

전단펄스를 이용한 유도 브릴루앙 산란 반사파형의 원형보존에 관한 연구

Investigation of the preserving the waveform of the back scattered stimulated Brillouin scattering wave using a pre pulse

백두현, 이성구, 공홍진
 한국과학기술원 물리학과
 dbaek@kaist.ac.kr

유도 브릴루앙 산란(Stimulated Brillouin Scattering; SBS)은 위상공액파(Phase Conjugate Wave)^{(1),(2)}를 발생시키므로 레이저의 증폭기에서 거울을 대신하여 사용가능성이 대단히 높다. 그러나 반사되는 파의 파형이 음파생성 및 투과로 인하여 파의 앞부분이 급격하게 증가하는 형태를 띠게 된다. 이러한 반사파의 변형은 위상공액 거울에 의한 연속적인 반사를 어렵게 한다. 즉 완만히 증가하는 입사파가 매질로 입사 되더라도 반사되는 파는 급격히 상승하는 파형을 가지게 되고, 이러한 파형을 가지는 펄스가 다시 위상공액거울에 재 입사되면 Breakdown과 같은 현상이 발생한다. 이는 반사율 및 위상공액도 감소로 이어지게 되어 두 번 이상의 레이저 증폭에서 효율을 떨어뜨린다.⁽³⁾ 본 실험에서는 이러한 반사파의 변형을 막기 위해서 전단펄스^{(4),(5)}를 미리 위상공액거울에 입사시켜 놓음으로써 반사파의 앞단이 소실되는 것을 막고 이를 통하여 반사파의 형태를 유지시켰다. 실험을 통하여 반사파의 파형은 전단펄스의 에너지 및 반사파와 메인펄스의 Delay time에 의존함을 관찰하였다.

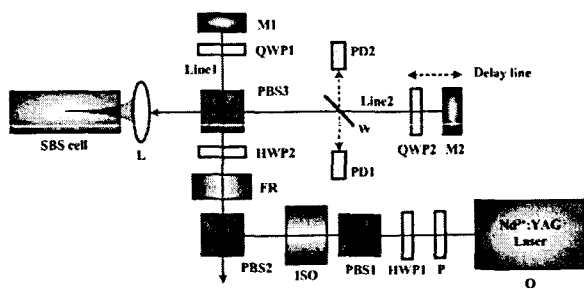


그림1. 실험 장치: O, Nd³⁺:YAG ; P, linear polarizer; HWP, $\lambda/2$ plate; PBS, polarizing beam splitter; ISO, Faraday isolator; FR, Faraday rotator; QWP, $\lambda/4$ plate; M, mirror; W, wedge; L, convex lens ($f=15\text{cm}$); PD, photo diode; SBS cell (FC75, 30cm long)

실험장치를 그림1에 나타내었다. 장치를 간단히 설명하면 선형편광된 빔은 $\lambda/2$ plate, HWP1,을 지나게 되고 polarizing beam splitter, PBS1,은 에너지 조절을 위해 쓰인다. 특별히 Faraday isolator, ISO,는 광학소자의 불안전성에 기인한 Leak eam과 위상공액파의 특성 때문에 반드시 설치해야한다. 다음으로 입사파는 PBS3를 지난 후 두 경로로 갈라지게 되는데 하나는 전단펄스의 진행경로 이며 또 다른 하나는 메인펄스의 진행경로이다. 전단펄스와 메인펄스의 에너지양은 HWP2에 의해 조정 된다. 메인펄스 경로에서 전단펄스가 적용되었을 때와 적용되지 않았을때의 펄스의 변화를 실험에서 관찰 했다. 이를 통해 전단펄스가 얼마나 메인펄스의 파형에 영향을 주는지 알 수 있을 것이다.

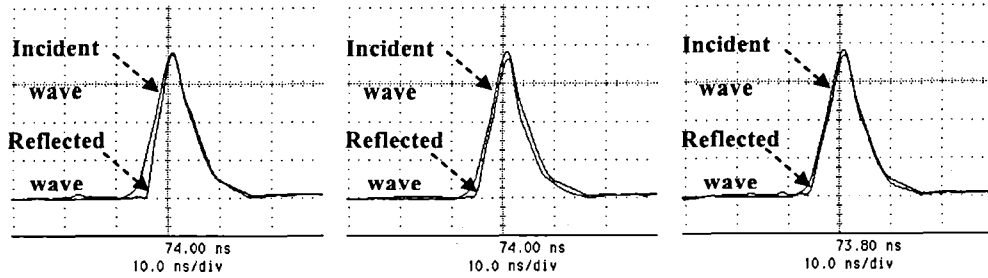


그림2. 입사파와 전단펄스가 적용되었을 때의 반사파와의 비교: (a) $E_{pre}=3mJ$, (b) $E_{pre}=4mJ$, (c) $E_{pre}=5mJ$,

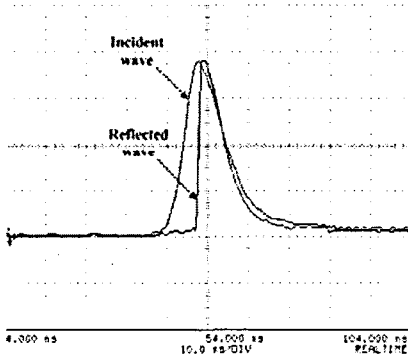


그림3. 전형적인 입사파와 반사파의 형태

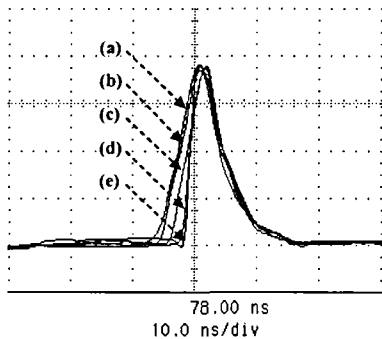


그림4. Delay time에 따른 파형 변화: (a) 입사파, (b) 5ns, (c) 7ns, (d) 3ns, (e) 10ns.

처음에 실험은 $E_{main}=10mJ$, $E_{pre}=2mJ$, $T_{delay}=5ns$ 에서 조사되었으며 전단펄스의 도움을 받은 메인펄스와 받지 않은 메인펄스 사이에 큰 차이는 관찰 할 수 없었다. 다음으로 $E_{pre}=3mJ, 4mJ, 5mJ$ 일 때의 파형이 조사되었으며 그림2에 전단펄스양에 따른 메인펄스의 파형 변화를 나타내었다. 대략 $E_{pre}=3mJ$ 일때 부터 파형의 변화가 눈에 보이기 시작했으며 $E_{pre}=5mJ$ 일때 SBS매질 내에 음파를 형성시켜 입사파를 반사 시키는데 가장 효과적인 역할을 하는 것으로 나타났다. $E_{pre}=3mJ, 4mJ$ 일 때는 5mJ 일때와 마찬가지로 음파를 생성시키기는 하지만 충분히 입사파를 반사시킬만큼 음파가 성장 되지 못한 것으로 생각 할 수 있다. 즉, 이것으로부터 $E_{pre}=5mJ$ 일때 전단펄스가 없었을 경우 음파 생성을 위해 쓰였던 에너지가 전단펄스로 인해 거의 손실 없이 반사됨을 관찰 할 수 있었다. 그림3에 보여진 전형적인 입사파 및 SBS매질로부터의 반사파의 형태와 비교하면 전단펄스의 효과를 확인 할수 있다. 마지막으로 $E_{main}=10mJ$, $E_{pre}=5mJ$ 의 조건에서 T_{delay} 를 3ns, 5ns, 7ns, 10ns로 조정하며 파형의 변화를 관찰했다. T_{delay} 가 5ns, 7ns, 3ns, 10ns순으로 파형이 원래 입사파의 형태로 보존됨을 알 수 있었다. T_{delay} 가 3ns, 10ns 일 때는 전단펄스 생성 후 Delay time이 너무 짧아 효과적으로 메인펄스에 기여하지 못하거나 너무 길어 전단펄스가 사라진 후 메인펄스가 도착 하는 것으로 생각할 수 있다. 이 실험으로부터 전단펄스양과 Delay time을 조절함으로써 반사파를 처음의 입사파로 보존 할수 있음을 확인할 수 있었으며 이 전단펄스를 이용한 방법을 이용해 1개 이상의 셀을 쓰는 다중 SBS시스템에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

T
P

1. D. A. Rockwell, IEEE J. Quantum Electronics 24, 1124 (1988)
2. M. Pepper, and A. Yariv, Opt. Lett. 5, 59 (1979)
3. C. Brent Dane, William A. Neuman, Lloyd A. Hackel, Opt. Lett. 17, 1271 (1992)
4. B. Kralikova, J. Skala, P. Straka, and H. Turcicova, Appl. Phys. Lett. 77, 627 (2000)
5. Antonio Corvo, and Athanasios Gavrielides, J. Appl. Phys. 64, 489 (1988)