

## 광섬유 간섭계를 이용한 광섬유의 굴곡음파 측정

### Measurement of acoustic wave on optical fiber using fiber-optic interferometer

김나리, 김은선, 황인각

전남대학교 물리학과

joinet@hanmail.net

음파소자(Acoustic device)에는 고체의 표면을 통해 전파되는 음파를 이용한 <sup>(1)</sup>표면탄성과 소자와 광섬유를 따라 전파되는 음파를 이용한 광섬유 음향광학 소자등이 있다. 이들은 전기적 대역투과필터, 광학적 파장필터, 압력센서 등으로 널리 사용된다. 본 연구에서는 음파 응용소자의 개발 및 특정분석에 필요한 음파 측정장치를 연구하였다. <sup>(2)</sup>광 간섭계의 원리를 이용하여 음파의 진폭과 주파수 그리고 위상 등의 정보를 효과적으로 측정하는 것이 본 실험의 목표이다. 그림1의 음파발생기의 PZT에 1MHZ, 10V의 전기신호를 가해주면,  $A(t)=A_0\sin(\omega t)$ 의 변위가 주어진다. XYZ translator를 이용하여 SMF와 매질간의 간격(d)을 유지함으로써 매 시간에 따른 변위 정보를 Oscilloscope상에서 그대로 관측한다. 그림 1(a)에서 광섬유 끝단과 매질사이의 간격을 d, 탄상파가 없을시의 간격을  $d_0$ 라 하고, 탄성파의 변위를 A로 표현한다.  $d = d_0 + A(t)$

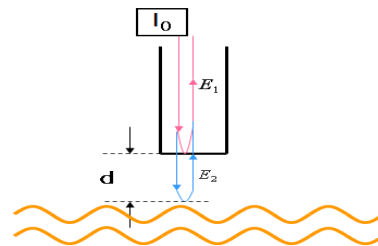
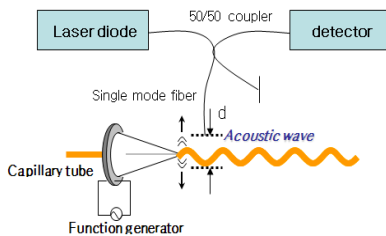


그림1. (a) 광 간섭계를 이용한 굴곡음파 측정

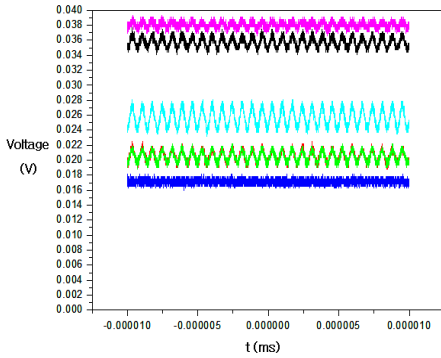
(b) 광섬유 프로브 부분의 확대 모습

광섬유 끝단과 매질에서 반사되어 광섬유로 되돌아온 실제 반사율을 각각  $R_1, R_2$ 로 나타내었을때, 검출기에 도달하는 빛의 세기  $I(t)$ 는 이와같이 나타난다.

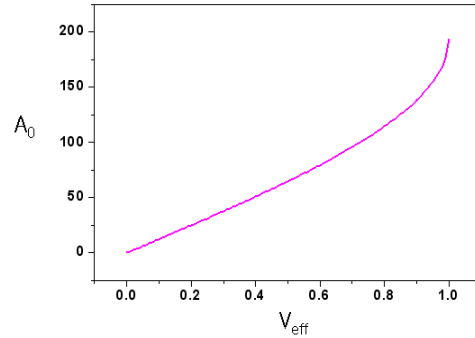
$$I(t) = I_0 \frac{R_1 + R_2}{4} + I_0 \frac{\sqrt{R_1 R_2}}{2} \cos \left[ \frac{4\pi}{\lambda} (d_0 + A(t)) \right] \quad (1)$$

식(1)에 의하면  $d_0$ 에 따라 광 신호의 평균 세기 및 진폭이 달라지게 된다.

실제로 PZT에 1.0MHZ, 10V의 전기신호를 가한 뒤 오실로스코프 상에서 얻어진 신호를 그림 2(a)에 나타내었다. 다섯 개의 서로 다른 파형은 XYZ translator를 이용하여  $d_0$ 를 변화시켜 얻은 것이다. 이 가운데 신호의 진폭이 가장 큰 경우를 선택하여 이로부터 음파의 진폭  $A_0$ 를 계산하게 되는데 그 관계식은 다음과 같다. 그림 2(b)는  $\lambda = 1550\text{nm}$ 인 경우 유효가시도와 음파의 진폭간의 관계 그래프를 나타낸 것이다. 그림 2의 경우 식 (2)로부터 유효가시도  $V_{\text{eff}} = 0.020$ , 음파의 진폭  $A_0 = 25\text{nm}$ 를 얻게된다.



52(a)

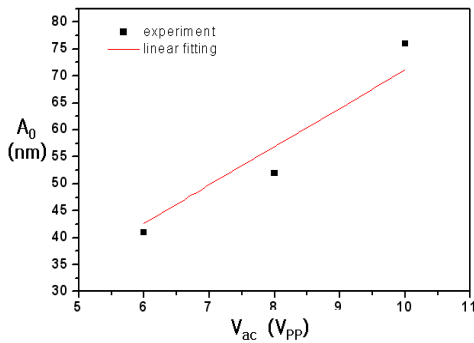


(b)

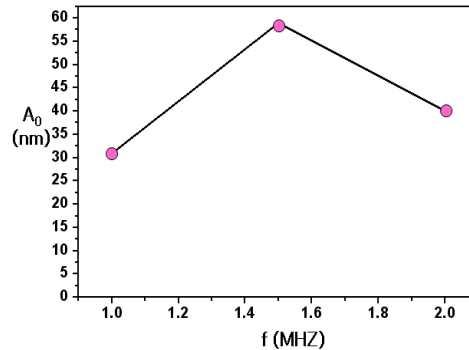
그림 2. (a) 프로브와 매질사이의 간격  $d_0$  변화시 oscilloscope상에서 얻은 파형 (b) 유효가시도( $V_{eff}$ )와 실제진폭( $A_0$ )의 관계

$$A_0 = \frac{\sin^{-1} V_{eff}}{\frac{4\pi}{\lambda}} \quad V_{eff} = \frac{A(t) \text{ 변화에 따른 신호진폭}}{d_0 \text{ 변화에 따른 신호진폭}} \quad (2)$$

그림 3(a)는 음파발생기의 전압을 6, 8, 10V로 바꾸어보았을때 음파의 진폭을 측정 한 결과이다. 전압과 진폭의 크기가 거의 비례함을 알 수 있었다. 그림 3(b)에서는 전압을 10V<sub>PP</sub>로 고정한 상태에서 음파의 주파수를 바꾸어 가며 음파의 진폭을 측정하였다. 이러한 주파수 의존성은 음파 발생기의 구조와 관련되어 있다. 결론적으로, 간단한 광섬유 간섭계를 이용하여 고체의 표면 혹은 광섬유를 따라 흐르는 음파의 진폭을 효율적으로 측정할 수 있음을 보였다. 본 장치를 사용하면 음파의 진폭외에 시간에 따라 음파의 위상, 주파수 등이 변하더라도 그 변화를 실시간으로 읽어낼수가 있어 매우 유용한 측정법이라고 생각된다.



(a)



(b)

그림3. (a) 음파발생기전압( $V_{ac}$ )의 변화에 따른 음파진폭( $A_0$ ) ( $f=1.0\text{MHZ}$ )  
(b) 주파수( $f$ )의 변화에 따른 음파진폭( $A_0$ ) ( $V_{ac}=10V_{PP}$ )

Reference

(1) *Advances in surface acoustic wave technology, systems, applications* by Clemens C. W. Ruppel (World Scientific Publishing Company)  
(2) R. Weigel et al., "Accurate optical measurement of surface acoustic wave phase velocity", Ultrasonic Symposium p. 319 (1993).