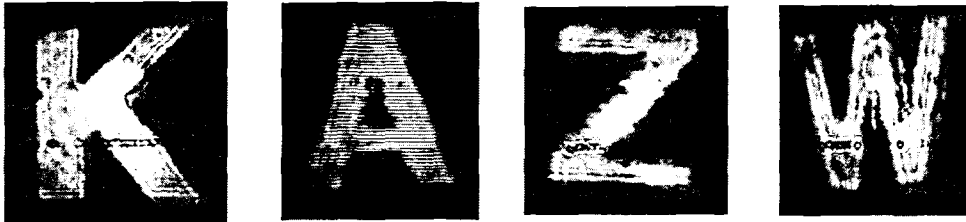
그 다음 물체로는 7 mm 폭의 3 가지 종류의 회절격자를 조영하여 분해능을 알아보았다.



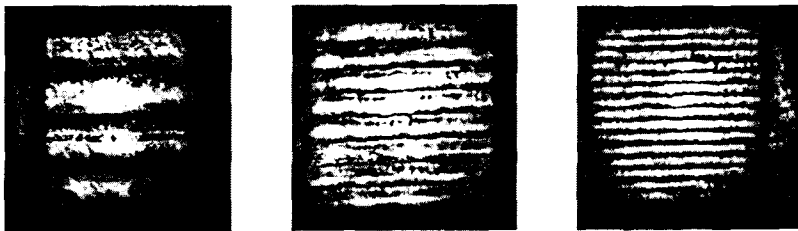
[그림.2] 2차 조화파 발생을 이용한 실시간 조영법 장치 개요도

1.064 μm 광원을 이용한 SHG Fourier imaging에서 0.43 mm 물체의 간격까지 분해가 가능 하였다. 0.43 mm 격자의 푸리에 평면에서 $m=0, \pm 1$ 차 회절 무늬의 간격은 기준광의 빔 크기보다 훨씬 크게 계산 되어서 공간적 중첩이 이루어지기 어려울 것으로 예상 되었다. 하지만 격자 자체의 선명도를 고려 하더라도 원래 물체의 이미지를 [그림. 4]와 같이 상당부분 재현 할 수 있었다. 그 이유는 레이저 빔의 가우시안 분포상의 특성과 회절격자의 좌우대칭성에 기인한 것으로 분석 된다.

2차 조화파 발생을 이용한 실시간 조영법은 산란체 조영술에 사용될 수 있는 효율적인 방법이며, 과정을 인체 피부 투과영역으로 선택하면, 새로운 의료용 imaging 기술로 개발 가능할 것으로 기대된다.



[그림. 3] 알파벳의 SHG images



$\Lambda = 1.55 \text{ mm}$

$\Lambda = 0.82 \text{ mm}$

$\Lambda = 0.43 \text{ mm}$

[그림. 4] 회절격자의 SHG images

References

[1] G. Ramos-Ortiz and M. Cha, B. Kippelen, G. A. Walker, S. Barlow and S. R. Marder, *Opt. Lett.* Vol. 29, pp 2515-2517.(2004)
 [2] V. G. Dmitriev, G. G. Gurzadyan, D. N. Nikogosyan, *Handbook of Nonlinear Optical Crystals*, 3rd Edition, Springer Press, 1999

T
C