

LiNbO₃ 마하젠더 광변조기를 이용한 광파장 측정

Measurement of Optical Wavelength Using a LiNbO₃ Mach-Zehnder Modulator

정형기*, 오현호, 정윤철, 신상영
한국과학기술원 전자전산학과
zenith@eeinfo.kaist.ac.kr

파장분할다중(WDM) 광통신시스템에서 광원의 파장을 정확하게 측정하는 것은 매우 중요하다. 지금까지 광파장측정기는 격자나 Fabry-Perot 에탈론을 사용한 광대역 필터(optical bandpass filter) 및 파장에 따라 삽입손실이 다른 파장판별기(wavelength discriminator)등으로 구현되었지만 빛의 간섭 현상을 이용한 마이켈슨 간섭계가 가장 많이 사용되었다. 특히 푸리에 변환 마이켈슨 간섭계 파장측정기⁽¹⁾는 동시에 각각 다른 파장의 광원들이 입사되더라도 각각의 파장을 측정할 수 있는 장점이 있다. 즉 마이켈슨 간섭계에서 주기적인 간섭무늬에 의한 광검출기의 출력은 입력된 광파장에 따라 다른 주기를 가진다. 따라서 서로 다른 파장을 가진 빛이 입사했을 때 검출되는 각각의 광전력의 합을 표본화(sampling)한 뒤 FFT를 거치면 광파장과 광검출기로 수신한 신호의 중심 주파수의 관계를 알 수 있으므로, 서로 다른 파장을 가진 빛이 입사하더라도 각각의 파장을 측정할 수 있는 것이다. 본 논문에서는 푸리에 변환을 이용하되 마이켈슨 간섭계 대신 마하젠더 간섭계형 광변조기를 이용하여 광파장을 측정에 관한 실험적 구현과 개선 방안에 대해 제시한다.

LiNbO₃는 전압을 인가하면 그 전압의 크기에 비례해서 굴절율이 변화는 선형전기광학효과를 가지고 있다. 이러한 LiNbO₃를 이용하여 마하젠더 간섭계형 광변조기를 제작한 뒤, 광변조기의 한쪽 도파로에 전압을 인가하면 두 도파로를 진행하는 빛은 위상차를 갖는다. 이러한 위상차에 의해 광변조기의 출력력이 0 이 되는 인가전압을 V_{π} 라고 한다. 인가전압을 계속 높이면 광변조기의 광전력 전달 특성(transfer function)은 V_{π} 를 주기로 변조된다. 그리고 V_{π} 는 입력된 광의 파장에 비례한다. 따라서 입력된 광의 파장에 따라 광변조기의 출력은 다른 주기를 갖게 되므로 서로 다른 파장의 광원이 입사되더라도 마하젠더 간섭계형 광변조기로 변조시킨 뒤 푸리에 변환을 통해 각각의 파장을 알 수가 있다. <그림 1>에는 제안된 광파장 측정법의 개략도를 도시하였다.

제작된 광변조기는 Z-cut LiNbO₃를 이용하여, 양자교환^{(2),(3),(4)}(Proton exchange)공정으로 광도파로를 제작하였고, 전극에 의한 손실을 막기 위해 도파로와 전극사이 SiO₂를 2000 Å 정도 올렸다. 표본화와 FFT는 HP 54601A 오실로스코프로 수행하였다. 전극의 길이는 17.5 mm이고, 측정된 광변조기의 V_{π} 는 입력파장이 1544 nm일 때 3.9 V 였다. <그림 2>에서는 195.3 V, 100 Hz의 톱니형 전압으로 변조시켰을 때의 광전력 전달 특성을 나타내었다. 가변 파장원(tunable wavelength source)을 이용하여 1505 nm에서 1590 nm까지 파장을 가변 시키며 광변조기에 빛을 입사 시켰을 때, 입력파장이 15 nm 변할 때마다 중심 주파수가 광변조기에 인가한 변조주파수인 10 Hz 만큼 이동하는 것을 관찰하였다. 따라서 측정될 수 있는 파장간의 간격을 줄이기 위해서는 V_{π} 전압을 낮추어야 한다. <그림 3>에서는 단일 광원의 파

장파 검출된 신호의 중심 주파수와와의 관계를 나타내었다. <그림 4>에는 입력파장이 1544 nm 일 때의 주파수 특성을 나타 내었다. 다음으로 광변조기의 광파장 분해능을 실험하기 위해 1544 nm의 기준 파장 원과 가변 파장원을 동시에 입사시켜 보았다. 가변 파장원의 파장이 1544 nm로부터 멀어지면서 1504 nm 이하와 1577 nm 이상일 때 기준 파장원과 함께 측정이 가능했다. 이때 중심 주파수 사이에 만들어 지는 각각의 입력광에 의한 전력의 합이 최대치의 3 dB가 될 때를 분해능의 기준으로 정했다. <그림 5>에서는 가변 파장원의 파장이 1577 nm 일 때 입력광에 대한 주파수 특성을 나타낸 것이다.

입력광의 측정할 수 있는 파장간의 간격을 15 nm에서 줄여서 보다 정확한 파장 측정을 위해서는 V_{π} 전압을 낮추고 광변조기에 인가하는 변조전압을 높일 수 있도록 광변조기를 디자인해야 한다.

참고문헌

1. D. Derickson, "Fiber optic test and measurement", Hewlett-Packard Professional Books.
2. H. Nishhara, M. Haruna, T. Suhara, "Optical Integrated Circuits"
3. 오현호, "양자교환 LiNbO3 광도파로를 이용한 진행파형 마하젠더 광변조기의제작", 한국과학기술원 석사학위논문, 1995.
4. J. L. Jakel, C. E. Rice, and J. J. veselka, Proton exchange for high index waveguides in LiNbO3, App. Phys. Lett., Vol. 41, pp.607-608,1982.

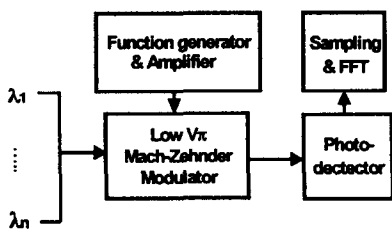


그림 1. 광파장 측정의 원리

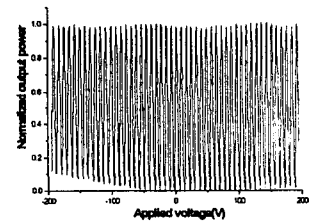
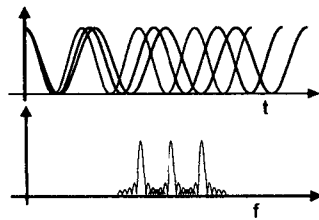


그림 2. λ=1544 nm일 때, 광변조기의 광출력 전달특성

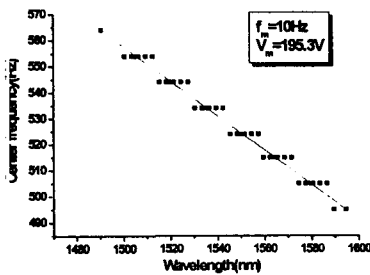


그림 3. 가변 파장원에 대한 중심 주파수의 변화

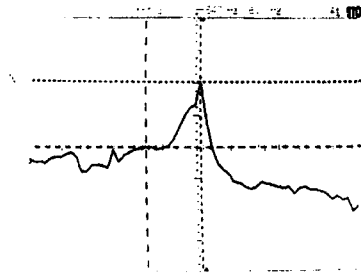


그림 4. λ=1544nm 일 때의 주파수 특성

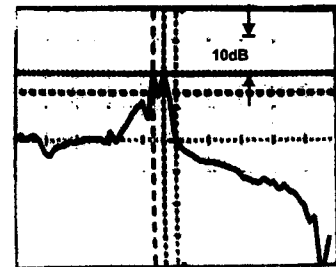


그림 5. 두 개의 입력 파장에 대한 주파수 특성 λ=1544nm, λ=1577nm