

LP₁₁ 결모양 빔살거르개를 사용한 LP₁₁ 결모양 빔살 광섬유 공진고리 간섭계

이현재 · 이두희 · 서상준

한국표준연구소 음향 진동연구실

양진성

한국 과학기술연구원

(1990년 11월 19일 받음)

홀 결모양 빔살이 도파되는 광섬유와 두 결모양 빔살이 도파되는 광섬유를 스러지는 들 결합(evanescent field coupling)을 써서 두 결모양 빔살(LP₀₁, LP₁₁)이 도파되는 광섬유에서 LP₁₁ 결모양 빔살만 뽑아 내었다. 이 LP₁₁ 결모양 빔살이 도파되는 광섬유에 짝짓게 세개를 제작해 두개는 결합시켜 LP₁₁결모양 빔살 광섬유 공진고리 간섭계를 구성 하였다. 구성된 간섭계의 출력 광섬유의 짝짓게판과 프리즘 출력 짝짓게를 결합시켜 광섬유로부터 방사 결모양 빔살을 뽑아 내어 도파되는 결모양수를 조사하였다. 외부 섭동이 간섭계 고리에 가해질 때 프리즘 출력 짝짓게에서 나온 방사 결모양 빔살의 변화와 출력끝에서 나온 방사 빔살모양의 변화를 조사하였다. LP₁₁ 결모양 빔살의 edit 두 반구에 광 다이오드 2개를 놓아 빔살을 받아 오실로스코우프에 입력시켜 Lissajous 모양을 만들어 그 궤도에서 돌아가는 방향으로 위상변화의 증가 혹은 감소되는 방향을 알 수 있다.

I. 서 론

수 결모양(a few mode) 빔살이 도파하는 광섬유를 이용한 짝짓게를 활용하여 각 결모양 결합, 프리즘을 이용한 도파 결모양 빔살 수의 조사, 결모양 빔살거르개 등에 대한 연구가 최근에 행해지고 있다. 홀 결모양(single mode) 빔살이 도파하는 광섬유와 다중 결모양(multi-mode) 빔살이 도파하는 광섬유를 사용한 조절 가능한 굽진 짝짓게^[1-3](tunable directional coupler)에 대해서는 잘 알려져 있다. 또 홀 결모양 빔살이 도파하는 광섬유와 두 결모양(double mode) 빔살이 도파하는 광섬유를 이용한 굽진 짝짓게에서 원하는 결모양 빔살(LP₁₁)을 뽑아내어 그것이 원하는 결모양 빔살인지를 far field pattern을 통해서 알아내는 방법이 연구 되었다.^[4-5]

광섬유에 도파하는 결모양 빔살 수의 결정은 주어진 광섬유의 굴절률 분포로부터 규격화 주파수(normalized frequency) V 값을 알아서 구하는 방법이 있는데 이는 광섬유의 굴절률이 파장에 따라 조금씩 다르기 때문에 임의의 파장에서의 굴절률과 V 값을 알기란 쉽지 않음

므로 실제로 이용하기에는 어려움이 있다. 여기서는 굽진 짝짓게 판위에 굴절률 조정기름(index matching oil)을 바르고 광섬유로 도파되는 빔살을 스러지는 들(evanescent field)로 프리즘과 결합시켜 광섬유에 도파되어가는 결모양 빔살수를 방사 결모양을 통해 직접 측정하는 방법으로 하였다. 홀 결모양 빔살(HE₁₁ or LP₀₁ 결모양)이 도파하는 광섬유를 이용한 간섭계(Mach-Zehnder, Fabry-Perot, Michelson, Resonant Ring-Interferometer 등)는 많이 연구되었고, 두 결모양 빔살(LP₀₁ and LP₁₁ 결모양)과 다중 결모양 빔살이 도파하는 광섬유를 이용한 간섭계도 연구되었지만, 두 결모양 빔살이 도파하는 광섬유에 LP₀₁ 결모양 빔살은 거의 도파하지 않고 LP₁₁ 결모양 빔살만 도파되는 광섬유 간섭계에 대해서는 거의 연구되지 않았다.

이 논문에서는 짝짓게 판과 프리즘 출력 짝짓게를 결합하여 광섬유로 도파되는 빔살의 결모양이 LP₁₁ 결모양 빔살임을 확인하였고, 이 LP₁₁ 결모양 빔살이 도파되는 광섬유를 써서 LP₁₁ 결모양 광섬유 빔살 공진고리 간섭계를 구성했다. 외력이 간섭계 고리에 가해질 때 출력 결모양 빔살이 어떻게 변화하는 가를 조사하기위해

출력 광섬유를 스러지는 들로 프리즘출력 짝짓게와 결합시켜 프리즘을 통해 나오는 방사 결모양 빛살과 광섬유로 도파 되어 나오는 결모양 빛살의 무늬 변화를 조사했다. 또한 간섭계를 거쳐 나온 LP₁₁ 결모양 빛살의 두 반구에 광다이오드를 놓아 빛살을 받아서 오실로스코프의 X,Y 단자에 입력시켜 Lissajous 곡선을 통해 위상의 증가 혹은 감소 방향을 결정할 수 있었다.

II. 이 론

1. LP₁₁ 결모양 빛살 거르개

효율적인 결모양 빛살 거르개가 되려면 원하는 결모양 빛살의 에너지 전달이 최대가 되어야하고 원하지 않는 결모양 빛살의 전달은 최소가 되어야한다. 조절가능한 굵진 짝짓게는 두 광섬유 사이의 스러지는 들 결합을 이용하여 한쪽 광섬유에서 다른쪽 광섬유로 에너지를 전달하는 소자이다. 이 소자를 써서 두 결모양(double mode) 빛살(LP₀₁, LP₁₁)이 도파하는 광섬유에서 LP₁₁ 결모양 빛살만 도파시키려면 광섬유의 특성을 알아야 한다.

광섬유에서 결모양 빛살의 유효 굴절률 측정은 광섬유 내에 도파하는 결모양 빛살과 프리즘 출력 짝짓게의 방사 결모양 빛살 사이의 스러지는 들 결합에 근거를 두고 있다. 그림 1의 프리즘 출력 짝짓게는 프리즘을 이용하여 홀 결모양 또는 수 결모양(a few mode) 빛살이 도파하는 광섬유에서 결모양 빛살의 유효 굴절률을 측정하는 장치이다. 조절 가능한 굵진 짝짓게의 한쪽 판 위에 굴절률 조정기름을 바르고 도파 결모양 빛살의 유효 굴절률보다 굴절률이 더 큰 프리즘을 짝짓게 판위에 올려 놓으면 도파 결모양 빛살은 leaky wave가 되어 프리즘을 통하여 에너지를 방사 하게된다. 이때 프리즘의 굴절률을 n_p , 방사각을 α 라 하고 광섬유와 프리즘의 경계면, 프리즘과 공기의 경계면에서 Snell의 법칙을 적용하면 유효 굴절률 n_e 는 다음 식에 의해 계산된다.

$$n_e = (n_p^2 - \sin^2 \alpha)^{1/2} \quad (1)$$

따라서 프리즘의 굴절률을 알고 각 결모양 빛살이 방사되는 각 α , 즉 직각프리즘을 빠져나온 빛살과 프리즘면에 수직인 직선과 이루는 사잇각을 측정하면 유효 굴절률의 값을 알 수 있다. 이와같이 측정된 유효 굴절률 값으로부터 원하는 결모양 빛살거르개를 구성할 수 있다. 즉 두가지 다른 광섬유 사이에 위상이 맞는 스러지는 들 결합을 이용하는데 LP₀₁^[1] 결모양 빛살(첨자는 홀 결모양 광섬유를 의미)과 LP₁₁^[2] 결모양 빛살(첨자는 두 결모양 광섬유 의미)사이의 결합을 극대화 시키려면 두 광섬유 사이의 상대적인 굴절률 분포를 알아야 한다.

결모양 빛살 사이의 결합세기는 결합 결모양 이론으로부터 아래와 같이 주어진다.^[6]

$$P_r = P_i \frac{\sin^2 \{K_r^2 + (\Delta\beta/2)^2\}^{1/2}}{1 + (\Delta\alpha/\beta K_r)^2} \quad (2)$$

여기서 P_r 는 결합세기이고, P_i 는 입사 결모양 빛살의 세기, K_r 결합계수, 1은 결합길이, $\Delta\beta$ 는 두 광섬유 결모양 빛살간의 전파상수 차이이다.

굵진 짝짓게를 사용해 홀 결모양 빛살이 도파되는 광섬유의 LP₀₁ 결모양 빛살과 두 결모양 빛살이 도파되는 광섬유의 LP₁₁ 결모양 빛살 사이에 효율적이고 선택성이 뛰어난 결합을 얻으려면 위 식에서 알 수 있듯이 LP₀₁ 결모양 빛살과 LP₁₁ 결모양 빛살의 상대적인 굴절률 분포가 같아야하며 두 결모양 사이의 결합이 극대화 되려면 $\Delta\beta=0$ 즉, 유효 굴절률이 같고 $K1=\pi/2$ 이어야 하며 결모양 빛살의 선택성을 높이기 위해서는 결합을 원치 않는 LP₀₁^[2]결모양 빛살과 유효 굴절률 차이가 크면 된다.

2. LP₁₁ 결모양 빛살 광섬유 공진 고리 간섭계

홀 결모양 빛살(HE₁₁ or LP₀₁ 결모양)이 도파하는 광섬유를 이용한 간섭계는 많이 연구되었고, 두 결모양 빛살(LP₀₁ and LP₁₁ 결모양)과 다중 결모양 빛살이 도파하는 광섬유 간섭계도 연구되었지만, 두 결모양 빛살이 도파하는 광섬유에 LP₀₁ 결모양 빛살은 거의 도파하지 않고 LP₁₁ 결모양 빛살만 도파하는 광섬유 간섭계는 거의 연구되지 않았다.

효율적인 LP₁₁ 결모양 빛살 광섬유 공진고리 간섭계를 구성하려면 LP₁₁ 결모양 빛살만을 결모양 거르개로 걸러내어 LP₁₁ 결모양 빛살이 도파되는 광섬유로 간섭계를 구성해야 한다. LP₁₁ 결모양 빛살 광섬유 공진고리 간섭계에서도 홀 결모양 광섬유 공진 고리 간섭계에서와 같이 광섬유 결모양 거르개에서 걸러진 LP₁₁ 결모양 빛

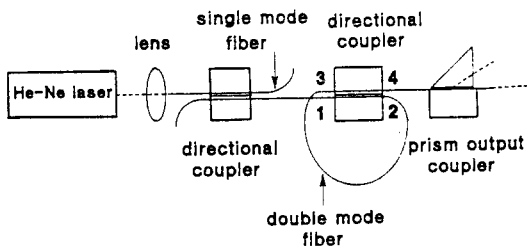


그림 1. LP₁₁ 결모양 빛살거르개와 LP₁₁ 결모양 빛살 광섬유 공진고리 간섭계의 실험 장치도.

살의 일부는 광섬유를 통해 직접 지나가고 일부는 굽진 짝짓게를 거쳐 다른쪽 광섬유로 지나간다. 직접 광섬유로 지나가는 빛살의 일부는 고리를 한번 회전한 후 굽진 짝짓게를 거쳐 다시 회전하고 일부는 바로 빠져나온다. 즉 그림 1을 통해 보면 1로 지나온 LP₁₁ 결모양 빛살의 일부는 2로 지나가고 나머지는 짝짓게를 통해 4로 전달된다. 2를 통해 3으로 전달된 LP₀₁ 결모양 빛살은 4로 지나간다. 결과적으로 1에서 4로간 LP₁₁ 결모양 빛살과 3으로 부터 4로간 LP₁₁ 결모양 빛살은 간섭무늬를 형성한다. LP₁₁ 결모양 광섬유 공진 고리 간섭계에 의해 감지할 수 있는 위상 이동은 빛살의 세기의 향으로 나타낼 수 있다.

$$\left| \frac{E_2}{E_1} \right|^2 = (1-\gamma) \left[1 - \frac{(1-K)^2}{(1-K)^2 - 4K \sin^2(\phi/2 - \pi/4 + \phi_0)} \right] \quad (3)$$

여기서 $\phi = \beta L$ 이고 $|E_2/E_1|^2$ 는 출력 광섬유 끝의 반구에서 빛살의 세기, K 는 결합계수이고, $\beta (=2\pi/\lambda)$ 는 전파상수, n 는 굴절률, λ 는 파장이다. γ 는 결합기 손실이고, L 는 고리의 길이, ϕ_0 는 초기 위상이다. 오른쪽 항은 감지 광섬유에서의 위상 이동이므로, 이항에 외부섭동이 가해지면 위상의 변화하게 된다. 그러므로 위상 이동의 정보는 간섭무늬의 이동, 즉 어떤점에서의 빛살의 세기 변화를 측정하는 것에 의해 가능하다. 이 식은 광섬유에 도파하는 LP₁₁ 결모양 빛살의 반구가 홀 결모양 빛살(LP₀₁)이 도파하는 것과 같다는 가정하에서 썼다. 3식에서 광섬유의 결합기 손실과 결합계수가 작다($K \ll 1$)고 가정하고 D.C항을 무시하면

$$\begin{aligned} 4K/(1-K)^2 &\approx 4K, \quad (1+K)^2/(1-K)^2 \approx 1, \\ \theta &= \pi/2 - \pi/4 + \phi_0 \\ \frac{I}{I_0} &= 1 - \frac{1}{1+4K \sin^2\theta} \\ &= 4K \sin^2\theta = 2K - 2K \cos 2\theta = I + I_m \cos 2\theta \end{aligned} \quad (4)$$

K 값이 작기 때문에 다중 회전을 무시한 것과 같다. 즉 이 경우에는 Mach-Zehnder식 간섭계와 같은 결과식을 얻는다. 다시말해 두 빛살의 간섭과 같은 식이 된다. L 의 길이 변화에 대해 투과되는 빛의 세기는 주기적으로 변한다. L 이 반파장 만큼 변하면 그것은 무늬 한개가 이동한 것과 같다. 이 L 의 변화에 대해 이동된 위상 변화를 알기위해 임의로 두개의 순간적인 빛의 세기 I_1, I_2 가 아래와 같다고 하자.

$$I_1/I_0 = I + I_m \cos(\beta L - \pi/2 + 2\phi_0) \quad (5)$$

$$I_2/I_0 = I + I_m \cos(\beta L - \pi/2 + 2\phi_0) \quad (6)$$

L 이 느리게 변화할 때, I_1 와 I_2 는 다음과 같은 식으로 $Y-Y$ 평면에 점을 그린다.

$$X^2 + Y^2 - 2XY \cos \delta Q = \sin^2 \delta Q \quad (7)$$

$$X = (I_1/I_0 - I)/I_m \quad (8)$$

$$Y = (I_2/I_0 - I)/I_m \quad (9)$$

$$\delta Q = 2\phi_1 - 2\phi_2 \quad (10)$$

식 (7)은 타원의 방정식이다. 특히

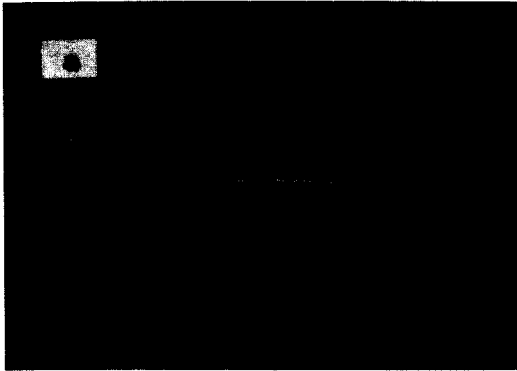
$$\delta Q = (p+1/2)\pi \quad (p=0,1,2,\dots) \quad (11)$$

일 때는 원의 방정식이 된다. ϕ_1 와 ϕ_2 를 적당히 조정하여 식 (11)과 같은 조건을 만족시킬 수 있다. $2\phi_1 - 2\phi_2 = \pi/2$ 가 되면 I_1 와 I_2 는 L 의 변화값에 대해 원을 그린다. 그리고 L 의 증가 혹은 감소 방향 즉 dL/dt 의 부호와 p 값에 대해 원을 그리는 방향이 결정되어 L 이 증가 혹은 감소하고 있는지 알 수 있다.

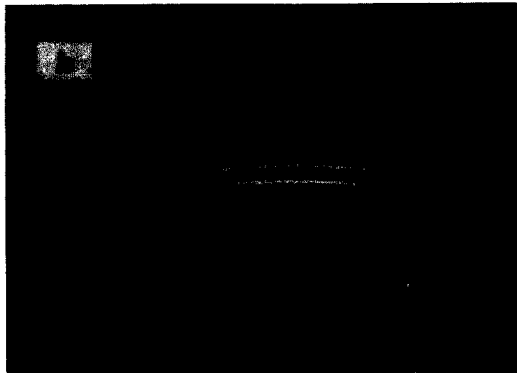
III. 실험장치 및 결과

그림 1은 실험 장치를 나타내었다. 광원의 파장이 0.6328 μm 일때 홀 결모양 빛살이 도파하는 광섬유와 두 결모양 빛살이 도파하는 광섬유를 이용하여 굽진 짝짓게를 만들고 입사되는 LP₀₁^[1] 결모양 빛살의 편극을 조절하기 위하여 편극조절기를 달았다. 또한 두 결모양 빛살이 도파하는 광섬유의 출력부분은 결모양 빛살저로계의 선택성을 조사하기 위하여 프리즘 짝짓게(prism output copler)를 장치 하였고, 선택된 결모양 빛살이 도파하는 광섬유를 써서 LP₁₁ 결모양 빛살 광섬유 공진고리 간섭계를 구성했다. LP₀₁^[2] 결모양 빛살과 LP₁₁^[2] 결모양 빛살간의 굽어진 부분에서의 결합을 방지하기 위하여 고리의 반경 R을 20 cm로 하였으며 출력되는 광섬유는 굽어지지 않도록 하였다. 이 실험에서 사용된 프리즘의 재질이 BK7이고, 광섬유는 레이저 광원의 파장이 0.6328 μm 일때 홀 결모양 빛살이 도파하는 광섬유와 두 결모양 빛살이 도파하는 광섬유를 사용하였다.

프리즘 출력 짝짓게를 통해 스크린에 나타난 방사 모양은 그림 2에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 홀 결모양인 빛살이 도파하는 경우에는 한 선만 나타나고 두 결모양 빛살이 도파하는 경우에는 두 선이 나타나므로 수 결모양 빛살이 광섬유에 도파하는 경우에는 여러개의 선이 나타날 것이다. 따라서 이 방법을 광섬유에 도파



(a)

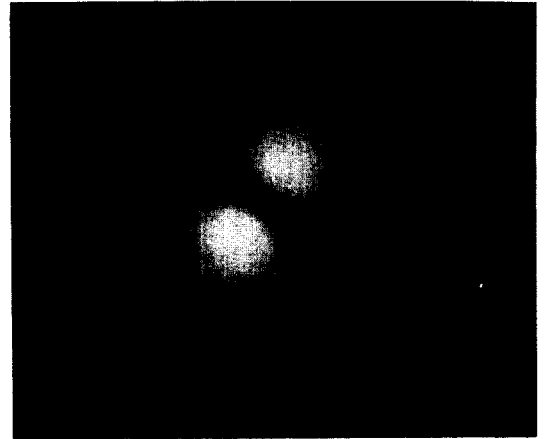


(b)

그림 2. 프리즘 출력 결합기를 통해 스크린에 비추어진 방사모양 (a) 홀 결모양 빔살이 도파하는 광섬유 (b) 두 결모양 빔살이 도파하는 광섬유.

하는 결모양 빔살의 수와 굵진 짝짓개를 사용한 결모양 빔살거르개(modal filter)의 선택성을 조사하는데 썼다. 그림 2(b)는 파장이 0.6328 μm 에서 도파되는 결모양 빔살의 수가 두개인 경우의 프리즘 출력 결합기의 방사 결모양인데 위의 선은 LP₁₁ 결모양 빔살의 방사 모양이고 아래의 선은 LP₀₁ 결모양 빔살의 방사 모양이다. LP₁₁ 결모양 빔살이 LP₀₁ 결모양 빔살보다 더 큰 방사각을 가짐을 알 수 있는데 이는 LP₁₁ 결모양 빔살의 유효 굴절률이 더 작음을 나타내는 것이다.

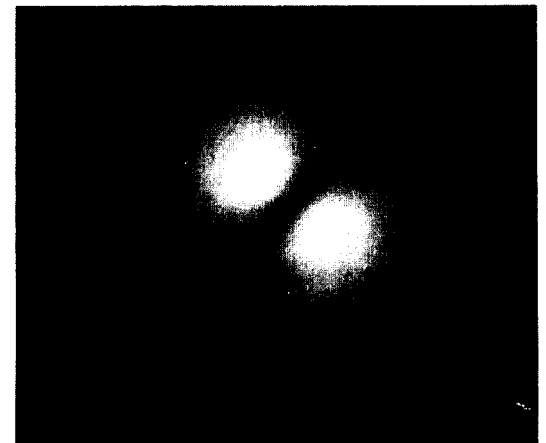
홀 결모양 빔살이 도파하는 광섬유의 경우에 LP₀₁ 결모양 빔살의 유효 굴절률은 레이저의 파장이 0.6328 μm 일때 1.458로 측정되었다. 또한 두결모양 빔살이 도파하는 광섬유의 경우 레이저의 파장이 0.6328 μm 일때, LP₀₁과 LP₁₁ 결모양 빔살의 유효굴절률의 측정값은 각각 1.460, 1.458이다. 즉 두 광섬유 사이에 상대적인 유효 굴절률, 다시말해 LP₀₁^[1]과 LP₁₁^[2] 결모양 빔살의 유효 굴절률이 거의 같은 광섬유를 사용하여 LP₁₁ 결모양 빔



(a)



(b)



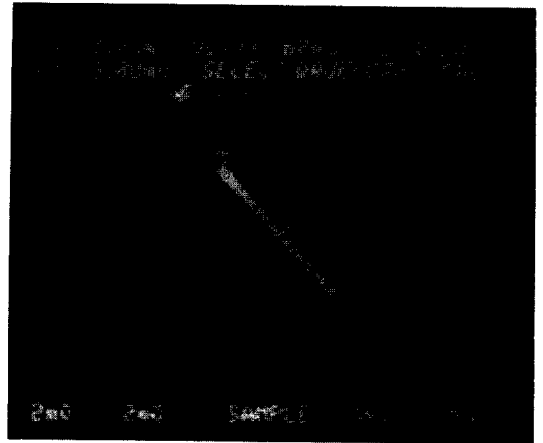
(c)

그림 3. 광섬유를 통해 스크린에 비춰진 LP₁₁ 결모양 빔살의 방사모양 (a), (b), (c); 광섬유 중심축을 비틀거나 굽혔을때의 출력모양의 변화.

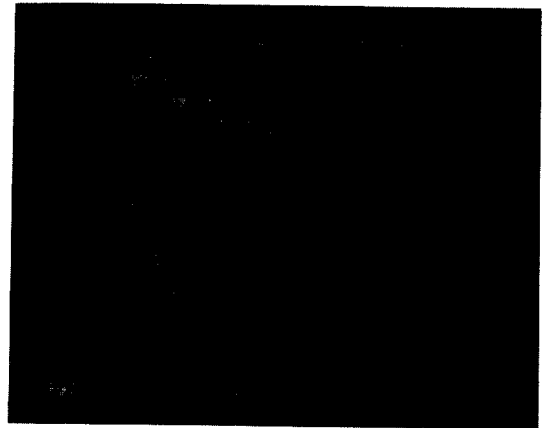
살을 걸었다. 한편 본 실험에서 $LP_{01}^{[1]}$ 결모양 빔살과 $LP_{11}^{[2]}$ 결모양 빔살간의 결합 비율은 92% 까지 얻을 수 있었다.^[2,3]

그림 3은 LP_{11} 결모양 빔살 광섬유 공진 고리 간섭계의 출력을 스크린에 나타낸 far-field pattern이다. 파장이 $0.6328 \mu\text{m}$ 일때 LP_{01} 과 LP_{11} 결모양 빔살 즉 두 결모양 빔살이 도파하는 출력 광섬유에 프리즘 출력 쪽짓개를 설치해 방사결모양 빔살의 모양을 살펴보면 그림 2(a)와 같이 한 선만이 나타난다. 이때 이것의 유효 굴절률을 측정해 보면 앞서 측정한 $LP_{11}^{[2]}$ 결모양 빔살의 유효 굴절률과 같으며 이것은 $LP_{01}^{[1]}$ 결모양 빔살과 $LP_{11}^{[2]}$ 결모양 빔살간의 결합만이 일어나고 $LP_{01}^{[2]}$ 결모양 빔살과의 결합은 거의 없음을 뜻한다. $LP_{11}^{[2]}$ 결모양 빔살과 $LP_{01}^{[2]}$ 결모양 빔살간의 결합은 두 결모양 빔살간의 유효 굴절률 차이, 즉 전파상수의 차이가 크고, 스러지는 들의 존재 범위에 있어 $LP_{01}^{[2]}$ 결모양 빔살이 $LP_{11}^{[2]}$ 결모양 빔살에 비하여 상대적으로 훨씬 좁으므로 극히 적은 양만이 결합됨을 알 수 있다. $LP_{11}^{[2]}$ 결모양 빔살을 써서 광섬유 공진고리 간섭계를 구성해 광섬유 고리에 섭동이 가해지면 스크린에 나타낸 far-field pattern은 위상변화에 따라 LP_{01} 빔살 공진 고리 간섭계에서와 같이 변화한다. 그림 3의 a,b,c는 입력단의 광섬유 중심축을 비틀거나 굽혔을 때 즉 복굴절을 유발시켰을 때의 무늬 변화이다.

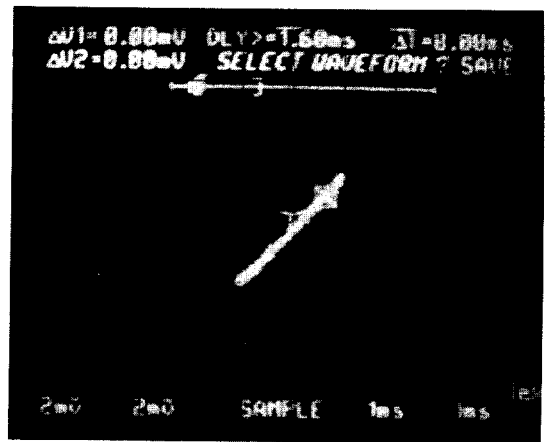
그림 4는 함수발생기로 D.C 전압을 감지광섬유가 연결되 스피커에 인가시키면서 그림 3의 두 반구 양쪽에 검지기를 놓고 출력을 오실로스코프의 X,Y 입력단에 입력시켜 Lissajous 곡선의 모양 변화를 본 것이다. a는 두빔살 사이의 위상차가 $\sim 180^\circ$ 일때, c는 위상차가 $\sim 0^\circ$ 일 때인데 이때는 D.C 전압의 증감 방향에 따라 직선 사이에서 반대로 움직여 방향을 알 수 있으나 직선 양 끝에서는 D.C 전압의 증감 방향을 알 수가 없다. b는 위상차가 $\sim 90^\circ$ 일 때의 모양인데 이때는 D.C 전압의 증감 방향에 따라 회전하는 방향이 바뀌므로 D.C 전압의 증감 방향을 명확히 알 수 있다. 두 반구에 놓인 검지기의 위치를 조절함에 따라 위상차를 조절할 수 있다. 다시 말하면 반구 전체의 위상은 동시에 같은 양이 변화하지만 위치에 따라 다른 위상값을 갖고 있다. 이것은 Michelson 간섭계에서 간섭무늬 사이에 검지기를 놓는 위치에 따라 위상이 다른것과 마찬가지로의 원리이다. 두 검지기 사이의 위상차가 90° 이며 진폭이 같을때 Lissajous 곡선의 변화 방향에 따라 외부에서 가해지는 섭동의 방향을 정확히 알 수 있다.



(a)



(b)



(c)

그림 4. LP_{11} 결모양 공진 고리간섭계에 외부 섭동(D.C 전압)을 가했을 때 두 반구에 검지기를 놓아 오실로스코프로 본 Lissajous 곡선 (a) 위상차 $\sim 0^\circ$ (b) 위상차 $\sim 180^\circ$ (c) 위상차 $\sim 90^\circ$.

IV. 결 론

두개의 다른 광섬유를 써서 굵진 짝짓계를 구성해 최대 결합 비율이 92%인 효율적이고 선택성이 뛰어난 LP₁₁ 결모양 빛살 거르계를 제작했으며, 걸러진 LP₁₁ 결모양 빛살을 써서 LP₁₁ 결모양 광섬유 공진고리 간섭계를 구성하여 외부 섭동에 따른 방사 무늬의 변화를 조사하였다. LP₁₁ 결모양 빛살의 두 반구에 검지기를 놓고 검지기의 위치를 조절함에 따라 두 반구 빛살 사이의 위상차를 임의로 줄 수 있으며 Lissajous 곡선을 써서 외부 섭동에 따른 위상변화의 증가 혹은 감소 방향을 알 수 있었다. 광섬유를 스피커에 연결할 때 광섬유에 가해지는 장력의 세기에 따라 D.C 전압의 변화에 대해 변화하는 광섬유의 길이가 다르기 때문에 정량적으로 구하지 않고 정성적으로만 조사하였다.

이 논문에서는 LP₁₁ 결모양 빛살이 도파하는 두결모양 광섬유를 사용하여 실험하였는데 두 결모양 광섬유의 경우 광섬유 중심축에 비틀림이나 구부러짐이 생기면 도파 결모양 빛살의 출력 스크린에서 변화하는 단점이 있었지만 LP₁₁ 결모양 빛살을 써서 공진 고리 간섭계를 구성해 LP₁₁ 결모양 빛살의 두 반구 사이의 위상 변화를 조사할 수 있었다.

이 실험의 기대효과는 광섬유에 도파하는 결모양 빛살

수, 수 결모양 빛살이 도파하는 광섬유 간섭계에서 각 결모양 빛살의 세기 변화, 도파 결모양 빛살의 편극 변화등, 광섬유 자체의 특성을 조사 하는 것 뿐만 아니라 광섬유 광학 frequency shifter, modal multiplexer/demultiplexer, 수 결모양 빛살이 도파하는 광섬유 간섭계 등에 이용될 수 있다.

V. 참 고 문 헌

- [1] M. J. Diognnet, H. J. Shaw, IEEE J. Quantum Electron. **QE-18**, 746 (1982).
- [2] R. A. Bergh, G. Kotler and H. J. Shaw, Electron. Lett. **16**, 260 (1980).
- [3] 이현재, 나만호, 오문수, 김영덕, 새물리 **28**, 7 (1988).
- [4] W. V. Sorin, B. Y. Kim and H. J. Shaw, Opt. Lett. **11**, 106 (1986).
- [5] 양진성, 이현재, 최세철, 김영덕, 오문수, 새물리 **30**, 125 (1990).
- [6] A. Yariv, IEEE J. Quantum Electron. **QE-9**, 919 (1973).
- [7] L. F. Stokes, M. Chodorow and E. J. Shaw, Opt. Lett. **7**, 288 (1982).
- [8] T. Ito, Appl. Opt. **25**, 1072 (1986).
- [9] 김영준, 이현재, 오문수, 김영덕, 응용물리 **3**, 362 (1989).

LP₁₁ Mode Fiber Optic Resonant Ring Interferometer with a LP₁₁ Modal Filter

Hyunjae Lee, D. H. Lee and Sang Joon Suh

Korea Standards Research Institute, Acoustics and Vibration Laboratory, Daejeon 305-606

J. S. Yang

*Korea Institute of Science and Technology, Applied Optics Laboratory
P.O. Box 131 Cheongryang, Seoul*

(Received: November 19, 1990)

Using evanescent field coupling between single (LP₀₁) and double (LP₀₁ and LP₁₁) mode optical fiber, we selected LP₁₁ mode beam. With a LP₁₁ mode beam from a double mode fiber, we fabricated LP₁₁ mode fiber optic resonant ring interferometer, and assured that the guided mode is LP₁₁ mode from a radiation beam coming through the prism output coupler. When an external perturbation applied to the signal arm of the LP₁₁ fiber optic resonant ring interferometer, we examined the change of radiation mode coming from a prism output coupler and an end of optical fiber. Using two photodiode, LP₁₁ mode beam converted to voltage. This two output voltages is applied to X and Y terminal of oscilloscope to display circular motion on oscilloscope.