

XPM 을 이용한 전광 AND 논리 구현

All Optical AND Logic Gate Using XPM

강병권, 김재현, 박윤호, 이석, 이유승, 전영민, 김선호, 박승한*
 한국과학기술연구원 광기술연구센터, *연세대학교 물리학과
 bkkang@kist.re.kr

광을 기반으로 한 논리 연산은 전자 소자의 속도 한계 및 연산 용량의 한계를 극복할 대안으로 많은 관심을 끌고 있다. 초고속 전광 논리 연산의 구현은 대부분 물질의 비선형성을 이용하며 특히 광섬유의 비선형 Kerr 효과를 이용한 Sagnac 간섭계의 형태를 이용한 논리 연산이 주로 연구되어 왔다⁽¹⁾. 그러나 광섬유의 비선형성을 이용하기 위해서는 충분히 큰 광 강도가 필요하며 회로 구성에 있어서도 크기가 크다는 단점이 있다. 최근에는 반도체 광증폭기의 비선형 이득 포화 현상을 이용한 TOAD 등이 발표되어 상대적으로 크기도 감소하고 사용되는 광 강도 역시 감소시킬 수 있었다⁽²⁾. 간섭계를 이용한 광논리의 구현은 Sagnac 간섭계 뿐만 아니라 비선형 특성을 갖는 도파로로 구성된 Mach-Zehnder 간섭계, Michelson 간섭계 등도 이용이 가능하다.

본 연구에서는 Mach-Zehnder 간섭계 형태의 반도체 광증폭기로 구성된 XPM 파장변환기 (1901CM, Alcatel)을 이용하였다. XPM 파장변환기는 probe 신호 입력단에서 전치 증폭된 λ_1 파장의 CW 신호가 두 개의 반도체 광증폭기 도파로로 분기되어 진행되며, 한쪽 도파로에 적절한 강도의 λ_2 파장의 광 신호를 pump 신호 입력단에 입력하여 한쪽 도파로의 비선형 굴절을 변화를 일으켜 도파로에서 진행된 두 파의 위상차를 생성하게 된다. 두 도파로의 결합단에서는 위상차가 0, 또는 π 만큼 유도될 수 있어 λ_2 파장의 입력광 신호를 λ_1 파장으로 변환하여 출력하게 된다. 적절한 probe 신호의 강도에 대하여 두 반도체 광증폭기 도파로에 적절한 전류를 인가하여 항상 π 위상차를 갖게 한 후 pump 신호의 강도를 증가시키면 출력은 점차 증가하게 된다. 이러한 조건에서 적절한 변조 깊이를 갖는 입력 신호에 대해 pump 신호의 크기를 변화시키면 pump 신호의 강도가 논리가 1 인 경우 출력된 probe 신호의 강도 역시 논리 1 을 갖게 되어 AND 논리연산을 수행하게 된다.

그림 1은 초고속 논리 연산을 수행하기 위한 실험장치도 이다. 수 GHz 수준의 연산 속도를 구현하기 위하여 광섬유 모드록 레이저를 이용하여 평균 광 강도 -10dBm의 펄스 폭 20ps 이하, 5GHz 반복율을 갖는 펄스를 생성한후 50:50 으로 신호를 분배하여 신호 B 는 pump 신호 입력단으로 연결하고 신호 A 는 두 부분으로 분기하고 100ps 지연한 후 결합하여 10GHz 반복율의 신호를 생성하였고 지연선로를 거쳐 편광조절기를 통과한 후 probe 신호 입력단으로 연결하였다. 먼저 반도체 광증폭기 도파로 부분의 전류를 적절히 조절하여 10GHz 신호 A의 위상차를 π 만큼 갖도록 출력이 최소가 되도록 한 후 신호 B 의 강도를 증가함에 따라 신호 B 가 논리 1인 상태에서만 출력이 나오도록 조절 하였다. 이때 신호 A 의 지연시간을 적절히 조절하여 신호 B 와 동조시켰다. 그림 2는 5GHz AND 논리 연산이 수행된 결과를 나타낸다. 신호 A 는 10GHz 의 반복율을 갖는 모드록 펄스이며 신호 B 는 데이터 신호로 사용된 pump 신호의 모드록 펄스이며 신호 C 는 신호 A 와 B 가 연산된 AND 논리 결과의 펄스이다. XPM 파장변환기는 이득포화 현상에서 복귀하는 시간이 100ps 이상이 되는 것으로 보고되어 있으나 본 실험

에서는 연산된 신호 C 의 펄스 폭이 입력 신호와 차이가 거의 없음을 볼 수 있다. 이는 간섭계를 구성하는 반도체 광 증폭기를 통과하면서 펄스 폭의 변화가 나타나지 않으며, 단지 이득 포화로부터 복귀되는 시간은 반복률을 제한하게 된다. 실험에서는 반복률이 5GHz 이었으며 펄스의 폭이 충분히 좁기 때문에 출력 펄스의 폭에 거의 영향을 미치지 않았다.

결론적으로 XPM 파장변환기의 반도체 광증폭기의 비선형 이득 포화 현상을 이용하여 probe 신호 입력단과 pump 신호 입력단에 고속 초단 펄스를 입력하여 5GHz 의 AND 논리 연산을 성공적으로 수행하였다. 소형이면서 작은 입력 강도의 간단한 초고속 논리 연산을 구현하였으며, 초단 펄스를 사용하기 때문에 펄스의 반복률이 이득포화 복귀 시간보다 큰 경우도 가능할 것으로 기대된다. 또한 이러한 특성을 광통신에 적용하면 신호의 전광 demultiplexing 이 가능하다.

1. N. J. Doran and D. Wood, Opt. Lett., 13, 56, 1988.
2. J. P. Sokoloff, P. R. Pruenal, I. Glesk, and M. Kane, IEEE Photon. Technol. Lett., 5, 787, 1993.

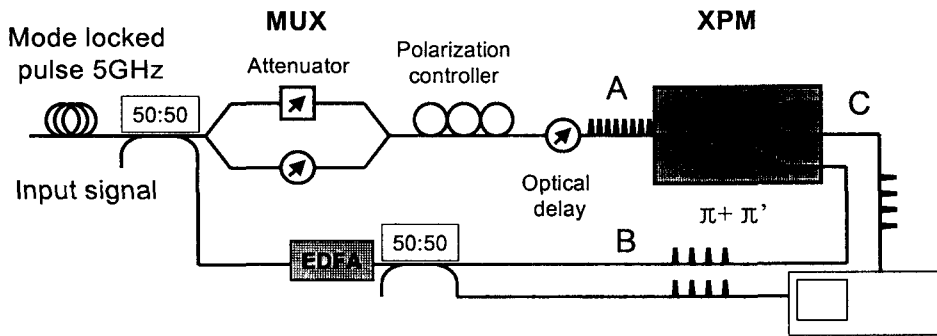


Fig. 1 Experimental setup for fast all-optical AND logic gate.

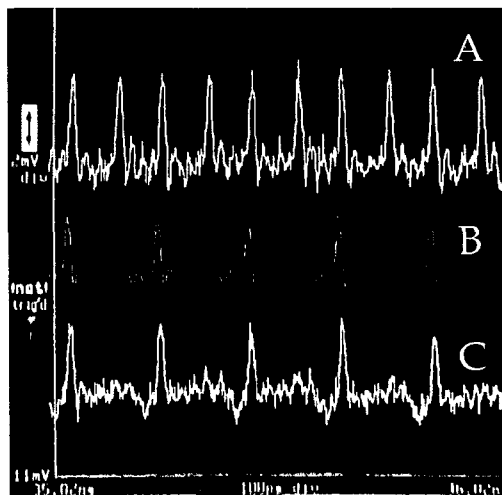


Fig. 2 All-optical AND logic of 5GHz mode locked pulses