

광전궤환을 이용한 짧은 광펄스 생성

이 창희, 조 건호, 이 성호, 신 상영

한국과학기술원 전기 및 전자공학과

Generation of Optical Short Pulses with Optoelectronic Feedback

Chang-Hee Lee, Kun-Ho Cho, Sung-Ho Lee, and Sang-Yung Shin

Department of Electrical Engineering, KAIST

ABSTRACT

A new method of optical short pulse generation using stable diode lasers with negative optoelectronic feedback is demonstrated experimentally. About 1 nanosecond pulses with 300 MHz repetition rate are generated.

초고속 광통신 장치나 광 계산장치를 구현하기 위해서는 짧은 광펄스를 생성하고 측정하는 기술을 개발하는 것이 중요하다. 특히 소형이고, 효율이 높아 광통신의 광원으로 사용되는 다이오드 레이저에서의 펄스 생성과 그의 측정기술이 많이 연구되고 있다. 포화흡수체를

사용한 수동모드락킹은 가장 짧은 다이오드 레이저 펄스(~ps)를 생성하고 외부변조신호를 필요로 하는 능동모드락킹은 보다 긴 펄스를 생성한다[1]. 그러나 펄스의 반복율을 조정하기가 용이하지 않고, 광학적 정렬이 어렵다. 반면에 간단한 이득변조와 손실변조방식으로도 수 십 ps 정도의 광펄스가 생성된다. 이 방법들은 큰 외부 변조신호를 필요로 한다[2].

최근에 외부 변조신호없이 간단히 짧은 광펄스를 생성할 수 있는 광전궤환을 이용하는 방법들[3-6]이 제안되었다. 자기발진하는 다이오드 레이저[4] 혹은 외부공진기 다이오드 레이저[5]에 광전궤환을 가해서 펄스폭과 펄스의 안정도를 높이는 방법과 안정한 다이오드 레이저에 지연된 광전궤환을 가해서 펄스를 생성하는 방법들이 보고되었다. 본 실험실에서는 안정한 다이오드 레이저에 광전궤환을 가하여 짧은 광펄스 생성법을 제안한 바 있다. 이는 근본적으로는 이득변조라 볼 수 있으나, 광전궤환을 도입하여 펄스폭을 압축하는 장점을 가지고 있다[3].

본 논문에서는 제안한 광전궤환을 이용한

짧은 광펄스 생성의 실험적 구현에 관하여 고찰하였다. 상대적으로 대역폭이 좁은 광전궤환회로를 사용한 기초적인 실험 결과를 보고하고 있다. 펄스의 반복율은 약 300MHz 이고, 펄스폭은 1ns 이다. 앞으로의 개선방법에 대해서도 언급하였다.

그림 1에 구현한 짧은 광펄스 발생장치의 구성도를 나타내었다. 레이저의 출력출력을 광검출기로 받아서 증폭한 다음 다시 레이저로 부궤환시키는 광전궤환회로이다. 이 시스템에서 짧은 광펄스가 성장하는 원리는 다음과 같이 정성적으로 설명할 수 있다. 어떤 특정한 시간에 레이저가 발진을 시작하였다고 가정하자. 레이저의 출력이 증가하므로 광검출기와 증폭기를 통한 궤환전류도 이들의 실제 응답속도가 지나면 증가한다. 만약 궤환회로의 이득이 충분히 크면, 레이저의 바이어스전류가 궤환된 전류 만큼 감소하여 발진 임계전류값으로 되어 레이저가 발진을 정지시킨다. 즉 궤환회로의 실제 응답속도에 해당하는 짧은 시간동안만 광펄스가 존재한다. 레이저가 발진하지 않으므로 궤환전류는 감소한다. 그래서 다시 레이저의 바이어스 전류는 발진임계전류 이상으로 회복되고 레이저는 발진을 시작하고 같은 방법으로 다른 광펄스가 생성된다. 펄스폭은 궤환회로의 대역폭이 넓어지면 감소한다. 대체로 필요한 궤환회로의 대역폭은 레이저의 완화발진 주파수정도이다. 보다 정량적인 자세한 것은 참고문헌 3의 참조가 요망된다

실험에서는 레이저는 Hitachi 사의 HLP 1400을 사용하였고, 광검출기는 TI사의 APD TIED 55를 사용하여 궤환회로의 이득을 조정할 수 있도록 하였다. 다이오드 레이저의 발진임계전류는 55 mA 이다. 그리고 증폭기는 Minicircuit 사의 MMIC MAR-8를 사용하였다. 광검출기를 제외한 궤환회로의 3 dB 대역폭은 240 MHz 이다. 이러한

비교적대역폭이 좁은 케환회로를 사용하는 경우 페루프 이득이 1 보다 크게 되기 위해서는 증폭기의 전류이득(APD 포함)이 발진주파수(외상 조건이 만족되는 주파수)에서 20 이상 되어야 한다(레이저 출력의 광검출기로의 결합효율이 50% 정도인 경우). 실험에서 사용한 MMIC는 이 정도의 이득을 갖고 있지 않으므로 APD 를 사용하여 모자라는 이득을 얻었다. 레이저의 출력은 고속 광검출기로 받아서 sampling osc. 와 spectrum analyzer로 측정하였다.

그림 2(a)는 이득을 광전케환에 의해서 발진이 시작하기 바로 전으로 조정된 경우의 잡음 spectrum으로 잡음에 의해서 발진 징조가 보이는 것을 나타낸 것이다. 실험은 레이저의 바이어스전류를 59mA로 고정하고 행하였다. 케환회로의 이득을증가시키면, 잡음 spectrum이 날카롭게 되면서(발진시작) 고조파 성분이 나오는 것을 그림 2(b)에 보였다. 이 때 이득은 APD의 bias전압으로 조정하였다. 이득을 더 증가시키면 발진주파수는 약간 감소하면서 기본파와 고조파의 크기가 증가한다. 특히 다이오드 레이저의 공진주파수 부근의 고조파의 크기가 증가하는 것을 그림 2(c)에 보였다. 발진주파수의 감소는 바이어스 전압의 증가로 인한 APD의 대역폭 감소라고 생각된다.

그림 3(a)는 그림 2(b)에 해당하는 광출력이다. 펄스폭은 1ns 이고 반복율이 300MHz정도라는 것을 알 수 있다. 이득을 올려서 레이저의 공진주파수 부근의 고조파의 크기가 크게 증가하는 경우의 파형은 그림 3(b)와 같다. 한 발진주기에 2개의 펄스가 있으며, 이는 펄스를 레이저를 구동했을 때 레이저가 완화발진 하는 것과 유사하다. 레이저의 바이어스 전류의 변화에 대한 출력파형과 발진주파수의 변화도 고찰하였다. 발진주파수는 바이어스 전류가 증가하면 증가하고 바이어스 전류가 어느 값 이상이면 출력은 안정화된다. 이는 바이어스전류의 증가에 의한 레이저 다이오드의 소신호 대역폭 증가로서 설명할 수 있다[3].

결론적으로 안정한 다이오드 레이저를 이용한 짧은 광펄스 생성법을 실험적으로 구현하였다. 실험에서 사용한 케환회로의 대역폭은 약 240MHz 정도로 완화발진주파수보다 훨씬 낮다. 그러므로 보다 짧은 펄스를 생성하기 위해서는 넓은 대역폭의 케환회로를 설계제작하는 것이 중요하다. 이는 대역폭이 넓은 MMIC의 사용과 아울러 광대역 APD나 PIN 광검출기를 사용하여야 한다. 이렇게 하면 수 십 ps 정도의 광펄스를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. J.P. van der Zeil, in Semiconductor and Semi metals, T.L. Tsang ed., Vol. 22, Part B, Academic, Orland 1985.
2. H. Inaba, in Optical Devices and Fibers, Y. Suematsu ed., North-Holland, Amsterdam, 1982.
3. Chang-Hee Lee, Sang-Yung Shin, and Soo-Young Lee, scheduled for publication in the June 1988 issue of Optics Letters.
4. K.A. Lau and A. Yariv, Appl. Phys. Lett., vol 45, p. 124, 1984.
5. Y.Z. Gao, H.S. Zeng, and X. R. Qin, in Digest of Conf. on Lasers and Electro-Optics, Optical Society of America, Washington, DC, 1987, paper Tuk41.
6. T.C. Damen and M.A. Duguay, Electron. Lett. vol. 16, p. 166, 1980.

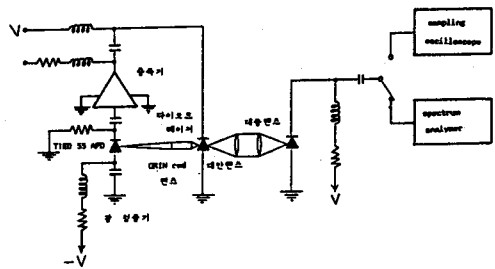
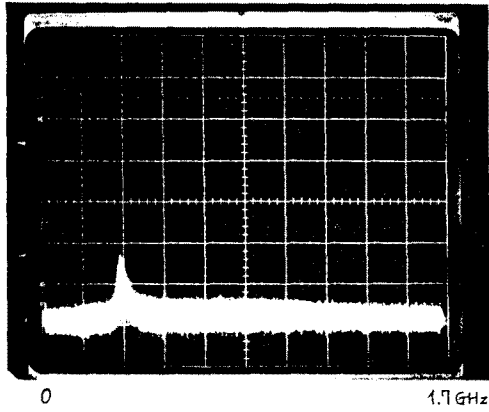
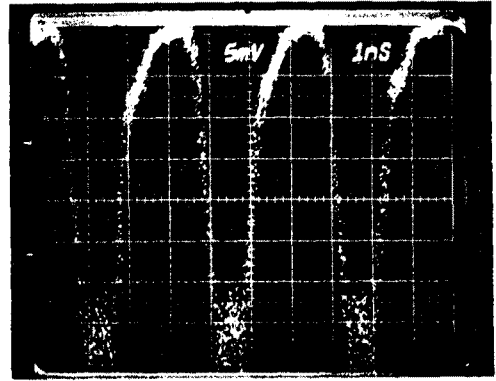


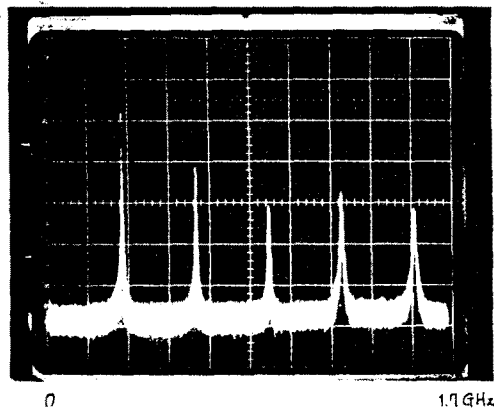
그림 1. 구현한 광펄스 생성장치의 구성도.



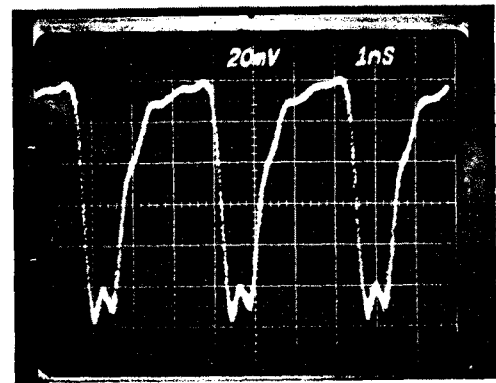
(a)



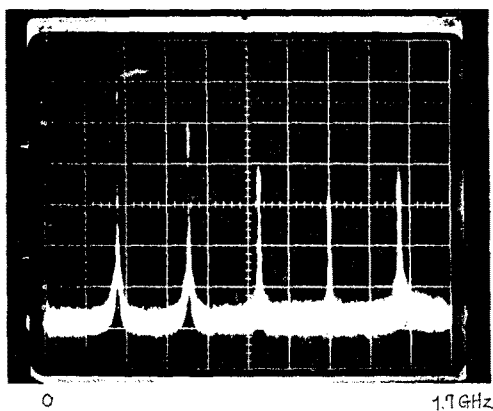
(a)



(b)



(b)



(c)

그림 3. 측정된 펄스 파형. (a) 그림 2(b)와 같은, (b) 그림 2(c)와 같은 실험조건.

그림 2. 측정된 RF spectrum. (a) APD 바이어스 전압 125V, (b) 130V, (c) 138V.