

공간섭 단층촬영(OCT)용 PZT 광경로 지연기에서의 편광모드 분산 및 열요동 보상

김영관 · 박성진 · 김용평[†]

경희대학교 전자정보대학 / 레이저공학연구소
Ⓣ 446-701 경기도 용인시 기흥구 서천동 1

(2005년 9월 21일 받음, 2005년 12월 12일 수정본 받음)

공간섭 단층촬영(OCT)용으로 원통형 압전소자(PZT)와 단일모드 광섬유를 이용한 광경로 지연기를 제작하여 그 특성을 분석하였다. 광경로 지연기에서 발생하는 편광모드 분산은 편광조절기로 조절하였고, 열요동을 2중 광경로 지연기를 구성하여 최소화 하였다. 이중 광경로 지연기는 단일 광경로 지연기에 비해 2배의 측정 깊이와 속도를 구현하여 18.6±0.5 μm의 해상도, 측정 깊이 1.68 mm, 측정 속도 360.4 mm/s를 각각 얻었다.

주제어 : Optical coherence tomography, Polarization mode dispersion, Thermal drift, Optical delay line.

I. 서 론

OCT(optical coherence tomography, OCT)는 마이크로미터 단위의 해상도를 갖는 광 단층촬영 기술로서 살아있는 생체의 내부구조 영상을 비침습, 비파괴적으로 획득할 수 있다^[1]. OCT는 크게 광원, 간섭계, 광경로 지연기(optical delay line, ODL), 탐침용 주사장치(probe scanner), 신호검출 장치로 구성된다. 광경로 지연방법으로는 선형 병진기(linear translator)를 이용한 길이 가변^[2,3], 회전방식을 이용한 길이 가변^[4,5], 광섬유를 이용한 길이 가변^[6-8], 주파수 영역에서 펄스형상 기술(pulse shape technology)을 이용한 그룹지연(group delay)^[9-11] 등으로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 광섬유의 길이 가변을 이용한 광경로 지연방법을 이용하였으며 광섬유의 길이 변화는 원통형 압전소자(piezoelectric transducer, PZT)에 단일모드 광섬유를 감아서 구현하였다. 일반적으로 OCT에서는 입력단, 출력단, 기준단(reference arm), 검침단(sample arm)으로 구성된 마이켈슨 간섭계를 주로 사용하며 광경로의 지연은 기준단에서 이루어진다.

기준단에서 광섬유를 이용한 직접적인 길이 가변 광경로 지연기는 편광모드 분산(polarization mode dispersion, PMD)에 의한 다중 간섭모드가 발생하며 열요동(thermal drift)에 의해 단층영상을 획득할 때 위치 오차를 수반한다. 따라서 본 논문에서는 기준단 및 검침단에 동시에 광경로 지연을 주는 새로운 2중 광경로 지연 방법을 도입하여 열요동을 보상하였으며, 기준단과 검침단에 편광조절기를 이용함으로써 편광모드 분산을 최소화하였다. 또한 2중으로 광경로를 가변함으로써 기준단에서만 광경로를 가변하는 단일 광경로 지연 방법에 비해 측정 깊이 및 속도를 2배로 향상시켰다.

II. 실험장치의 구성

그림 1에 2중 광경로 지연기 OCT 시스템을 개략적으로 묘사하였다. OCT 시스템의 광경로는 전체적으로 광섬유를 이용하여 입사 손실을 최소화 하였다.

광원으로는 Optospeed사의 SLED1300D10A 저간섭성 광원인 초휘도 다이오드(super-luminescent diode, SLD)를 사용하였다. 광원의 특성은 중심파장 1300 nm, 대역폭 40 nm, 최대출력 1.95 mW이며, 샘플에 조사한 광 파워는 0.65 mW 이다. 간섭계는 5 : 5 양방향 광섬유 광 분할기를 이용하였으며 드롭(drop) 반사율은 -65 dB 이다. 축 방향 광경로 지연기는 PZT(PI Ceramic-PT140.70)에 18 m 길이의 광섬유를 134회 감아서 제작하였다. PZT는 원통형으로 직경 40 mm, 길이 40 mm, 두께 2 mm의 크기를 갖고 있으며 최대 구동전압은 1000 V이고 축전용량(capacitance)은 70 nF 이다. 편광조절기는 PZT에 감겨있는 광섬유에 의한 편광모드 분산 또는 편광 엇갈림(polarization fading)을 조절하기 위하여 사용하였다. 기준단의 선형 광경로 지연기는 최대 가변거리가 100mm인 OZ Optics사 ODL-300을 사용하였다. 이는 간섭계의 검침단과 기준단의 총길이를 보정하기 위한 것이다. 신호 검출

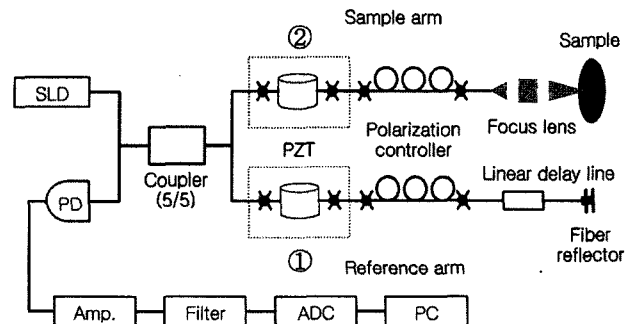


그림 1. 이중광경로 지연기를 이용한 OCT 시스템 구성도.

[†] E-mail: ypkim@khu.ac.kr

장치는 Newfocus사의 1617-AC 광다이오드(PD), 신호 증폭기(signal amplifier), 대역통과필터(band pass filter), 아날로그 디지털 변환장치(ADC)로 구성하였으며 탁상용 컴퓨터로 데이터를 수집 분석하였다. 데이터 처리 및 영상복원은 NI사의 Labview 7.0 소프트웨어를 이용하였다.

III. 실험 및 결과

3.1 실험방법

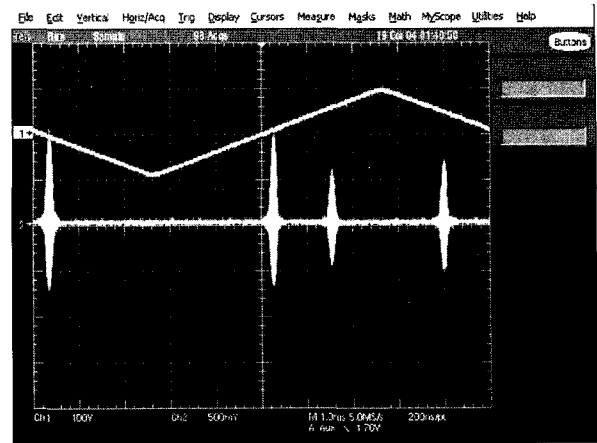
원통형 PZT 광경로 지연기는 PZT에 인가된 삼각파 전압에 따라 그 둘레에 일정한 힘으로 감겨있는 광섬유의 길이 연속적으로 가변된다. 그림 1에서 ①은 구동하고 ②는 구동하지 않는 것이 단일 광경로 지연기이고, ①과 ②를 동시에 구동하는 것이 이중 광경로 지연기이다. 단일 광경로 지연기는 ①에 +200 V의 삼각파 구동전압을 주파수 100 Hz로 인가하여 구성하였고, 2중 광경로 지연기는 ① 및 ②에 각각 삼각파 +200 V 및 -200 V의 구동전압을 주파수는 동일하게 100Hz로 인가하여 구성하였다. 2중 광경로 지연기는 간섭계의 기준단과 검침단의 광 지연선에 구동전압을 역으로 걸어 주어 PZT의 구동특성인 +전압을 인가한 쪽은 지름이 늘어나고, -전압을 인가한 쪽은 지름이 줄어드는 현상을 이용한 것이다. 이렇게 2중 광경로 지연을 하면 기준단에서만 광경로 지연을 하는 것보다 2배의 광경로 지연을 얻을 수 있다. 본 실험에서 사용한 광경로 지연기는 구동전압 200 V_{p-p}를 인가할 때 PZT에 감겨있는 광섬유의 길이 변화가 약 0.6 mm 이었다. 따라서 2중 광경로 지연기에서는 측정매질의 깊이를 1.2 mm까지 측정할 수 있다. 또한 같은 구동주파수에서 2배의 거리가 변화하므로 광경로 지연 속도도 2배가 된다.

그림 2(a)는 광경로 지연기에 구동전압을 인가했을 때 측정된 간섭무늬이다. 상단의 채널 1은 삼각파 구동전압이고 하단의 채널 2는 간섭신호이다.

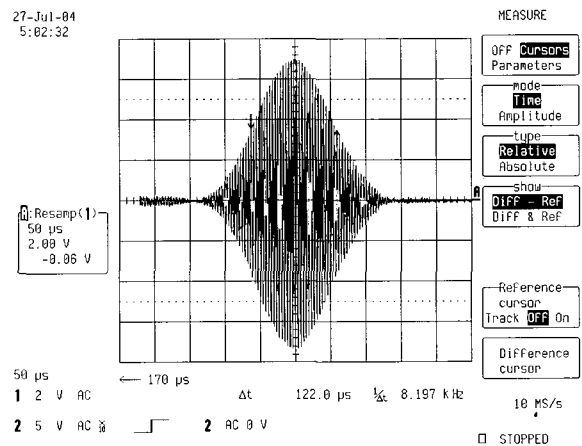
광경로 지연에 대한 속도는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$v_s = \frac{n_f}{n_s} \Delta L_s \times 2f_s \quad (1)$$

여기서 ΔL_s 는 PZT에 감겨있는 광섬유의 길이 변화량, f_s 는 PZT의 구동주파수, n_f 는 광섬유 코어의 굴절률, n_s 는 측정매질의 굴절률이다. PZT에 주파수 100Hz의 구동전압 200 V_{p-p}를 인가할 때 단일 광경로 지연기에 의한 자유공간에서의 광경로 지연속도 v_s 는 174.7 mm/s 이었고 광경로 지연범위는 0.78 mm 이었다. 동일한 PZT 구동조건 하에 2중 광경로 지연기에서는 360.4 mm/s 및 1.68 mm 이었다. 이론적인 계산에 의한 광경로 지연 범위는 단일 광경로 지연기에서는 0.9 mm, 이중 광경로 지연기에서는 1.8 mm가 되어야 한다. 그러나 본 실험에서 이론적인 값보다 광경로 지연범위가 작게 얻어진 요인은 PZT 구동전압의 최대-최소 구간에서 정확한 동작을 하지 않는 비선형적인 구간을 데이터 수집 단계에서 미리 삭제하였기 때문이다.



(a)



(b)

그림 2. 간섭패턴. (a) PZT 구동전압에 따른 간섭패턴, (b) 간섭패턴의 확대도.

3.2 간섭무늬와 해상도

그림 2(b)는 간섭무늬를 오실로스코프로 측정한 것이다. OCT의 깊이 방향 해상도(depth resolution)는 간섭계의 가간섭 길이(coherence length)이며, 이는 간섭무늬의 반치폭과 같고 다음과 같이 주어진다^[11].

$$l_c = \frac{2c \ln(2)}{\pi} \cdot \frac{1}{\Delta\nu} \approx 0.44 \frac{\lambda_0^2}{\Delta\lambda} \quad (2)$$

여기서 c 는 광속, $\Delta\nu$ 는 주파수 영역에서 광원의 대역폭, $\Delta\lambda$ 는 시간영역에서 광원의 대역폭, λ_0 는 광원의 중심 파장이다. 본 실험에서 사용한 광원은 초회도 다이오드로 가우시안 광원이며 중심파장은 1300 nm, 시간영역에서의 대역폭은 40 nm 이다. 이를 식 (2)에 적용하면 가간섭 길이는 18.6 μm이

다. 간섭무늬의 반치폭은 구동전압에 따라 스캐닝 할 수 있는 전체 범위에 대한 시간이 정해질 때 그림 2(b)와 같이 간섭무늬의 반치폭 값을 시간의 함수로 측정하였다. 측정된 간섭무늬의 반치폭은 $18.6 \pm 0.5 \mu\text{m}$ 이다.

3.3 편광모드분산

편광모드 분산은 광섬유를 원통형 PZT에 감았을 때 발생한다.^[7,10,12,13] 편광모드 분산의 발생 원인은 광섬유의 휘어짐, 연속적인 진동, 뒤틀림, 코어의 형상 등에 기인한다. PZT 둘레에 일정한 힘으로 여러 번 광섬유를 감아 놓은 것은 광섬유 코어 모양을 미세하게 타원형으로 바꾸게 되고 PZT를 구동함에 따라 연속적인 진동이 발생하게 된다. 그리고 PZT 둘레에 광섬유를 감는 과정에서 미약하게 뒤틀리는 경우도 발생한다. 따라서 PZT에 감겨있는 광섬유 내에서는 굴절률이 방향에 따라 다르게 형성됨으로 PZT 광경로 지연기는 복굴절 매질과 같다고 할 수 있다. 편광모드 분산의 원리를 간단히 표현하면 그림 3(a)과 같다. 수직 및 수평 편광성분의 광이 복굴절 매질을 통과할 때 굴절률의 축 방향에 따라 서로 분리된다. 마이켈슨 간섭계에 원통형 PZT 광경로 지연기를 사용하는 OCT 시스템의 기준단에서는 처음 PZT를 통과할 때 편광모드 분산이 일어나게 되고, 다시 기준거울에 반사되어 돌아올 때 PZT를 통과하면서 편광모드 분산이 일어나게 된다. 이런 수직 및 수평 편광성분이 분리되는 현상을 제거하기 위한 간단한 방법을 그림 3(b)에 제시하였다. 즉, 입사광이 PZT를 통과한 후 기준거울에 반사되어 PZT에 재입사하기 전에 90도 편광을 회전시켜 주면, PZT에 처음 입사할 때 일어나는 편광모드 분산을 보상하게 된다. 원통형 PZT 광경로 지연기를 사용하는 OCT에서는 기준단의 PZT와

기준거울 사이를 한번 통과할 때 진행광의 편광상태를 45도 회전시켜 주면 된다.

OCT 기준단에서 진행광 편광상태의 회전은 다음과 같이 표시할 수 있다^[14].

$$E_r(z_r) = R(-\Psi)WR(\Psi)R(-\Psi)WR(\Psi)E_n(z) = R(-\Psi)WR(\Psi)E(z) \tag{3}$$

여기서 $E_n(z)$ 는 기준단의 광축으로 입사되는 광의 전자기장, $R(\Psi)$ 은 회전형렬, W 는 $\lambda/4$ 위상지연기에 대한 존스 행렬이다. 따라서 기준단의 PZT와 기준거울 사이에 편광조절기를 삽입하여 조절함으로써 편광모드분산을 최소화 할 수 있다.

그림 4 (a)는 출력단에서 간섭패턴을 측정한 것이다. 기준단과 검침단의 편광모드 분산이 커짐에 따라 그림에서 보는 바와 같이 샘플에 대한 간섭패턴이 2중 또는 다중으로 발생할 수 있다. 그림 4 (b)는 기준단과 검침단에서 편광조절기를 이용하여 편광모드 분산을 최소화 시켰을 때의 간섭패턴을

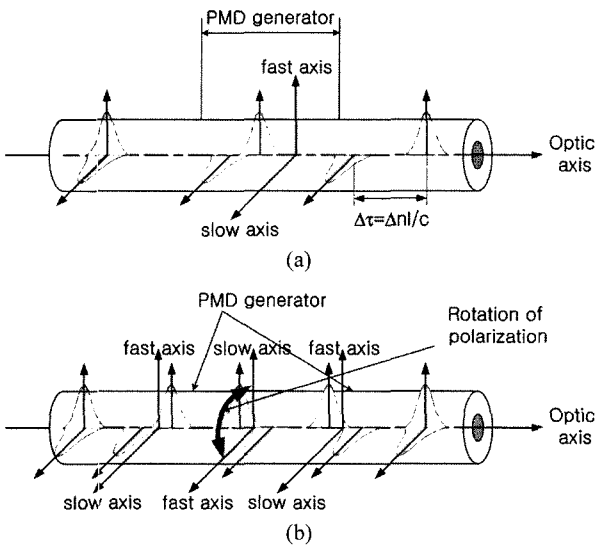
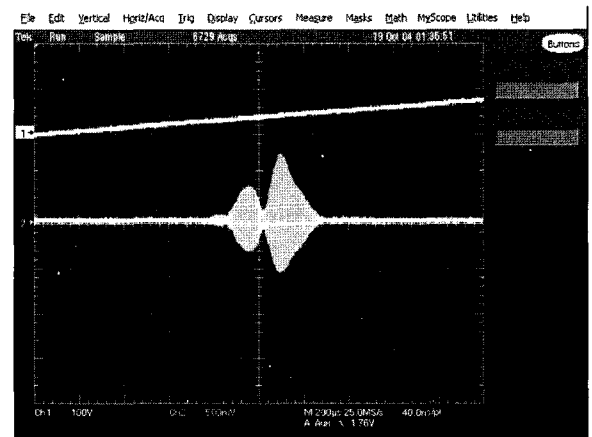
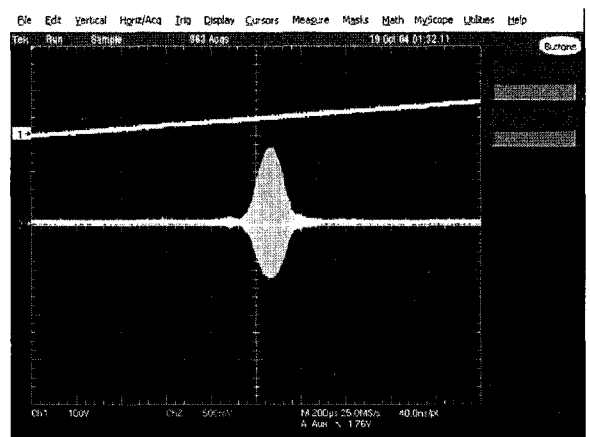


그림 3. 광섬유 내의 굴절률 축에 따른 편광모드분산. (a) 편광모드 분산의 원리, (b) OCT 시스템 기준단에서의 편광모드 분산 제거 원리.



(a)



(b)

그림 4. 샘플로 사용한 평면거울 앞면에서 발생하는 간섭패턴. (a) 편광모드 분산에 의한 간섭패턴, (b) 편광조절기를 이용하여 편광모드 분산이 제거된 간섭패턴.

측정한 것이다.

3.4 열요동

그림 5는 고정된 평면거울을 샘플로 하여 단일 및 2중 광경로 지연의 두 가지 방법으로 측정한 외부영향에 따른 간섭패턴의 시간적 위치변화를 나타낸 것이다. 측정은 1시간 동안 1분 단위로 하였다.

외부영향은 PZT로부터 PZT 들레에 감겨있는 광섬유로 전달되는 온도변화, 실험실 내의 온도 변화에 의한 광섬유 온도 변화, 광섬유의 연속적인 길이 변화에 의한 광섬유 내에 잔존하는 히스테리시스를 포함한다. 이와 같은 외부 영향은 단층영상을 구현할 때 신호의 위치가 다른 곳에 나올 수 있는 원인을 제공한다. 외부 영향 중 광섬유 길이 변화에 대한 히스테리시스는 PZT에 감겨있는 광섬유가 단위 길이 당 가변 가능한 길이를 넘지 않고 가변속도를 넘지 않을 때 거의 존재하지 않는다. 본 실험은 광섬유 길이 변화에 대한 히스테리시스가 남지 않는 범위 내에서 진행하였으므로 외부 영향은 온도변화에 의한 것이다. 단일광경로 지연방식에서는 기준단의 길이에 의해서만 영향을 받게 되고 장시간 구동 시 많은 드리프트가 발생된다. 그러나 이중 광경로 지연기를 이용하면 오랜 시간 구동하여도 드리프트가 거의 없다. 이중 광경로 지연기에서는 시간에 따라 기준단과 검침단 양쪽에 똑 같은 외부영향이 주어짐에 따라 길이에 대한 변화를 보상하게 되는 원리이다. 이런 방법을 적용하면 PZT 광경로 지연기에 특별한 온도 조절장치를 이용하지 않아도 거의 오차가 발생하지 않는다.

그림 6은 샘플로 고정된 평면거울을 이용하여 각각 단일 광경로 지연기와 이중 광경로 지연기로 측정한 단층영상이다. 깊이를 측정하는 A-스캐닝 구동 주파수는 100 Hz 이고, 깊이방향에 수직인 B-스캐닝은 15분 동안 구동한 1 프레임의 단층영상을 나타낸 것이다.

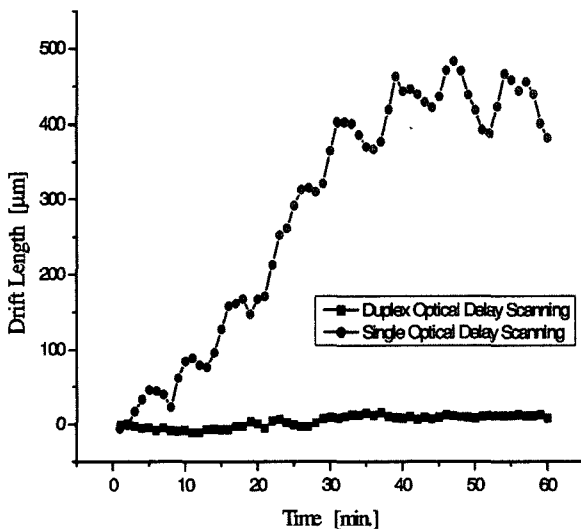
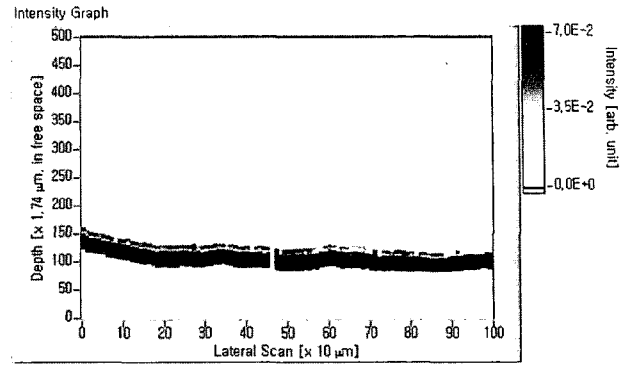
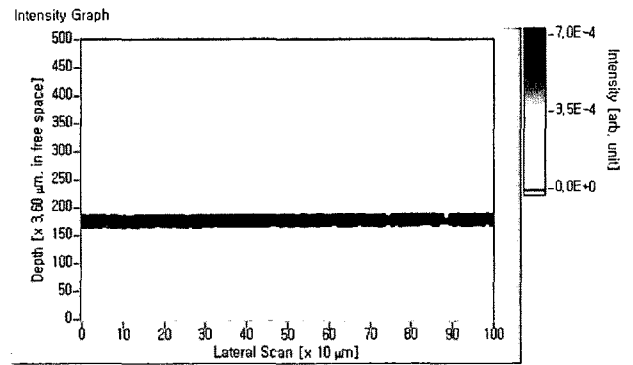


그림 5. 외부영향에 의한 간섭패턴의 위치 변화.



(a)



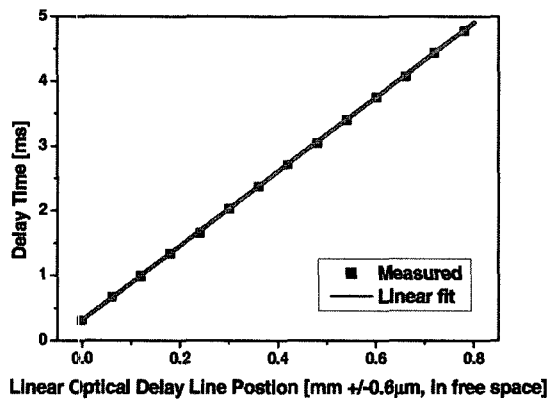
(b)

그림 6. 외부영향 하에서 고정된 평면거울의 단층영상. (a) 단일 광경로 지연기, (b) 2중 광경로 지연기.

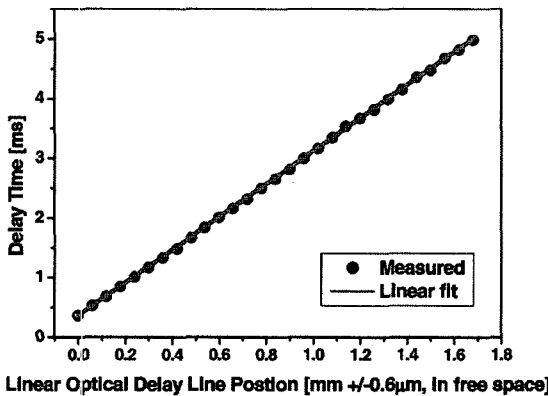
그림 6의 (a)와 (b)를 비교해 보면 (a)에서는 위치 오차를 많이 포함하고 있음을 볼 수 있고, (b)에서는 정상적인 평형 평면거울 표면이 나타남을 볼 수 있다. 여기서 외부영향은 동일한 조건으로 주어졌으며, 2차원 영상을 구현할 때 광학적 해상도는 간섭무늬의 반치폭에 맞추어야 하나 외부영향에 대한 위치 오차를 보다 명확하게 표현하기 위해 반치폭보다 낮은 크기의 값에 맞추었다.

3.5 단일 광경로 지연기와 2중 광경로 지연기의 비교

그림 7은 단일 광경로 지연기와 이중 지연기에서의 선형성을 측정한 것이다. 즉, 고정된 평면거울을 샘플로 이용하여 그림 1의 기준단에 위치시킨 선형 광경로 지연기를 움직여 간섭패턴의 최대점이 나타나는 위치에 대하여 PZT 스캐닝 지연시간을 측정하였다. 그림 7의 (a)와 (b)는 각각 단일 광경로 지연기와 2중 광경로 지연기를 이용했을 때 깊이 스캐닝 범위를 보여주고, 역 기울기는 A-스캐닝 속도를 나타낸다. 두 방법 모두 좋은 선형성을 가짐을 확인할 수 있다. 선형성은 깊이 방향 스캐닝에 대한 간섭패턴 위치의 정확성을 나타낸다. 선형성을 측정할 때에는 단일 광경로 지연기의 경우 외부영향에 의한 드리프트가 발생하지 않도록 온도보정을 하였으며 수초 안에 측정하였다.



(a)

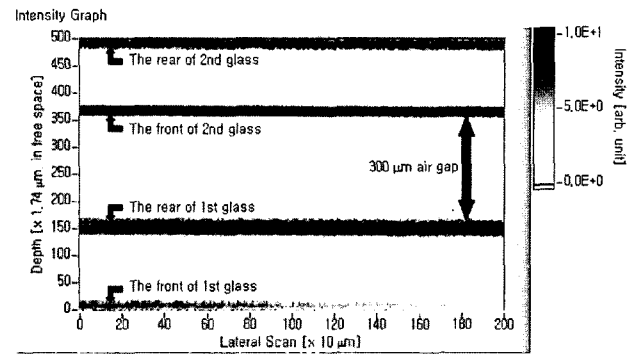


(b)

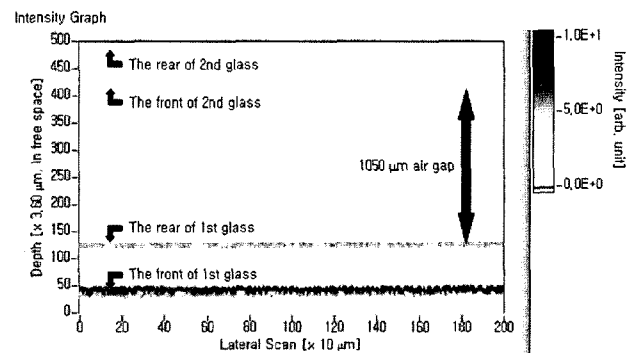
그림 7. 간섭패턴의 위치에 따른 A-스캐닝 지연시간: (a) 단일 광경로 지연기, (b) 2중 광경로 지연기.

그림 8은 겹쳐진 2장의 유리판을 샘플로 이용하여 측정된 단일 및 2중 광경로 지연기 OCT의 단층영상이다. 그림 8 (a)는 단일 광경로 지연기 OCT를 이용하여 150 μm 두께의 유리판 두 장 사이에 300 μm 간격의 공기층을 띄워 놓고 측정된 단층영상이고, 그림 8 (b)는 이중 광경로 지연기 OCT를 이용하여 공기층 간격을 1050 μm로 하여 측정된 단층영상이다.

그림 8 (a)의 첫 번째 유리판의 뒷면과 두 번째 유리판 앞면 사이의 하나의 층은 첫 번째 유리판의 내부반사에 의해 생겨나는 가상의 층이다. 이런 내부반사에 의해 생겨나는 가상의 층은 내부반사율이 높은 매질에서는 나타날 수 있지만 생체와 같이 내부반사율이 낮은 매질에서는 나타나지 않는다. 또한 내부반사에 의해 나타나는 가상의 층은 실제 매질 층에서 반사되는 값에 비하여 상당히 작은 값이다. 그림 8 (b)의 이중 광경로 지연기 OCT에서도 첫 번째 유리판 뒷면과 두 번째 유리판 앞면 사이에 첫 번째 유리판의 내부반사의 의한 가상의 층이 있지만 노이즈 레벨에 가까운 값으로 표현되지 않는다. 그림 9의 (a)와 (b)를 비교했을 때 이중 광경로 지연기 OCT가 단일 광경로 지연기 OCT에 비하여 두 배의 깊이로 측정이 가능함을 알 수 있다. 또한 앞에서 기술



(a)



(b)

그림 8. 2차원 단층영상: (a) 단일 광경로 지연기 OCT를 이용한 150 μm 유리판 - 300 μm 공기층 - 150 μm 유리판, (b) 2중 광경로 지연기 OCT를 이용한 150 μm 유리판 - 1050 μm 공기층 - 150 μm 유리판.

했듯이 이중 광경로 지연기 OCT를 이용하여 단일 광경로 지연기와 동일한 깊이를 측정할 때에는 단일 광경로 지연기보다 2배 빠른 측정이 가능하다. 그림 8의 영상구현 시간은 약 3초 이내 이고 화소 크기는 (a)가 10 μm x 1.74 μm, (b)는 10 μm x 3.6 μm 이다. 그림 8의 세로 방향 화소 크기 1.74 μm와 3.6 μm는 깊이 방향에 대한 광학적 해상도에 해당하는 간섭무늬의 반치폭 18.6±0.5 μm 이내에 있다. 제작한 OCT 시스템의 광학적 해상도는 10 μm x 19 μm 이고 영상구현 시간은 측정 범위에 따라 좌우되며 초당 1.68 mm x 1 mm 이다.

IV. 결 론

본 연구에서는 광간섭 단층촬영용으로 PZT와 단일모드 광섬유를 이용한 광경로 지연기를 제작하여 그 특성을 분석하였다. 광경로 지연기에서 발생하는 편광모드 분산은 편광조절기를 이용하여 조절하였고, 열요동은 이중 광경로 지연기를 구성하여 최소화 하였다. 단일 광경로 지연기의 샘플 측정 깊이는 0.78 mm 이었고, 광경로 지연 속도는 174.7 mm/s 이었다. 이에 비해 2중 광경로 지연기의 샘플 측정 깊이는

1.68 mm이었고 광경로 지연 속도는 360.4 mm/s이었다. 따라서 2중 광경로 지연기를 채용함으로써 단일 광경로 지연기에 비해 2배의 측정 깊이와 속도를 구현하였다. 더욱이 PZT를 이용한 광경로 지연기 OCT는 PZT 구동전압과 주파수에 따라 측정 범위 및 속도가 결정되기 때문에 측정하고자 하는 매질에 따라 측정 범위 및 시간을 쉽게 조정할 수 있는 장점을 갖고 있다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 우수연구센터(R11-2002-103) 지원으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] D. Huang, E. A. Swanson, C. P. Lin, J. S. Schuman, W. G. S. Stinson, W. Chang, M. R. Hee, T. Flotte, K. Gregory, C. A. Puliafito, and J. G. Fujimoto, "Optical Coherence Tomography," *Science* vol. 254, pp. 1178-1181, 1991.
- [2] P. Klovekorn, J. Munch "Variable optical delay line with diffraction-limited autoalignment," *Appl. Opt.* vol. 37, no. 10, pp. 1903-1904, 1998.
- [3] T. Yamada H, Hibino Y, Mitachi S., "Range extension in optical low coherence reflectometry achieved by using a pair of retroreflectors," *Electron Lett.* vol. 31, no. 18, pp. 1565-1567, 1995.
- [4] Chin B. Su, "Achieving variation of the optical path length by a few millimeters at millisecond rates for imaging of turbid media and optical interferometry: A new technique," *Opt. Lett.* Vol. 22, no. 10, pp. 665-667, 1997.
- [5] X. Lui, M. J. Cobb, and X. Li, "Rapid scanning all-reflective optical delay line for real-time optical coherence tomography," *Opt. Lett.*, vol. 29, no. 1, pp. 80-82, 2004.
- [6] G. J. Tearney, B. E. Bouma, S. A. Boppat, and B. Golubovic, E. A. Swanson, J. G. Fujimoto. "Rapid acquisition of in vivo biological images by use of optical coherence tomography," *Opt. Lett.* vol. 21, no.17, pp. 1408-1410, 1996.
- [7] D. G. Luke, R, McBride, and J. D. C. Jones, "Polarization mode dispersion minimization in fiber-wound piezoelectric cylinders," *Opt. Lett.*, vol. 20, no. 24, pp. 2550-2552, 1995.
- [8] F. Felchtein, V. Gelikonov, G. Gelikonov, N. Gladkova, V. Leonov, and A. Serge "Optical fiber interferometer and piezoelectric modulator," *International application PCT/RU96/00045*, 1996.
- [9] G. J. Tearney, B. E. Bouma, and J. G. Fujimoto., "High-speed phase- and group-delay scanning with a grating-based phase control delay line," *Opt. Lett.* vol. 22, no. 23, pp. 1811-1813, 1997.
- [10] B. E. Bouma, G. J. Tearney, "Handbook of Optical Coherence Tomography", Marcel Dekker AG, 2002.
- [11] J. M. Schmitt, "Optical Coherence Tomography (OCT): A Review," *IEEE J. Select. Topics Quantum Electron*, vol. 5, no. 4, pp. 1205-1215, 1999.
- [12] S. C. Rashleigh and R. Ulrich, "Polarization mode dispersion in single-mode-fibers," *Opt. Lett.* vol. 3, no. 2, pp. 60-62, 1978.
- [13] R. Ulrich and S. C. Rashleigh, and W. Eickhoff, "Bending-induced birefringence in single-mode fibers," *Opt. Lett.*, Vol. 5, no. 6, pp. 273-275, 1980.
- [14] A. Yariv, "Optical Electronics in Modern communications," Oxford, 1997.

Compensations of Polarization Mode Dispersion and Thermal Drift in Optical Coherence Tomography with PZT Optical Delay Lines

Young Kwan Kim, Sung Jin Park and Yong Pyung Kim[†]

College of Electronics and Information / Institute for Laser Engineering,
Kyunghee University, Yongin 449-790, KOREA

[†]E-mail: ypkim@khu.ac.kr

(Received September 21, 2005, Revised manuscript December 12, 2005)

We have fabricated and characterized optical delay lines for optical coherence tomography, which is composed of cylindrical PZT(piezoelectric transducer) and single mode optical fiber. The polarization mode dispersion from the optical delay lines was compensated by the polarization controllers. By applying the duplex optical delay line, we minimized the thermal drift due to optical delay lines and obtained the scan range of 2 times that of a single optical delay line. The OCT system showed resolution of $18.6 \pm 0.5 \mu\text{m}$, scanning range of 1.68mm, and scanning speed of 360.4mm/s.

OCIS Codes : 170.4500, 110.4500, 100.6950.