

반도체 광증폭기를 이용한 10 Gbps 전광 논리소자 10 Gbps all-optical logic gates using SOAs

변영태, 김재현, 전영민, 우택하, 이석, 김선호
한국과학기술연구원 광기술연구센터
byt427@kist.re.kr

음성신호, 정지영상, 동영상 등의 대용량 데이터를 고속으로 전송, 처리, 교환하기 위해 미래 정보 통신망에서 전광 신호처리 기술은 매우 중요하다. 특히 복잡한 전기-광학 변환을 피할 수 있는 전광 논리 동작은 전광신호 처리 시스템의 핵심기술이다. 지금까지 많은 연구자들이 SOA (Semiconductor Optical Amplifier), UNI (Ultrafast Nonlinear Interferometer), 그리고 TOAD (Terahertz Optical Asymmetric Demultiplexer)를 이용하여 AND, NOR, OR, XOR 등의 전광 논리 소자들을 보고해 왔다[1-3]. UNI와 TOAD를 이용한 논리 소자들이 고속 동작 특성을 보일 지라도 그들은 매우 복잡하고, 다른 종류의 논리 소자와 집적하기 어렵다. 반면에 SOA 기반의 소자들은 소형(compact)이고, 안정적(stable)일 뿐만 아니라 집적 가능하고 편광과 파장 의존성이 없다. 그러므로 본 논문에서는 SOA와 XPM 파장 변환기를 이용하여 반가산기(Half adder)의 핵심 논리소자인 전광 AND와 XOR, 그리고 Full adder의 핵심 논리소자인 전광 XOR과 NOR를 중심으로 10 Gbps에서 동작되는 전광 논리소자와 반가산기가 소개된다.

전광 AND 논리 소자는 전광 파장 변환기 (Alcatel 1901 ICM)를 이용하여 구현되었다. 그림 1은 전광 AND 논리 소자의 실험장치도 이다. 5 GHz의 모드 잠김 펄스 발생기가 RZ 패턴 신호를 만들기 위해 이용되었다. 1549 nm 신호는 50:50 광분리기로 분리된 후 한쪽 광경로에서 50 ps 지연이 이루어진 다음에 다른 50:50 광결합기에 의해 합쳐진다. 신호 A에 1 bit 지연이 가해지면 신호 B가 얻어지고 이 신호는 EDFA에 의해 적당한 세기로 증폭된다. 신호 A와 B가 XPM 파장 변환기에 결합되면 전광 논리 동작이 얻어진다. 그림 2는 조사신호(A), 펌프신호(B), 그리고 20 Gb/s에서 동작되는 전광 AND 논리신호(C)를 각각 보여준다.

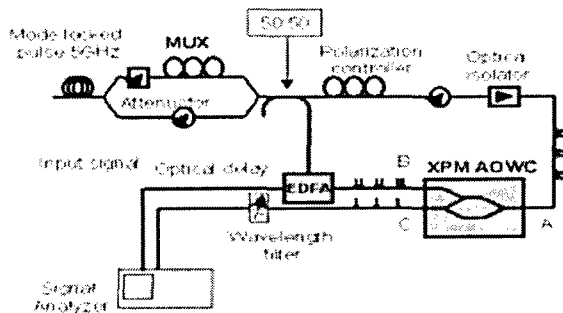


그림 1. 전광 AND 논리소자의 구성도.

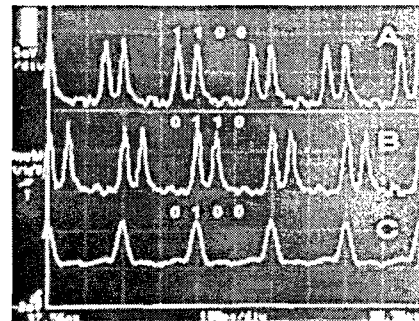


그림 2. 20 Gbps 전광 AND

전광 XOR 논리소자는 SOA의 XGM (Cross Gain Modulation) 특성을 갖는 inverter의 원리를 이용한다. 먼저 A 신호와 B 신호를 각각 조사신호와 펌프신호로 SOA에 입사시키면 Boolean $\overline{A}B$ 가 얻어진다. 반면에 다른 SOA에 A와 B 신호를 각각 펌프신호와 조사신호로 입사시키면 Boolean $\overline{A}\overline{B}$ 가 얻어진다. 그림 3에서 출력신호 $\overline{A}B$ 와 $\overline{A}\overline{B}$ 가 합쳐지면 그림 4와 같은 10 Gbps에서 전광 XOR 논리소자

의 동작특성이 얻어진다.

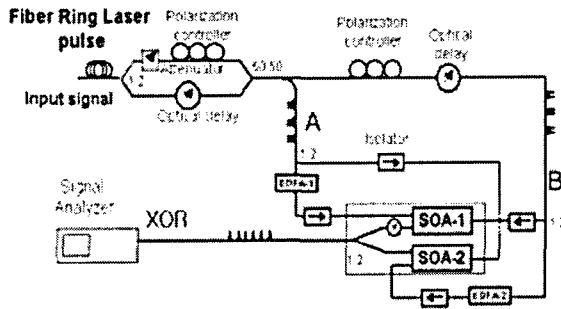


그림 3. 전광 XOR 논리소자의 구성도.

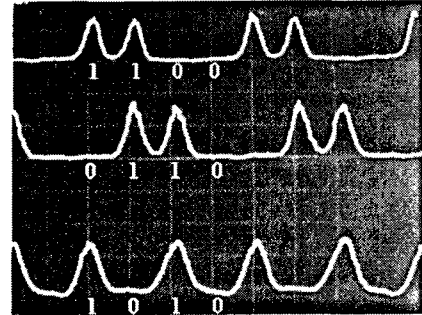


그림 4. 10 Gbps 전광 XOR

그림 5는 전광 반가산기를 구현하기 위한 실험도이다[3]. 전광 반가산기는 SUM과 CARRY 부분으로 구성되므로 SUM과 CARRY 동작은 그림 1과 그림 3에서 보여준 AND 논리소자와 XOR 논리소자를 이용하여 구현되었다. 그림 6의 SUM은 SOA-1과 SOA-2의 출력신호의 합, 즉 10 Gb/s에서의 XOR 논리소자의 동작 특성이다. 이 결과는 SUM (Boolean XOR)과 일치하므로 XOR 논리소자 즉 SUM 특성이 실험적으로 입증되었다. 또한 그림 6의 CARRY는 10 Gb/s에서의 AND 논리소자의 동작 특성이다. 이 결과는 CARRY (Boolean AND)와 일치하므로 AND 논리소자가 CARRY로 동작 될 수 있음이 실험적으로 검증되었다.

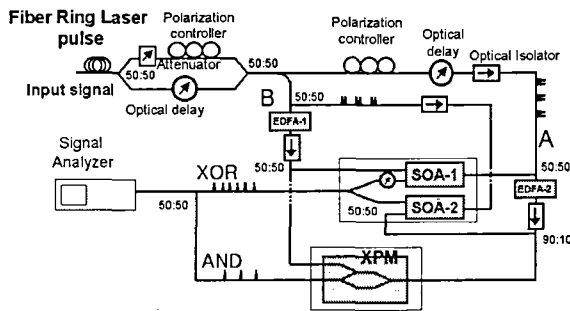


그림 5. 전광 반가산기의 구성도

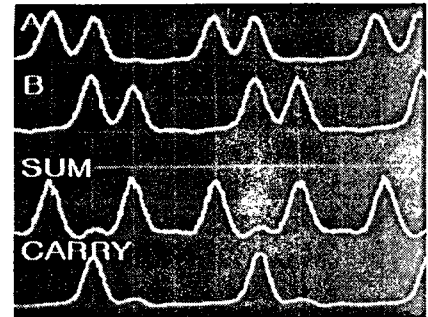


그림 6 전광 반가산기의 동작특성

이상에서와 같이 전광 AND와 XOR 소자들과 이들로 구성된 전광 반가산기가 XPM 파장변환기와 SOA를 이용하여 10 Gbps 이상에서 성공적으로 구현되었다. 이외에 Full adder의 핵심 전광 논리소자는 XOR과 NOR이므로 전광 NOR 논리소자가 소개될 것이다. 한편 진술한 NOR, AND, XOR 등의 전광 논리소자들은 전광 신호처리 분야에서는 전광 Label Switching, 전광 Part-of-Data Swapping, 전광 데이터 추출, IP Address Subnet Masking 등에 널리 응용될 수 있다.

참고문헌

1. J. H. Kim, et al., *Journal of Optical Society of Korea*, 5, 25(2001).
2. Young Tae Byun et al., *CLEO/Europe-EQEC Conference 2003*, p. CJ3M (2003).
3. Jae Hun Kim et al., *Optics Communications*, 218, 345 (2003).