

The 16th Conference on Optoelectronics
and Optical Communications

COOC 2009

제16회

광전자 및 광통신 학술회의

단기강좌, Photovoltaic Special Session, 학술발표, 산업전시회

일시 2009년 5월 13일(수)~5월 15일(금)

장소 대천 한화리조트

- **공동주최** : 한국광학회(OSK) 광자기술분과
한국통신학회(KICS) 광통신연구회
대한전자공학회(IEEE) 광파 및 양자전자연구회
대한전기학회(KIEE) 광전자 및 전자파연구회

09:00	(초청논문)Ultrafast optical signal processing – optical differentiators and optical integrators	35
T1D-1	Tae-Jung Ahn(조선대), Yongwoo Park, Jose Azana(INRS-EMT, Canada)	
09:30	샘플링 칩 광섬유 격자를 이용한 방향성 구부림 센서	37
T1D-2	추수호, 윤민석, 권오장, 김현주, 한영근(한양대)	
09:45	D형태 광자결정 광섬유 기반 표면 장주기 격자 제조 및 특성 연구	39
T1D-3	김현주, 권오장, 추수호, 윤민석, 한영근(한양대), 김길환, 이상배(KIST)	
10:00	FTTH감시용 필터에 관한 연구	41
T1D-4	최영복, 박수진(KT)	
10:15	자기조립으로 형성된 중공광섬유 내 미세유체의 1차원적 주기 구조	43
T1D-5	안소희, 하우성, 오경환(연세대), 정용민(University of Southampton, U.K)	

10:50	(초청논문)메트로용 ROADM 광스위치 기술	45
T2A-1	한상필, 한영탁, 박상호, 신장욱, 백용순(ETRI), 이철희, 노영욱((주)퀵옵틱스), 박강희((주)휘라포토닉스)	
11:20	비선형 광 결정 공진기로 구현된 재구성 가능한 전광논리 AND, NAND, OR, NOR, XOR, XNOR 게이트	47
T2A-2	정영진, 유선규, 구석모, 한상훈, 유형숙, 박남규(서울대), 김재현, 전영민, 이 석(KIST)	
11:35	2.5 Gbps WDM-PON용 저가형 파장가변 레이저	49
T2A-3	오수환, 윤기홍, 김기수, 주정진, 김민수, 오대곤(ETRI), 노영욱, 이형중((주)퀵옵틱스)	
11:50	아발란치 광 검출기를 사용한 CMOS 집적 광 수신기	51
T2A-4	윤진성, 이명재, 박강엽, 최우영(연세대), 강효순(삼성전자)	
12:05	광수신 모듈용 4층 IC 기판상의 전송선 설계	53
T2A-5	안상현, 김창우(경희대), 김회경, 임영민(KETI)	

아발란치 광 검출기를 사용한 CMOS 집적 광 수신기

CMOS Integrated Optical Receiver Using an Avalanche Photodiode

윤진성*, 강효순¹, 이명재, 박강엽, 최우영연세대학교 전기전자공학과, ¹삼성전자

Abstract

This paper presents a CMOS integrated optical receiver for high-speed data transmission. The integrated optical receiver consists of a CMOS-compatible avalanche photodiode (CMOS-APD) and a transimpedance amplifier (TIA). Using the integrated optical receiver, we successfully demonstrated data transmission up to 4.25 Gb/s with bit error rate (BER) less than 10^{-12} at incident optical power of -4 dBm.

근거리 및 대용량 광통신 시스템의 구현에 있어, 경제적인 시스템 구현은 가장 핵심적이며 중요한 부분이다. 이 때, 저렴한 제작 비용과 고집적도의 장점을 갖고 있는 CMOS 공정 기술을 이용하면, 저가의 광통신 시스템 구현이 가능하다. 하지만 CMOS 공정에서 제작된 집적 광 수신기 구현에 있어, 광 검출기 (photodiode, PD)는 낮은 응답도 (responsivity)를 보이는 단점을 갖고 있다. CMOS 공정 기반의 아발란치 광 검출기 (CMOS-compatible avalanche photodiode, CMOS-APD)는 내부의 이득 메커니즘을 갖고 있기 때문에 응답도를 크게 키울 수 있다^[1]. 본 논문에서는 CMOS-APD를 이용한 집적된 광 수신기를 제작하였고, 4.25-Gb/s의 $2^{31}-1$ PRBS 데이터를 성공적으로 전송하였다.

그림 1은 집적된 광 수신기의 간단한 블록 회로도를 보여준다. 공통-모드 (common-mode) 잡음을 제거하기 위하여 광 수신기는 완

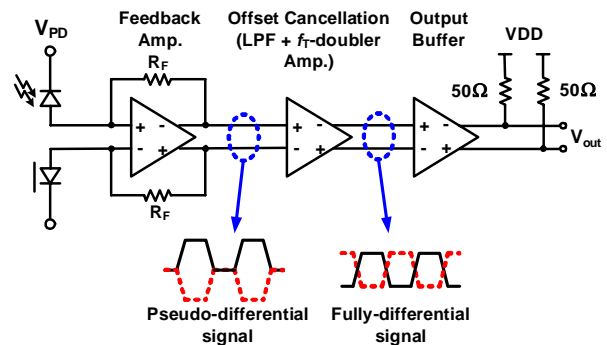


그림 1. CMOS 집적 광 수신기의 블록 회로도

전 차동 구조 (fully-differential configuration)로 설계되었다. 광 신호를 전기적 신호로 변환하는 CMOS-APD는 P⁺/N-well 접합구조를 사용하였다^[1]. CMOS-APD에서 생성된 광 전류 (photocurrent)는 트랜스 임피던스 증폭기 (transimpedance amplifier, TIA)를 통해 전압신호로 변환된다. 차동 구조 TIA에서 한 쪽 입력은 CMOS-APD에 의하여 광 전류 신호가 들어오지만, 다른 쪽 입력은 더미 (dummy) PD가 연결되어 있어서 DC 오프셋 오차 문제를 갖게 된다. TIA의 출력을 완전 차동 신호로 만들어

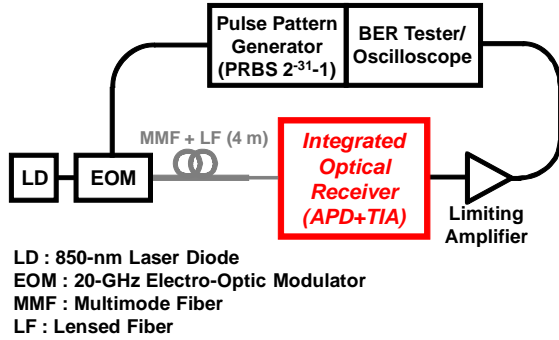


그림 2. 광 신호 전송 실험 셋업

주기 위하여, 저역통과필터 (low-pass filter, LPF) 와 f_t -doubler 증폭기로 구성된 오프셋 제거 (offset cancellation) 회로가 사용되었다^[2]. 외부 50 Ω 저항을 구동하기 위한 출력 버퍼 (Output buffer)를 사용하였다.

그림 2는 광 신호 전송 실험 구조를 보여 준다. 850-nm laser diode (LD)와 electro-optic modulator (EOM)에 의해 변조된 광 신호는 4-m 길이의 multimode fiber (MMF)를 통해 전송되었고, lensed fiber를 통하여 집적된 광 수신기의 CMOS-APD에 주입되었다. 입력 데이터 신호는 $2^{31}-1$ PRBS 이다. 비트 에러율 (bit error rate, BER) 측정장비의 입력 동작 범위를 만족시키기 위하여, 상용 4.25-Gb/s 리미팅 증폭기 (limiting amplifier, LA)를 사용하였다.

그림 3은 측정된 CMOS 집적 광 수신기의 BER 성능과 LA 출력에서의 eye diagram을 보여주고 있다^[3]. 4.25-Gb/s와 3.125-Gb/s의 광 신호가 전송 되었을 때, 10^{-12} 이하의 BER을 만족시키기 위하여 각각 -4 dBm와 -8 dBm의 민감도 (sensitivity)가 요구 되었고, 각각의 eye diagram 은 그림3(b)에 나타내었다.

본 논문에서는 CMOS-APD를 사용한 집적 광 수신기를 표준 CMOS 0.13- μm 공정을 이용

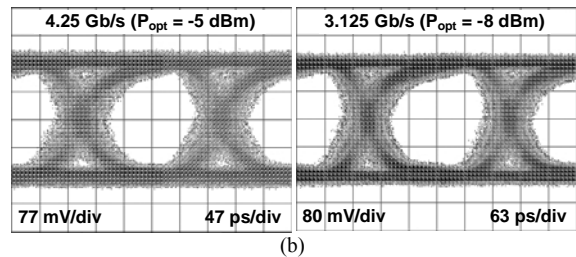
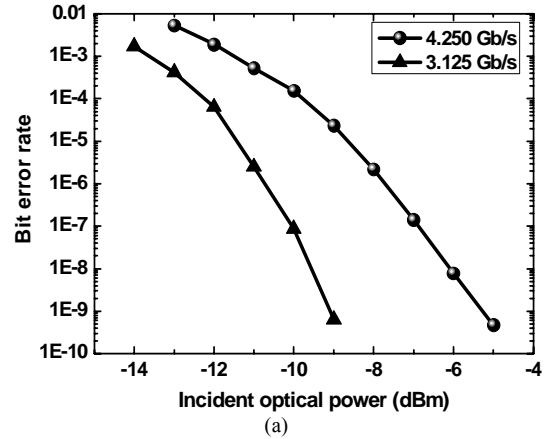


그림 3. (a) 측정된 BER 성능 (b) CMOS 집적 광 수신기의 eye diagrams^[3].

하여 구현하였다. 집적된 광 수신기를 사용하여, 입력 광 신호의 크기가 -4 dBm 일 때 10^{-12} 이하의 BER을 만족시키며 4.25-Gb/s $2^{31}-1$ PRBS 데이터를 성공적으로 전송하였다.

[1] H.-S. Kang, et al, "Si avalanche photodetectors fabricated in standard complementary metal-oxide-semiconductor process," *Appl. Phys. Lett.*, vol. 90, no. 15, 151118-1-151118-3, Apr. 2007.
 [2] W.-S. Oh, et al, "A 12-Channel 60-Gb/s Transimpedance Amplifier and Limiting Amplifier Array for OPCB Applications," *Proc. of Int. Conf. on Electron., Circuits and Syst.*, pp. 22-25, Dec. 2007.
 [3] H.-S. Kang, et al, "4.25-Gb/s CMOS Integrated Optical Receiver Using a Silicon Avalanche Photodetector," submitted to *IEEE Photon. Technol. Lett.*