마하젠더형 폴리머 광변조기의 구동전압을 줄이기 위해 제안된 쌍둥이 마이크로스트립 전극 해석

Analysis of the Twin Microstrip Electrode for Reducing the Operating Voltage of the Mach-Zender Polymer Optical Modulator

서재덕, 김광택, 송재원
경북대학교 전자전기공학부
jdsuh@palgong.kyungpook.ac.kr

광변조기는 빛이 통과하는 도파로 부분과 빛의 변조를 위해서 장치되는 전극 부분으로 나눌 수 있다. 따라서 도파로와 전극의 최적 설계를 통해서 보다 효율 높은 광변조기를 제작할 수 있다. 본 논문에서는 마하젠더형 광변조기의 구동전압을 줄이기 위한 쌍둥이 마이크로스트립 전극구조을 제안하고 유한요소법(Finite Element Method)을 사용해서 전극해석을 하였다.

진행파형 전극의 설계에서 가장 중요한 점은 임피던정합, 속도정합, 중첩효율 등이다[1]. 전극을 통하는 마이크로파의 파장이 상하부 전극 간의 간격보다 클 때에는 TEM분포로 가정해도 무난하다[2].

구동전압을 낮추기 위해서 마하젠더 광도파로에 변조전기장을 효과적으로 분포시키기 위한 쌍둥이 마이크로스트립 전극을 제안하였다. 즉 기존의 단일 마이크로스트립 전극을 Y 가지를 통해서 두 개로 나누어진 전극구조이다. 이때 단면 특성 임피던스 정합을 위해 두 개의 상부전극은 폭이 좁아져야 한다. 두 개의 마이크로스트립 전극을 도파로와 정렬했을 때 반파장 전압을 절반으로 줄이는 효과를 가진다. 이 때 마하젠더 구조를 이루는 두 개의 도파로는 푸시풀 폴링으로 부호가 다른 전기광학 계수를 기지며 동일한 변조신호를 인가받는다. 제안된 소자의 전체 구조는 그림 1.과 같다.

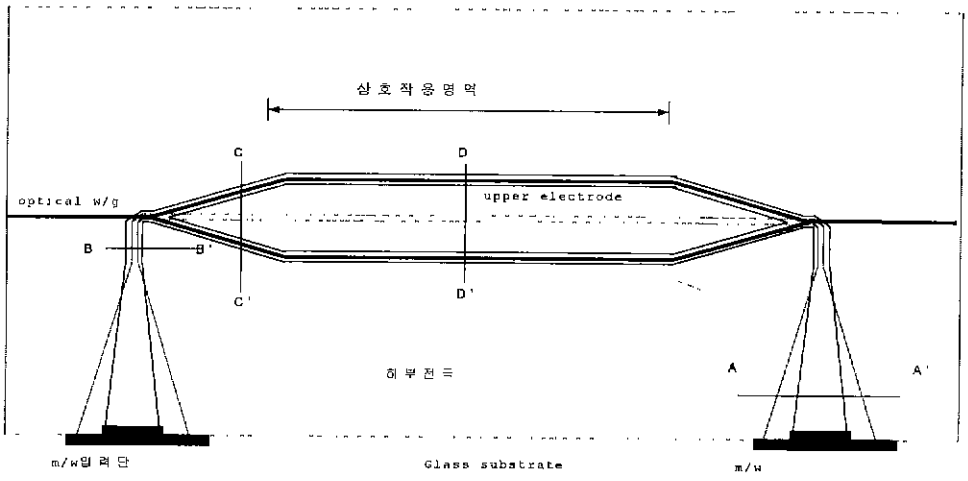

그림 1. 마하젠더형 광변조기의 쌍둥이 마이크로스트립 전극구조

본 논문은 상호작용영역의 해석에 초점을 맞추었다. 상호작용영역의 단면을 그림 2.에 나타내었다. 상부전극 A와 B는 충분히 많이 떨어져 있을 때는 서로 영향을 주지 않을 수 있다. 그러므로 A와 B를 독립적으로 해석하여 병렬 연결된 임피던스 형태로 볼 수 있다. 이 사실을 확인하기 위해 A와 B가

독립적이다라고 가정하고 해석한 임피던스 값과 그림 2.의 구조에서 적접 해석한 값을 그림 4.에서 비교했다. 그림 4.에서 볼 수 있듯이 대체적으로 전극 중심간의 간격이 70μm 정도에서는 완전히 상호 독립적이 될 수는 없다. 그러나 전극의 모서리간 간격이 56μm이상일 경우에는 거의 독립적으로 간주해도 오차는 없었다. 또한 전극이 가까이 붙어 있을수록 임피던스는 증가하게 됨을 알 수 있다. 쌍둥이 스트립라인 구조에서 전극의 폭이 4μm가 되면 50Ω 임피던스 정합이 이룰 수 있어 구동전압을 낮추기 위한 마하젠더형 광변조기의 전극구조로 타당함을 알 수 있었다. 그림 2.와 같은 단면구조에서 상부전극의 폭을 변화시키면서 도파광과 변조전기장 간의 중첩지수를 그림 5.와 같이 구했다. 이 때 코어층의 굴절률을 1.53, 클래딩층의 굴절률을 1.50으로 가정하였다.

본 논문에서는 폴리머 광변조기의 구동전압을 낮추기 위해서 푸시풀 폴링을 사용한 쌍둥이 스트립라인 전극 구조를 제시하고 임피던스 해석을 통해서 그 타당성을 검증해 보았다. 제안된 쌍둥이 마이크로스트립 전극구조는 광변조의 구동전압 낮추는데 유리한 구조로 분석되었다.

[참고문헌]

1. Yoshito Shuto, Satoru Tomaru, Makoto Hikita, and Michiyuki Amano, "Optical Intensity Modulator Using Diazo-Dye-Substituted Polymer Channel Waveguides," IEEE J. Quantum Elec. Vol. 31, No. 8, August. 1995.
2. Jong Chang Yi, Sun Ho Kim, Sang Sam Choi, "Finite-Element Method for the Impedance Analysis of Traveling-Wave Modulators," IEEE J. Lightwave Tech., Vol. 8, No. 6, June. 1990.

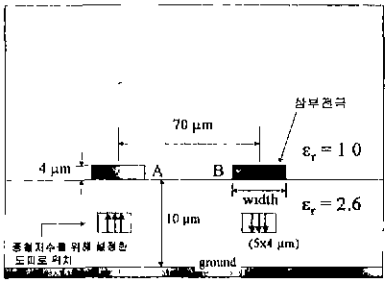

그림 2. 상호작용영역의 단면 구조

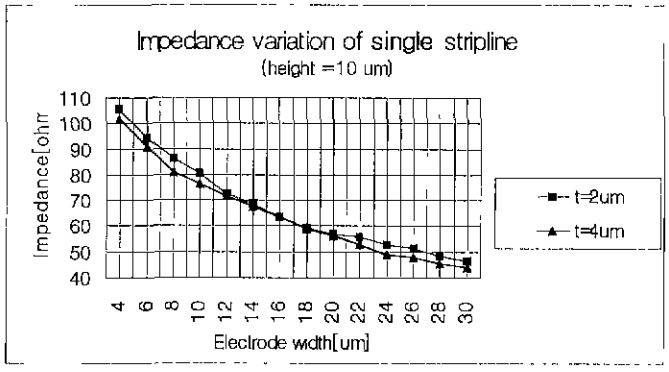

그림 3. 단일 스트립라인의 폭에 따른 임피던스 변화

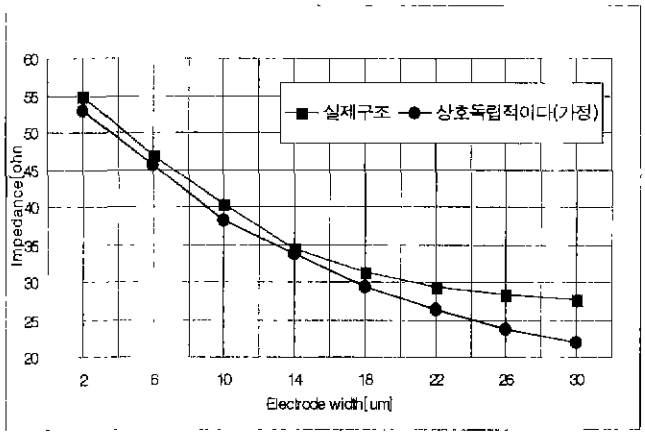

그림 4. 쌍둥이 스트립라인의 폭에 따른 임피던스 변화 (전극두께 = 4μm)

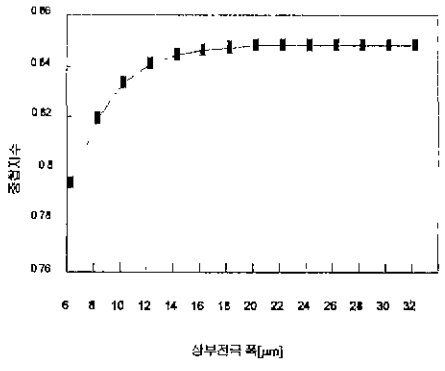

그림 5. 스트립전극 폭에 따른 중첩지수 변화