

광증폭기를 이용한 전광 논리 회로 기술

All-optical logic technologies by using SOA

우덕하, 손창완, 전영민, 변영태, 이석, 김선호

한국과학기술연구원 지능시스템연구본부,

e-mail: dockha@kist.re.kr

최근의 경향에 따르면 광통신의 고속화와 대용량화에 대한 요구가 기하급수적으로 증가하고 있으며 이러한 요구사항을 만족시키기 위해서는 전광 네트워크의 구성이 필수적으로 따라야 한다. 현재의 광통신은 음성신호, 동영상 등의 멀티미디어 서비스를 제공하는 것이므로 속도향상 및 정보처리의 용량 증가 이외에도 신호 처리에 있어서 여러 가지 기능성을 요구한다. 그러므로 대용량의 데이터를 고속으로 전송, 처리 할 수 있는 전광 신호처리 기술이 미래 정보통신망에서 핵심 기술로 대두되고 있다. 이와 같은 이유로 인하여 차세대 광 컴퓨팅 및 전광 신호처리 분야에서 중요한 전광 논리소자의 기술 개발이 현재 활발히 이루어지고 있다. 현재 연구 중인 논리 시스템을 구성하는 기본 시스템들은 핵심 구성요소가 광섬유 이므로 안정성이 나쁘고 구성이 복잡하며 다른 소자와의 집적이 어렵다. 따라서 고집적화를 요구하는 광 연산 시스템에는 적용하기가 어렵다. 이에 반해서 반도체 광 증폭기에 기반을 둔 광 논리소자들은 안정적이고 시스템의 규모가 작으며 다른 광소자와의 결합이 용이할 뿐만 아니라 편광과 파장의 무의존성이 가능하다는 장점들이 있어 널리 쓰이고 있다. 반도체 광증폭기를 이용한 방식의 광 논리소자에는 대표적으로 FWM(Four Wave Mixing), XPM(Cross-Phase Modulation) 그리고 XGM(Cross-Gain Modulation) 특성을 사용하는 방식을 들 수 있다. 앞에서 언급된 FWM 방식은 편광의존도가 매우 크고, XPM 방식의 광논리소자는 두 개 이상의 반도체 광 증폭기로 구성된 소자로 제작공정이 복잡하여 향후 대량 생산이 힘들며 제작 비용이 높다. 현재 반도체 광증폭기를 이용한 전광 논리소자에 관한 연구는 일반적으로 개별적인 단일 논리소자 관한 연구가 이루어지고 있다. 하지만 단일 소자만으로는 급증하는 기능성 및 효율성에 대한 요구를 만족 시킬 수 없고 그 응용 가능성에도 한계를 가지기 때문에 다목적 기능을 가지는 논리 시스템이 요구되고 있다. 즉 집적화 된 소자의 개발뿐만 아니라 최소한의 반도체 광증폭기를 이용하여 최대한의 광 논리소자의 기능을 구현하는 것이 강하게 요구되고 있고 다기능 전광 논리소자에 관한 연구가 진행 중이다⁽¹⁻²⁾.

본 연구에서는 반도체 광증폭기의 XGM 특성을 가지는 이득포화의 원리를 응용하였다. 이득포화의 원리는 다음과 같다. 높은 광세기를 가지는 펌프(Pump) 신호가 반도체 광증폭기로 입사 되면 반도체 광증폭기는 운반자 고갈(carrier depletion) 현상을 겪게 된다. 따라서 일정한 주기의 펄스 형태인 조사(probe) 신호는 반도체 광증폭기 내에 운반자 고갈에 의한 이득변조와 동일하게 변조되어 출력되므로 출력신호는 입력 펌프신호의 반대 논리를 갖는다. 반도체 광증폭기의 이득포화 특성 그래프와 XGM방식의 기본 원리에 관한 설명은 그림 1. 에 묘사되어 있다.

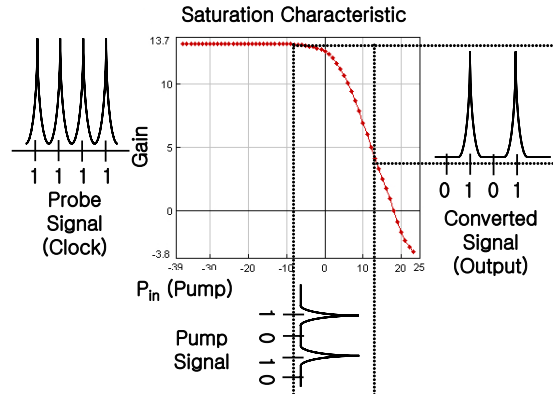


그림 1. 반도체 광증폭기의 이득포화특성을 이용한 NOT 구현

위의 그림 1. 은 반도체 광증폭기를 사용하여 구현 가능한 기본적인 NOT 논리소자의 개념과 동일하다. 1111 패턴을 가지는 클락 신호와 1010 패턴을 가지는 펌프 신호를 동시에 반도체 광증폭기에 입사 시키면 출력으로 나오는 클락 신호는 펌프 신호의 이득 변조된 0101 패턴을 가지는 신호가 된다. 반도체 광증폭기의 이득포화 특성에 의하여 조사신호가 1의 신호를 가지고 펌프신호가 0일 경우에는 출력신호는 조사신호를 따르게 되어 1의 신호를 가지고 다른 경우에 있어서 출력 신호는 모두 0의 신호를 가진다. 이 특성을 수식으로 표시하면 다음과 같다.

$$\text{Boolean Function of } SOA_{probe,pump} = signal_{probe} \cdot \overline{signal_{pump}} \quad (1)$$

클락 신호를 조사 신호로 사용할 경우 $signal_{probe}$ 는 항상 논리 1로 둘 수 있다.

이러한 이유로 인하여 SOA는 인버터로 동작 하게 된다.

$$\text{Boolean Function of } SOA_{clock,pump} = (1) \cdot \overline{signal_{pump}} = \overline{signal_{pump}} \quad (2)$$

위와 같은 SOA의 인버터 동작을 기본으로 하여 AND, OR, XOR, NAND, NOR, NXOR등의 기본적인 6개의 논리동작과, 응용동작인 half-adder, full-adder, multi-functional logic gates, shift register등의 동작을 반도체 광증폭기의 XGM 특성을 사용하여 구현 가능하다.

참고문헌

1. C. W. Son, S. H. Kim, Y. M. Jhon, Y. T. Byun, S. Lee, D. H. Woo, S. H. Kim, and T. H. yoon, "Realization of All-Optical Multi-Functional Logic Gates by Using Semiconductor Optical Amplifiers," *IEE Electron. Lett.*, 42, pp. 61-62, 2006.
2. C. W. Son, et. al., "Design of All-Optical Multi-functional Logic Gate in Single Format by Using Semiconductor Optical Amplifiers," 6th International Conference Numerical Simulation of Optoelectronic Devices, Singapore, pp. 71-72, Sep. 2006.