

# 마이크로 옵틱형 마하젠더 간섭계 기반으로한 굴절률 측정

## Measurement of Refractive Index based on Micro-Optic Mach-Zehnder Interferometer

이중훈, 김현덕, 송재원  
 경북대학교 전자전기컴퓨터학부  
 jwsong@ee.knu.ac.kr

광을 이용한 여러 가지 계측 기술들은 그 고유한 특성들로 인해 여러 분야와 환경에서 폭넓게 적용되고 있다. 그 중 물질의 굴절률 정보는 광학소자 개발에서 매우 중요하며 광의 진폭, 위상, 편광 등의 여러 가지 물리량의 변위 정보를 이용하여 측정하게 된다. 대표적인 굴절률 측정계의 구현 방식은 굴절형, 손실형, 간섭계형 등 여러 가지 형태의 동작 원리를 기반하며, 특정 영역 측정 범위에서 액체, 고체, 박막 등의 특정 시료형태에 적합한 방식으로 구성되어진다. 이 중 간섭계형은 두께, 굴절률, 분산, 이방성 등 매질의 여러 가지 광학적 특성들을 얻을 수 있을뿐만 아니라 실시간 측정, 비접촉식의 특성을 가지고 있어 연구목적뿐만 아니라 산업현장에서 널리 사용되고 있는 방식이다<sup>(1)</sup>. 하지만 이러한 방식들은 간섭계 구성이 복잡하고, 여러 가지 신호처리 기법들이 요구되고 있으며, 전체 광량에서 일부만을 이용하여 간섭패턴을 형성하게 된다. 또 몇몇의 다른 기법들도 특정 파장에서의 굴절률 정보를 측정하게 되어 여러 파장에서의 굴절률 정보를 얻기 힘들다. 특히 광섬유 통신 파장 전체에서의 세부적인 굴절률 정보를 얻기는 어렵다.

본 연구는 실험실에서 쉽게 구성가능하며 광섬유통신 파장대역에서의 굴절률 정보를 얻을 수 있는 간섭계 구조를 제안 구성하여 평판의 광학적 특성을 측정하였다<sup>(2)</sup>. 제안된 구조는 비교적 두꺼운 박막에 대해 광통신 파장대의 굴절률 정보들을 폭넓게 측정할 수 있다. 또 기존의 복잡한 간섭계 구성과 달리 최소한의 광학소자와 정렬만으로, 간섭계에 사용된 광량을 최대한 사용하여 부가적인 신호 처리 없이도 광학적 정보들을 효과적으로 얻을 수 있다.

그림 1은 제안된 박막소자의 굴절률을 측정하기 위한 간섭계의 구성도이다. 광섬유형 Collimator 사이에 삽입된 평판은 시준화된 광선 일부에 광경로차를 초래하여 마하젠더 간섭계가 형성되도록 한다. 즉 첫번째 광섬유(fiber A)를 통해 입력된 광선은 두번째 Collimator에서 집속되는데, 이 때 삽입된 plate에 따라서 간섭을 일으키게 된다. 간섭 현상은 평판의 두께와 굴절률, 그리고 plate의 삽입 깊이에 따라 달라지며, 전달특성(T)은 다음과 같다.

$$T = 1 - e \cdot \sin^2 \left\{ \frac{\pi(n-1)d}{\lambda} \right\} \tag{1}$$

여기서 n과 d는 각각 삽입되는 평판의 굴절률과 두께를 나타내며, λ는 중심파장을 나타내고, e는 간섭정도를 결정하는 계수로서 평판의 삽입 깊이에 따라 달라진다. 즉, collimator사이에 전달되는 광선 중 정확히 반이 평판을 통과하도록 삽입 깊이가 정해지면 1의 값을 가진다. 위의 주기적인 전달 특성으로부터 광로차(OPD)가 1/2 파장의 홀수 배 혹은 짝수배의 여부에 따라 보강간섭 혹은 소멸간섭을 보여주게 되고 간섭무늬의 간격과 굴절률 파장사이의 관계를 광경로차를 기준으로 표현하면 아래의 수식(2)와 같다.

$$(n-1)d = \frac{l^2 + l}{Dl} @ \frac{l^2}{Dl} \tag{2}$$

그림 2는 제안된 마이크로 옵틱형 마하젠더 간섭계를 구성하여 서로 다른 두께의 평판에 대한 전달특성을 측정한 결과이다. 입력 광원으로 백색광원(과 출력을 광스펙트럼 분석기를 이용하였으며 광통신 파장대역인

1300nm에서 1600nm의 영역에서 측정을 수행하였다. 마이크로미터를 이용 측정대상이 되는 평판의 위치를 x 축 방향으로 이동시키며 최대의 간섭무늬 패턴이 나타나도록 조정하였다. 사용된 평판은 동일한 재질의 두께가  $d=300\mu\text{m}$ ,  $400\mu\text{m}$ ,  $500\mu\text{m}$  이다.

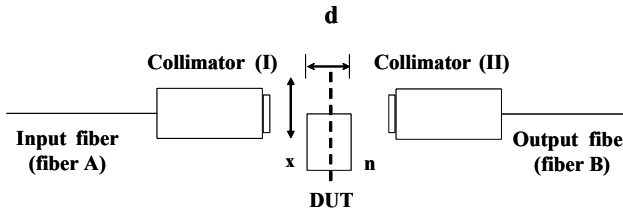


그림 1. 제안된 마이크로 옵틱형 마하젠더 간섭계를 기반으로 한 굴절률 측정시스템의 구성

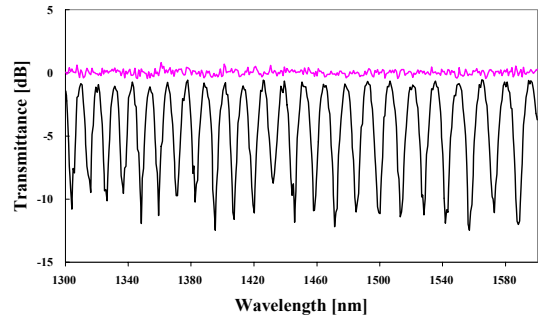


그림 2(a). 백색광원과 광스펙트럼 분석기를 이용하여 측정한 제안된 마하젠더 간섭계의 전달 스펙트럼 특성 :  $d=300\mu\text{m}$

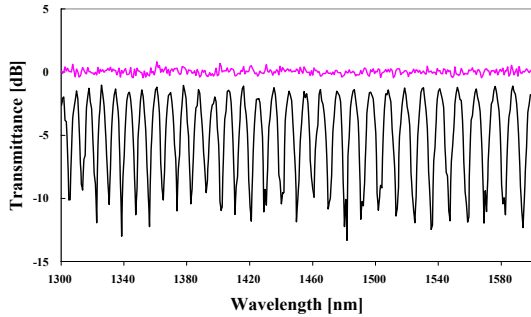


그림 2(b). 백색광원과 광스펙트럼 분석기를 이용하여 측정한 제안된 마하젠더 간섭계의 전달 스펙트럼 특성 :  $d=400\mu\text{m}$

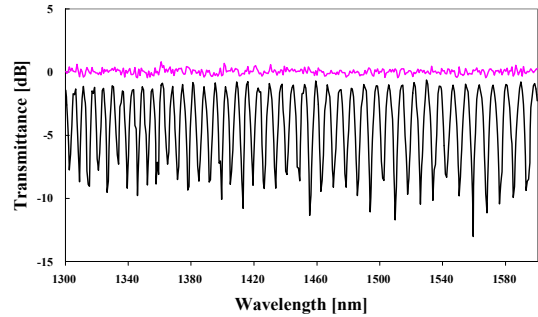


그림 2(c). 백색광원과 광스펙트럼 분석기를 이용하여 측정한 제안된 마하젠더 간섭계의 전달 스펙트럼 특성 :  $d=500\mu\text{m}$

1. 김상준, 김상열, “굴절률 분산을 반영한 고속 푸리에 변환 및 막두께 정밀결정”, 한국광학회지 14, 266-271 (2003)
2. 이종훈, 권형우, 김영철, 김현덕, 송재원, 김보훈, "빔 분할 방법을 이용한 광 Comb 필터", 제 12회 광전자 및 광통신 학술회의 (COOC 2005), FP16, 309-310 (2005)