

# 광섬유에서의 유도 브릴루앙 산란신호 관찰

## Experiments on Stimulated Brillouin Scattering in Optical Fibers

김동익, 박영재, 김규욱\*, 김철민\*\*

서강대학교 물리학과, 금오공과대학교 자연과학부\*, 배재대학교 물리학과\*\*

solarwind@physics3.sogang.ac.kr

비선형 광학 현상들 중 하나인 유도 브릴루앙 산란(Stimulated Brillouin Scattering; SBS)은 고체, 액체, 기체, 그리고 플라즈마 상태에서 광범위하게 관찰된다. 특히, 1990년대에 들어서면서 광섬유에서 나타나는 SBS가 주목을 받기 시작하면서 많은 연구가 이루어졌다<sup>(1-4)</sup>. SBS 현상은 빔이 입사되는 방향의 반대방향일 때 가장 크게 일어나는데 일단 입사되는 빔의 출력이 SBS가 일어나기 위한 문턱 값을 넘을 때 지수적으로 증가한다<sup>(5)</sup>. SBS는 고출력으로 갈수록 상당한 손실을 초래하게 되는데 광통신에 쓰이는 광섬유뿐만 아니라 엄청난 출력을 요구하는 레이저 핵융합에서는 표적에 입사하는 빔의 대부분이 SBS로 인해 산란되어 버림으로써 상당한 에너지 손실을 일으키게 된다.

광섬유에서 산란되어 나오는 SBS 신호는 혼돈스러운 양상을 보이는데 이것에 관한 연구가 보고되었다<sup>(6-7)</sup>. 또한 혼돈스러운 SBS가 일으키는 손실을 제어하고자 하는 노력으로 Carlos Montes가 레이저 플라즈마에서 이론적인 방법<sup>(8)</sup>을 제시했는데 그 이후로 뚜렷한 연구가 이루어지지 않았다. 그 이유는 광통신에 사용되는 레이저 출력이 그리 높지 않아서 SBS로 인한 손실을 거의 무시할 수 있었기 때문이다. 그러나 입사 레이저의 출력이 커질수록 이 손실은 지수적으로 증가하여 무시할 수 없고, 따라서 이것에 관한 연구가 필요한 상태다. 만약 SBS로 인한 손실을 효과적으로 제어할 수만 있다면, 많은 잇점을 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 이러한 노력의 첫걸음으로, 본 연구에서 실험을 통해 광섬유에서 산란되어 나오는 혼돈스러운 SBS 신호를 관찰했고 앞으로 이것을 효과적으로 제어함으로써 이로 인한 손실을 최소화할 계획이다.

그림 1은 실험 장치에 관해 보여주고 있다. 여기에서 사용된 레이저는 단일모드 CW Nd:YAG 레이저인데 SBS의 펄핑 원천으로써 작용한다. 그리고 출력거울 앞에 30Hz로 회전하는 Chopper를 두어서 레이저 빔을 주기적인 펄스로 동작시켰다. 레이저에서 발진하는 광선을 특정한 방향으로 편광 시키는데 그 이유는 광섬유에서 반사되어 되돌아오는 빔이 다시 레이저로 들어가서 레이저에 손상을 주거나 출력을 불안정하게 만드는 것을 막기 위해서이고 PBS와 FI를 이용해서 효과적으로 차단시켰다.

그림 2는 광섬유에 입사하는 레이저의 출력이 1.21W일 때의 시계열을 보여주고 있다. 이때 본 오실로스코프의 범위는 5mV/div이고 제법 센 SBS 신호를 관찰할 수 있었다. 그림 3은 레이저의 출력 증가에 따른 SBS 신호의 시계열을 보여주고 있는데, 그 형태가 매우 혼돈스러움을 알 수 있다. 또한 입사하는 레이저 출력이 증가할수록 SBS의 출력도 이에 비례하여 증가함을 볼 수 있다. 입사 레이저 출력은 각각 (a)0.4W, (b)1.21W, (c)1.60W, (d)1.89W 이다. 그림 2와 그림 3의 (b)는 같은 레이저 출력(1.21W)일 때 입사하는 빔과 SBS의 출력 신호에 따른 시계열을 보여주고 있는데 그 차이가 확실하게 구분됨을 알 수 있다. 지금까지 광섬유에서 산란되어 나오는 SBS 현상을 실험적으로 관찰했는데 앞으로 AOM을 이용하여 SBS 신호의 주파수와 진폭에 비례하는 변조를 가하여 혼돈스러운 SBS 현상을 제어할 계획이다.

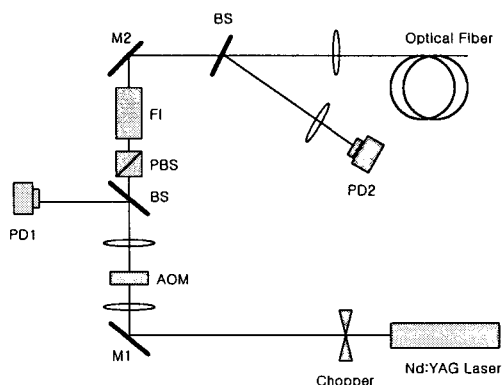


그림 1. 광섬유에서 발생하는 유도 브릴루앙 신호를 관찰하기 위한 실험장치 :  
AOM; Acousto Optic Modulator, BS; Beam Splitter, PBS; Polarization Beam Splitter, FI; Faraday Isolator. PD's; Photo diode.

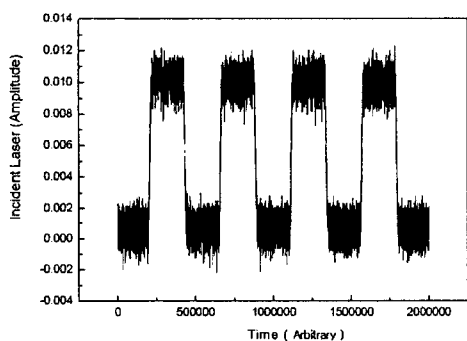


그림 2. 레이저 출력이 1.21W 일 때 광섬유에 입사하는 빔의 시계열

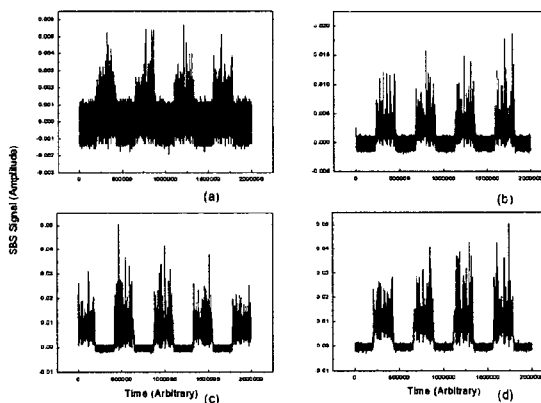


그림 3. 레이저의 출력증가에 따른 SBS 출력 신호의 시계열. 레이저 출력의 크기는 각각 (a)0.4W, (b) 1.21W, (c)1.60W, (d)1.89W 이다.

참고문헌

- (1) R. G. Harrison, J. S. Uppal, A. Johnstone, and J. V. Moloney, Phys. Rev. Lett. 65, 167 (1990).
- (2) C. C. Chow and A. Bers, Phys. Rev. A 47, 5144 (1993).
- (3) A. L. Gaeta and R. W. Boyd, Phys. Rev. A 44, 3205 (1991).
- (4) M. Dämming, G. Zinner, F. Mitschke, and h. Welling, Phys. Rev. A 48, 3301 (1993).
- (5) G. P. Agrawal, Fiber-Optic Communication Systems, 2nd ed. (Wiley-Interscience, New York, 1997).
- (6) C. J. Randall and J. R. Albritton, Phys. Rev. Lett. 52, 1887 (1984).
- (7) R. G. Harrison, P. M. Ripley, and Weiping Lu, phys. Rev. A 49, R24 (1994).
- (8) C. Montes, Phys. Rev. Lett. 50, 1129 (1983).