

문턱에서의 광섬유 유도 브릴리앙 산란의 열개

Mechanism of the stimulated Brillouin scattering in optical fiber near the threshold

이상훈*, 김동익, 이대식, 김철민
 광 혼돈 현상 제어 연구단 배재대학교, 서남대학교 물리학과*
 shlee@seonam.ac.kr

비선형성 매질 내에 강한 레이저 빛이 입사될 경우 열적 혹은 양자적으로 들떠워진 음파에 의해 산란되는 Stokes wave가 발생된다. 이는 입사 레이저 빛과 서로 간섭하여 매질 내에 만들어진 음파를 증폭시키게 되며 증폭된 음파는 입사 레이저 빛을 다시 산란시키게 되어 결과적으로 Stokes wave의 진폭을 지수적으로 증가시키게 되는데 이를 유도 브릴리앙 산란(stimulated Brillouin scattering: SBS)이라 한다. 매질의 제 3차 비선형 계수에 관계되는 SBS 신호의 주파수는 브릴리앙 주파수라 불리는 양만큼 입사된 레이저 주파수로부터 낮은 쪽으로 이동하게 되며 운동량 및 에너지 보존에 의해 입사 레이저의 반대 방향으로 그 크기가 최대가 된다. 또한 입사 레이저 빛의 세기가 커짐에 따라 SBS의 크기는 지수적으로 증가하게 된다. 특히 입사되는 레이저 펌프 빛이 연속적(cw)일 때 되튀어 나오는 SBS 신호의 형태는 간헐적(intermittent)인 펄스 형태로서 그 크기와 간헐성이 확률적(stochastic)인가 혹은 혼돈적(chaotic)인가에 대해 많은 실험과 논의가 있어 왔다. 특히 문턱 근처에서의 간헐성이 주로 SBS의 씨앗 역할을 하는 자발적 브릴리앙 산란(spontaneous Brillouin scattering)이 주도적 역할을 하는 것으로부터 SBS가 확률적이라는 의견이 지배적이었다.

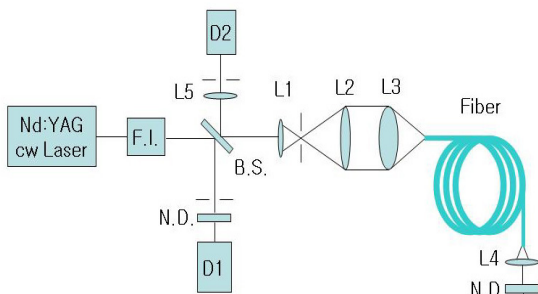


그림 1. 실험 장치

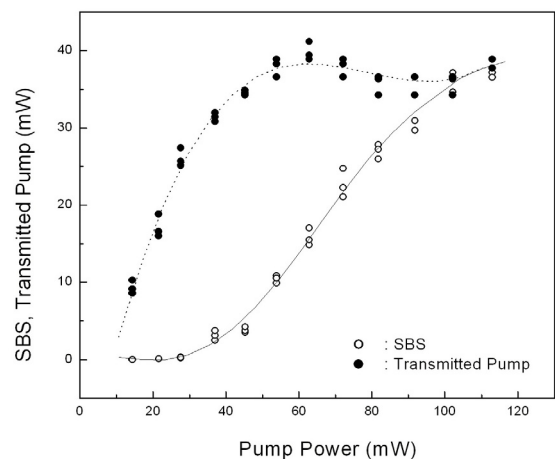


그림 2. 입력 일률에 대한 SBS 일률 및 투과 일률

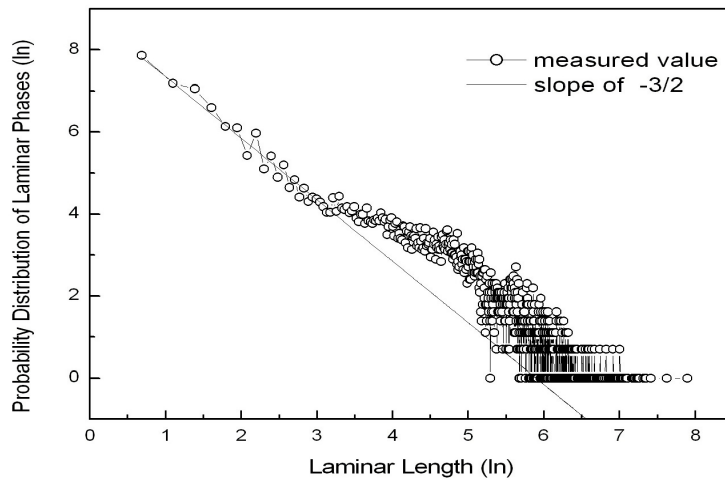


그림 3. 라미나 길이에 대한 라미나 위상의 확률분포

본 실험에서는 cw Nd-YAG 레이저를 통신용 single-mode 광섬유에 입사시켰을 때 발생하는 SBS 신호를 관찰하여 threshold incremental gain G_{th} 가 $G_{th} \approx 19.9$ (알려진 gain 값 $G_{th} \approx 21$)를 얻을 수 있었다. 특히 문턱 근처에서 SBS 신호를 분석하여 라미나 길이 n 에 대한 SBS 신호의 발생 분포 A_n 이 $n^{-3/2}$ 에 비례함을 확인함으로써 문턱 근처에서의 SBS 발생 신호가 혼돈적이라는 사실을 밝힐 수 있었다. 또 라미나 위상이 긴 위치에서 함께 나타나는 shoulder를 통하여, 관찰된 SBS 신호에는 확률적 성질을 갖는 자발적 브릴리앙 산란신호가 상당히 포함되어있음을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학기술부 창의연구과제로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Y. R. Shen, The Principles of Nonlinear Optics (Wiley, New York, 1984).
2. G. P. Agrawal, Nonlinear Fiber Optics, 2nd ed. (Academic, Boston, Mass. 1995).
3. R. G. Harrison, J. S. Uppal, A. Johnstone, J. V. Moloney, Phys. Rev. Lett. 65, 167(1990).
4. Robert W. Boyd, Kazimierz Rzazewski, Paul Narum, Phys. Rev. A 42, 5514(1990).
5. N. Platt, E. A. Spiegel, and C. Tresser, Phy. Rev. Lett. 70, 279-282(1993).
6. J. F. Heagy, N. Platt, and S. M. Hammel, Phy. Rev. E 49, 1140-1150 (1994).