論文98-35D-6-12

DFB 레이저 이득 스위칭과 펄스 압축을 이용한 변환 제한된 초단 광 펄스 발생

(Transform-Limited Optical Short Pulse Generation by Compression of Gain-Switched DFB Laser Pulses)

趙 誠 大 *, 李 昌 熹 *, 申 相 永 *, 蔡 昌 埈 **

(Seong-Dae Cho, Chang-Hee Lee, Sang-Yung Shin, and Chang-Joon Chae)

요 약

단일 모드 반도체 레이저(DFB 레이저)를 5 GHz의 반복율로 이득 스위칭하여 얻은 광 펄스를 압축하여 변환 제한된 초단 광 펄스를 생성하였다. 이득 스위칭된 광 펄스의 최소 폭은 27 psec 이고 스펙트럼 폭은 1.1 nm로 펄스에 많은 선형 처핑과 비선형 처핑이 존재한다. 이를 대역폭이 펄스의 스펙트럼 폭보다 좁은 0.55 nm의 광 필터에 통과시켜 비선형 처핑을 제거하고 분산 보상 광섬유로 압축하여 7.1 psec의 광 펄스를 얻었다. 이때 펄스의 시간-대역폭 곱은 0.49로 변환 제한된 가우시안 펄스이다. 이러한 변환 제한된 광 펄스는 40 Gbit/s 광 시분할 다중화 방식 광통신용 광원으로 사용할 수 있다.

Abstract

The transform limited optical short pulses are generated by compression of pulses from a gain switched distributed feedback laser at 5 GHz repetition rate. The gain-switched pulses have the minimum pulse width of 27 psec with the spectral width of 1.1 nm. Thus the output pulses have a large amount of linear chirp and nonlinear chirp. We suppress the nonlinear chirp by passing the pulses through the optical band pass filter with 3 dB band width of 0.55 nm which is narrower than spectral width of the input pulses and generate 7.1 psec pulses by compressing the output with the dispersion compensating fiber. The pulses have time-bandwidth product of 0.49 which is close to the transform limited gaussian pulse. These pulses can be utilized as optical sources in 40 Gbit/s time division multiplexed optical transmission system.

I. 서 론

정보화 시대에 요구되는 멀티미디어 서비스를 수용하기 위해서는 수 10 Gb/s급의 광통신 시스템이 요구된다. 그러나, 기존 광통신의 전송 속도는 전자 소자의 스위칭 속도 제한으로 인하여 20 Gbit/s 정도가 한계일 것으로 예측되고 있다. 따라서 초고속 광통신 시스템을 구현하기 위해서는 새로운 방식의 광통신에 대한 연구가 필요하다. 광신호를 전기 신호로 변환하지 않고 광소자를 이용하여 시간 영역에서 다중 전송하는 광 시분할 다중화(Optical Time Division Multiplexing:OTDM) 방식은 전자 소자의 동작 속도에 제한을 받지 않고 초고속 광통신을 구현할 수 있는 방식으로 일본과 유럽에서 활발히 연구되고 있다 [1,2]. 이러한 광 시간 분할 다중 광통신 시스템에서는 펄스 폭

* 正會員, 韓國科學技術院 電氣 및 電子工學科
(Dept. of Electrical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology)
** 正會員, 韓國通信
(Korea Telecom)
接受日字:1998年2月9日, 수정완료일:1998年3月25日

이 다중화된 신호 주기(전송속도의 역수)의 1/3 - 1/4 정도의 변환 제한된(transform limited) 펄스가 필요하다[3]. 즉, 40 Gb/s 고속 OTDM 시스템에서는 수 psec의 짧은 광 펄스가 필요하다.

광 시간 분할 다중화 시스템의 초단 광 펄스 광원으로, 반도체 레이저를 이득 스위칭하는 방법은 반복율이 높은 펄스를 발생시킬 수 있고, 안정하게 동작시킬 수 있으며, 동작 주파수 조정이 편리한 장점이 있다 [4,5]. 그러나 이때 발생되는 광 펄스는 펄스 폭이 20 - 30 psec 정도로 길며 펄스 생성시 유기되는 처핑으로 인하여 펄스가 변환 제한되지 않는 단점이 있다. 따라서 반도체 레이저를 이득 스위칭하여 얻은 펄스를 OTDM용 광원으로 사용하기 위해서는 수 psec 정도의 변환 제한된 펄스로 압축하여야 한다.

반도체 레이저 다이오드를 이득 스위칭하여 발생시킨 광 펄스를 압축하는 방법으로는 광 필터를 이용하는 방법[6], 분산 보상 광섬유를 이용하는 방법 [7,8], 처핑된 그레이팅을 이용하는 방법[9] 등이 보고되어 있다. 광 필터를 사용하여 압축할 때는 펄스 폭은 감소하나 처핑이 남아 있고, 분산 보상 광섬유나 처핑된 그레이팅을 사용하여 압축할 때는 이득 스위칭시 발생하는 비선형 처핑으로 인하여 변환 제한된 펄스를 생성할 수 없다. 처핑이 없는 변환 제한된 펄스를 얻기 위하여 0.064 nm 대역폭의 광 필터로 비선형 처핑을 제거하고 분산 보상 광섬유로 압축하여 변환 제한된 펄스를 생성할 수 있었으나 32.5 psec로 길어 [10], 수 psec 정도의 짧은 광 펄스가 필요한 OTDM시스템에서는 사용할 수 없다.

본 논문에서는 40 Gbit/s OTDM 시스템의 광원으로 사용하기 위하여, 5 GHz의 반복율로 이득 스위칭한 광 펄스를 0.55 nm의 대역폭을 갖는 광 필터와 분산 보상 광섬유를 사용하여 7.1 psec의 변환 제한된 광 펄스의 생성 결과와 각 압축 과정에서 변조 전류의 증가에 따른 펄스 폭과 시간-대역폭 곱의 변화에 대하여 기술하였다. 논문의 II장에서는 처핑이 있는 광 펄스의 압축 원리에 대하여 기술하였으며, III 장에서는 단일 모드 반도체 레이저를 이득 스위칭한 결과와 펄스를 분산 보상 광섬유만으로 압축할 때는 변환 제한된 펄스를 생성할 수 없지만, 광 필터와 분산 보상 광섬유로 압축하면 변환 제한된 펄스를 얻을 수 있고, 이득 스위칭된 펄스의 스펙트럼폭이 광 필터 대역폭의 2배 이상이 되면 변환 제한된 펄스를 생성할 수 있음을 펄스 폭과 시간-대역폭 곱의 변조 전류 증가에 따른 변화를 이용하여 보였다 마지막으로 IV 장에서는 결론을 실었다.

II. 펄스 압축 원리

반도체 레이저 다이오드를 이득 스위칭하여 짧은 광 펄스를 발생시킬 때는 활성 영역의 전자 밀도가 감소하므로 광 펄스의 순시 주파수가 펄스의 뒤쪽으로 감에 따라 감소하는 처핑이 유기된다[11]. 이와 같은 광 펄스는 낮은 주파수 성분의 진행 속도가 높은 주파수 성분보다 빠른 정상 분산 특성을 갖는 광소자를 사용하여 압축할 수 있다. 본 논문에서는 에르븀이 첨가된 광섬유 증폭기 (Erbium Doped Fiber Amplifier)의 증폭 대역인 1550 nm 대역의 광 펄스를 얻고자 하므로 펄스를 압축하기 위해서는 분산 보상 광섬유를 이용하여야 한다. 분산 보상 광섬유를 사용하여 선형으로 처핑된 가우시안 (Gaussian) 펄스를 압축하는 경우 얻어지는 펄스 폭은 다음 식과 같이 주어진다[12].

$$\tau_0 = \frac{\tau}{2}\sqrt{(\frac{8}{\tau^2}\ln 2)^2(\beta_2 L)^2 + (1-2\gamma\beta_2 L)^2} \qquad (1)$$

여기서 τ_0는 압축된 광 펄스 폭, τ는 이득 스위칭된 광 펄스 폭, β_2는 광섬유 분산 계수 ($\beta_2 = -\frac{\lambda^2}{2\pi c}D$, D는 분산 계수(ps/nm/km), λ는 광 펄스의 파장, c는 빛의 속도), L은 광섬유 길이, 처핑 성분 γ는 $\frac{1}{2}(\frac{2\pi c}{\lambda^2})\frac{\Delta\lambda}{\tau}$ 로 처핑된 정도를 나타낸다. 이때 $\Delta\lambda$는 광 펄스의 스펙트럼 폭을 나타낸다. 광 펄스에 처핑이 없으면, γ가 '0'이 되어 전송 거리 L이 길어짐에 따라 펄스 폭이 계속 증가한다. 그러나 광 펄스에 처핑이 있으면, 전송되는 거리가 길어 질수록 식 (1) 에서 √안의 두번째 항이 점차 줄어들어 펄스 폭이 줄고, '0'이 되는 점에서 펄스 폭이 최소가 된다. 이후 전송 거리가 길어지면 펄스 폭은 다시 증가하게 된다. 따라서 펄스 폭이 최소가 되는 광섬유의 총 분산은 식 (1)로 부터 다음 식과 같이 펄스 폭과 스펙트럼 폭의 비가 같을 때이다.

$$-DL = \frac{\tau}{\Delta\lambda} \qquad (2)$$

최소로 압축된 펄스 폭은 다음 식과 같이 표현되며, 광 스펙트럼 폭이 넓을 수록 짧은 펄스로 압축할 수

있다.

$$\tau_{0\min} = \frac{\beta_2 L(4\ln 2)}{\tau} = -\frac{2\lambda^2 LD\ln 2}{\tau\pi c} = \frac{2\lambda^2 \ln 2}{\Delta\lambda\pi c} \qquad (3)$$

Ⅲ. 실험 결과

1. 실험 장치의 구성

단일 모드 반도체 레이저를 이득 스위칭하고 발생되는 광 펄스를 압축하기 위한 실험 구성은 그림 1과 같다. 사용한 단일 모드 반도체 레이저는 도시바사의 TOLD385S-S54이고, 발진 임계 전류는 15°C에서 9 mA, 중심 파장은 1553.5 nm이다. 이득 스위칭을 위하여 5 GHz의 반복율을 갖는 정현파를 직류 바이어스 전류와 중첩하여 인가하였다. 광 출력은 20 GHz의 대역폭을 갖는 오실로스코프, 자기 상관기(autocorrelator)와 광 스펙트럼 분석기를 이용하여 측정하였다. 펄스 압축을 위하여 분산 보상 광섬유만 사용하거나 광 필터와 분산 보상 광섬유를 동시에 사용하였다.

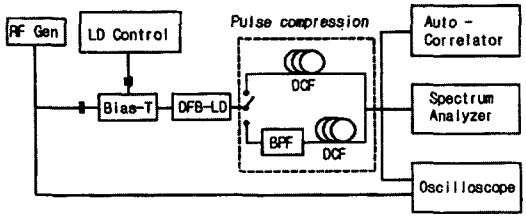


그림 1. 실험 구성도
Fig. 1. Experimental setup.

2. 이득 스위칭 결과

5 GHz 의 변조 주파수에서 바이어스 전류를 발진 임계 전류의 3.0배로 고정하고 변조 전류의 진폭을 증가시키며 펄스 폭과 스펙트럼 폭의 변화를 측정 하였다. 자기 상관기로 측정한 광 펄스의 모양은 가우시안 모양을 가졌으며 부록에서 펄스 모양 결정에 대하여 설명하였다. 변조 전류의 진폭에 따른 펄스 폭 및 펄스의 스펙트럼 폭의 변화는 그림 2와 같이 변조 전류가 증가하면 펄스 폭이 감소하며, 펄스의 스펙트럼 폭은 증가하였다. 발생된 펄스의 시간-대역폭의 곱은 2.6 - 3.8 정도여서 처핑이 많은 펄스임을 알 수 있다. 얻어진 최소 펄스 폭과 최대 스펙트럼 폭은 변조 전류가 발진 임계 전류의 5.0 배 일 때 각각 27 psec, 1.1 nm였으며 이 때의 시간-대역 폭의 곱은 3.8이다.

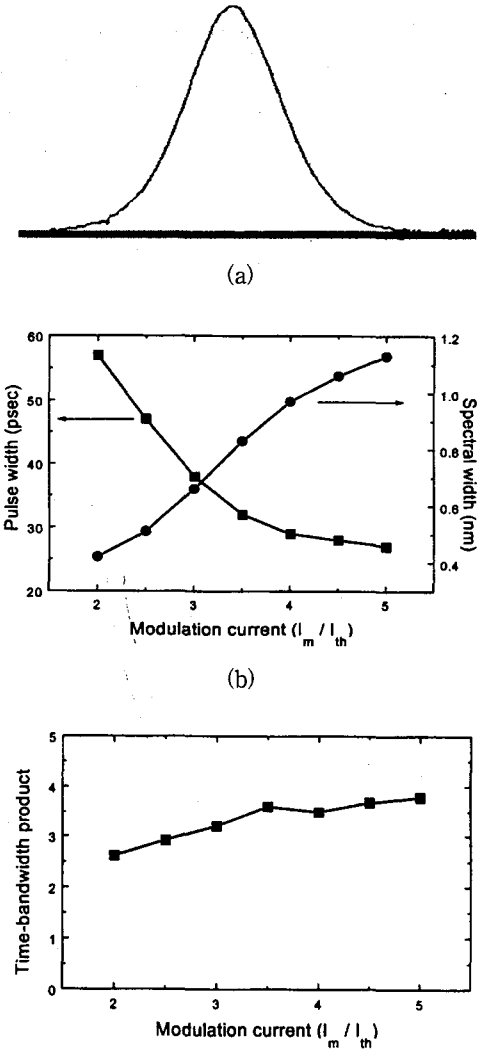
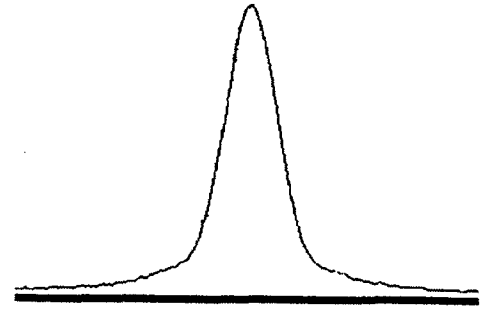


그림 2. 이득 스위칭된 펄스의 자기 상관 곡선 (a)와 변조 전류의 진폭에 따른 펄스 폭과 스펙트럼 폭 (b)와 시간-대역폭 곱 (c)
Fig. 2. Autocorrelation traces (a), pulse width and spectral width (b) and time-bandwidth product (c) of gain switched pulses as a function of the modulation current.

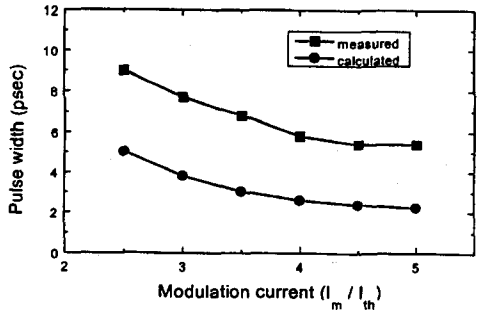
3. 분산 보상 광섬유를 이용한 펄스 압축

이득 스위칭하여 얻은 광 펄스를 압축하기 위해서 분산 계수가 -91 ps/nm/km 인 분산 보상 광섬유를 사용하였으며, 펄스 폭을 최소화 하기 위하여 분산 보상 광섬유의 길이를 조정하였다. 최적 압축에 필요한 광섬유의 총 분산은 펄스 압축에 기여하지 못하는 비선형 처핑 성분이 스펙트럼 폭을 넓어 보이게 하므로

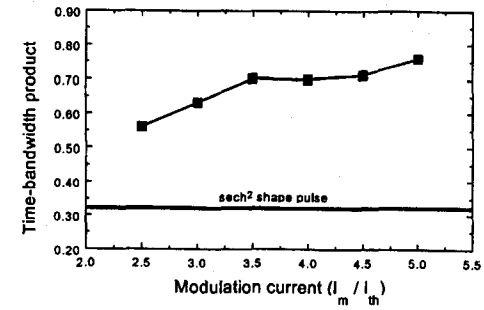
선형 처핑만 있다고 가정한 식(2)의 이론적인 값보다 10% - 20% 정도 더 필요하였다. 압축된 광 펄스의 자기 상관 곡선은 최적으로 압축되지 못한 비선형 처핑 성분으로 인하여 $\mathrm{sec}h^2$ 모양을 가졌다.



(a)



(b)



(c)

그림 3. 분산 보상 광섬유를 이용하여 압축한 펄스의 자기 상관 곡선 (a)와 최소 펄스 폭의 측정치와 계산치 (b) 와 시간-대역폭의 곱 (c)

Fig. 3. Autocorrelation traces (a), measured and calculated minimum pulse width (b), and time-bandwidth product (c) after pulse compression by using a dispersion compensating fiber.

압축된 펄스 폭을 그림 3에 보였으며, 비교를 위하여 펄스에 선형 처핑만 있다 가정하고 최적으로 압축되었을 때의 펄스 폭을 식 (3)으로부터 구해서 나타내었다. 압축된 광 펄스 폭은 변조 전류가 증가할수록 좁아졌으며, 변조 전류가 발진 임계 전류의 5.0배 일 때5.4 psec였다. 이때의 시간-대역폭의 곱은 0.76으로 $\mathrm{sec}h^2$ 형태의 변환 제한된 펄스의 값 0.32의 두 배 정도다. 이와 같이 압축된 펄스가 변환 제한된 펄스가 되지 않는 이유는 펄스에 존재하는 비선형 처핑 때문이다. 따라서 압축된 펄스 폭도 그림 3에 보인 바와 같이 선형 처핑만 있다고 가정한 이론적인 계산치 보다 넓다.

4. 광 필터와 광섬유의 분산을 이용한 광 펄스 압축

앞 절에서 보인 바와 같이 이득 스위칭 펄스에 존재하는 비선형 처핑으로 인하여 분산 보상 광섬유만으로 펄스를 압축하면 변환 제한된 펄스가 되지 않는다. 따라서 변환 제한된 펄스를 얻기 위해서는 이득 스위칭된 펄스에 있는 비선형 처핑을 제거하여야 한다. 비선형 처핑은 펄스 스펙트럼의 양쪽 가장자리에 존재하므로 광 필터를 사용하여 펄스의 중앙 부근의 주파수 성분만을 뽑아내면 펄스 폭도 감소하고 비선형 처핑을 줄일 수 있다. 광 펄스를 분산 보상 광섬유로 압축할 때는 식 (3)과 같이 스펙트럼 폭이 넓을 수록 좁은 펄스로 압축할 수 있으므로, 얻으려 하는 펄스 폭에 따라서 광 필터의 대역폭을 결정하여야 한다. 본 논문에서는 40 Gbit/s 이상의 OTDM 시스템에 사용할 10 psec 이하의 광 펄스로 압축하기 위하여 0.55 nm의 대역폭을 갖는 광 필터를 사용하였다. 광 필터의 중심 파장이 광 펄스 스펙트럼의 중심 파장에 위치하도록 조정하고 광 필터를 통과시킨 후의 펄스 폭과 시간-대역폭의 곱은 그림 4와 같다. 펄스 폭은 이득 스위칭 펄스 보다 35%- 45% 정도 감소하였고 시간-대역폭의 곱은 1 - 2.25 로 감소하였다. 얻어진 최소 광 펄스 폭은 15 psec 였으며, 시간-대역폭의 곱은 1이었다.

이득 스위칭된 펄스가 광 필터를 통과하면 광 스펙트럼 양쪽의 비선형 처핑은 제거되지만 펄스에는 선형 처핑이 남아있기 때문에 펄스 폭도 넓고 변환 제한되지 않는다. 따라서 변환 제한된 펄스를 발생시키려면 분산 보상 광섬유로 펄스를 압축하여야 한다. 이득 스위칭된 펄스를 0.55 nm의 광 필터로 비선형 처핑을 제거하고 분산 보상 광섬유의 길이를 조정하여 최적으로 압축하였다. 최적 압축에 필요한 광섬유의 총 분산

은 식(2)의 이론적인 값보다 20% 정도 더 필요하였다. 압축된 광 펄스의 자기 상관 곡선은 가우시안 모양을 가졌다. 압축된 펄스 폭의 측정값과, 광 필터를 통과한 펄스가 선형 처핑만 있다고 가정하였을 때, 최적 압축 조건에서 얻을 수 있는 펄스 폭을 광 필터를 통과한 스펙트럼 폭과 식 (3)을 이용하여 계산한 결과를 그림 5 (a)에 나타내었다. 이를 그림 3과 비교하면, 광 필터를 통과하면 스펙트럼 폭이 좁아지므로, 최소로 압축할 수 있는 펄스 폭이 넓어져서, 광 필터를 사용하지 않고 광섬유의 분산만 이용하여 압축하였을 때보다 펄스 폭이 20 - 30% 정도 증가하였다. 그러나 광 필터와 분산 보상 광섬유를 사용하여 펄스를 압축한 경우가 보다 이론적인 예측치에 가까운 결과를 주고 있다는 것을 알 수 있다. 또한, 시간-대역폭의 곱도 변환 제한된 가우시안 펄스의 시간-대역폭의 곱 0.44에 접근하였다. 압축된 최소 펄스 폭은 변조 전류가 발진 임계 전류의 5.0 배에서 7.1 psec 였으며, 시간-대역폭의 곱은 0.49 였다.

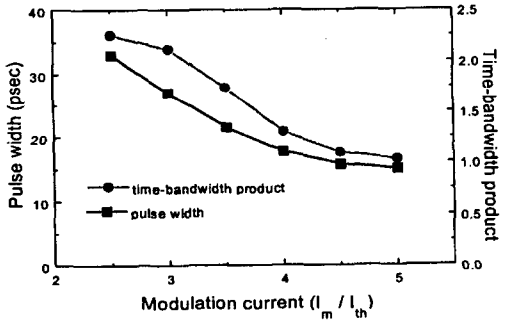
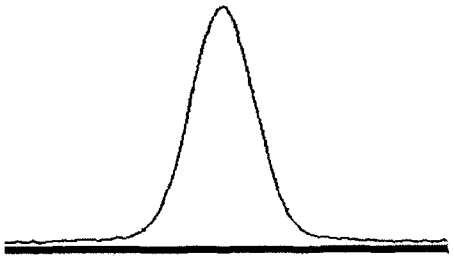


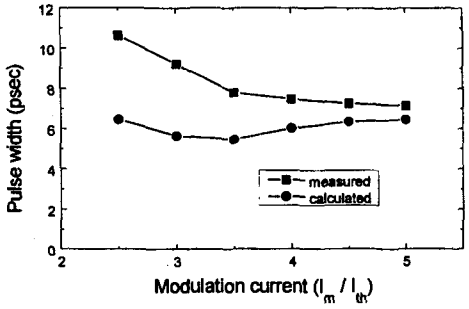
그림 4. 0.55 nm 대역폭의 광 필터를 통과한 후의 펄스 폭과 시간-대역폭의 곱

Fig. 4. Optical pulse width and time-bandwidth product after a 0.55 nm optical band pass filter.

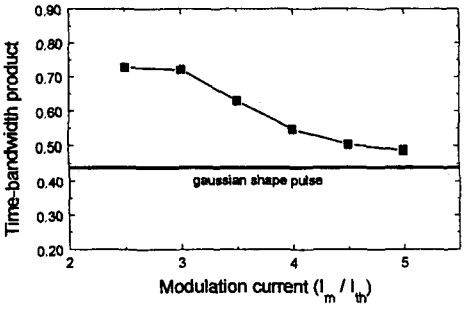
그림 5 에서 변조 전류가 낮아서 필터를 통과하기 이전 펄스의 스펙트럼 폭이 필터의 대역폭 0.55 nm와 비슷하거나 작을 때에는, 비선형 처핑을 제거하지 못하여 펄스 폭의 이론적인 계산치와 측정치 간의 오차가 크며 시간-대역폭의 곱도 감소하지 않았다. 그러나, 변조 전류가 증가하여 펄스의 스펙트럼 폭이 광 필터의 통과 대역폭보다 넓어지면 광 필터가 비선형 처핑을 많이 제거하게 되어 이론적인 계산 값과 측정 값의 오차가 줄어들었다. 광 필터의 대역 폭이 이득 스위칭된 펄스 스펙트럼 폭의 2배 이상이 되면 변환 제한된 펄스를 얻을 수 있었다. 따라서 바이어스 전류와 변조 전류를 증가시켜 더 넓은 스펙트럼 폭을 갖는 펄스를 발생시키고 더 넓은 대역폭을 갖는 광 필터로 비선형 처핑을 제거하면 펄스 폭이 더 좁은 변환 제한된 펄스를 얻을 수 있을 것이다.



(a)



(b)



(c)

그림 5. 광 필터와 분산 보상 광섬유를 이용하여 압축한 펄스의 자기 상관 곡선 (a) 와 최소 펄스 폭의 측정치와 계산치 (b)와 시간-대역폭의 곱 (c)

Fig. 5. Autocorrelation traces (a), measured and calculated minimum pulse width (b), and time-bandwidth product (c) after pulse compression by using a optical band pass filter and a dispersion compensating fiber.

Ⅳ. 결 론

광 시분할 다중화 방식의 40 Gbit/s 광통신용 시스템에 광원으로 활용하기 위하여, 단일 모드 반도체 레이저인 DFB 레이저를 5 GHz의 반복율로 이득 스위칭할 때 발생된 광 펄스를 압축하여 변환 제한된 초단 광 펄스를 생성하였다. 이득 스위칭된 광 펄스의 최소 펄스 폭은 27 psec이고 스펙트럼 폭은 1.1 nm 이어서 펄스 폭이 넓고 변환 제한 되지 않았다. 이와 같은 펄스에는 선형 처핑 뿐 아니라 비선형 처핑도 존재한다. 따라서 선형 처핑된 펄스의 압축 방법인 분산보상 광섬유만으로 펄스를 압축하면, 비선형 처핑 때문에 압축된 펄스가 변환 제한된 펄스를 생성할 수 없다. 실험적으로 분산 보상 광섬유만으로 펄스를 압축하여 5.4 psec의 짧은 펄스를 생성할 수 있었으나 시간-대역 폭 곱이 0.76 으로 변환 제한된 펄스의 2배 정도가 되었다. 따라서 변환 제한된 펄스를 발생시키기 위하여 대역폭이 펄스의 스펙트럼 폭보다 좁은 0.55 nm의 광 필터에 통과시켜 펄스 스펙트럼의 양쪽 가장자리에 있는 비선형 처핑을 제거하고 분산 보상 광섬유로 압축하였으며, 시간-대역폭 곱이 0.49로 변환 제한된 7.1 psec 펄스를 생성하였다. 광 필터의 대역폭을 늘이면 더 짧은 펄스로 압축할 수 있으나, 비선형 처핑이 남아 변환 제한된 펄스가 되지 않는다. 실험에서는 이득 스위칭된 펄스의 스펙트럼폭이 광 필터 대역폭의 2배 이상이 되면 변환 제한된 펄스를 생성할 수 있었다.

부록. 자기상관 곡선과 광 펄스 모양

자기 상관기로 광 펄스 폭을 측정할 때는 제2 고조파를 이용하여 간접적으로 펄스를 측정하므로 펄스의 모양을 알아야 실제의 펄스 폭을 알 수 있다. 이득 스위칭된 광 펄스는 상승 시간이 하강 시간 보다 짧은 비대칭형이고, 바이어스 전류, 변조 전류, 변조 주파수 등에 따라 펄스 모양이 변화한다. 자기 상관기로 측정한 이득 스위칭된 광 펄스의 모양은 가우시안[7] 이나 $\sec h^2$ 모양[12], 분산 보상 광섬유로 압축한 펄스는 가우시안[5], $\sec h^2$[7] 이나 로렌치안(Lorentzian) 모양[12]을 갖는다고 보고되어 있다. 이와 같이 펄스의 모양이 이득 스위칭 조건 및 펄스 압축 조건에 따라 다르므로 본 실험에서는 펄스 모양을 알아내기 위하여 측정한 자기 상관 곡선과 가우시안이나 $\sec h^2$ 펄스의 자기 상관 곡선을 비교하였다. 그 결과 이득 스위칭된 펄스, 광 필터를 통과한 펄스, 광 필터를 통과하고 분산 보상 광섬유로 압축된 펄스는 가우시안 모양을 갖지만, 분산 보상 광섬유만으로 압축할 때는 $\sec h^2$ 모양을 가졌다. 이러한 결과를 자기 상관 곡선으로부터의 펄스 폭 환산에 활용하였다.

참 고 문 헌

[1] Satoki Kawanishi, Ultrafast all-optical TDM transmission technology, *OECC97* 8A1-3, pp. 12-13, 1997.

[2] W. Pieper, R.Ludwig and H.G. Weber, Techniques for 40Gbit/s OTDM systems, *OECC97* 8A1-2, pp. 10-11, 1997.

[3] Dave M. Sprit, Andrew D. Ellis, and Pete E. Barnsly, Optical time division multiplexing : systems and networks, IEEE Commu. Mag., december, pp. 56-62, 1994.

[4] Patricia M. Downey, John E. Browers, Rodney S. Tuker and Edward Agyekum, Picosecond Dynamics of a Gain-Switched InGaAsP Laser, *IEEE J. of Quantum Electronics*, vol. 23, no. 6, pp. 1039-1047, 1987.

[5] Atsushi Takada, Toshihiko Sugie and Masatoshi Saruwatari, High-speed picosecond optical pulse compression from gain-switched 1300nm DFB-LD through highly dispersive single mode fiber, *Journal of Lightwave Technology*. vol. 5. no. 10, pp. 1525-1533, 1987.

[6] Masataka Nakazawa, Kazunori Suzuki, and Yasuo Kimura, Transform limited pulse generation in the gigahertz region from a gain switched distributed-feedback laser diode using spectral windowing, *Optics Letters*, vol. 15, no. 12, pp. 715-717, 1990.

[7] Laurent Chusseau and Crist Kamierski, Optimum linear pulse compression of a gain switched 1500 nm DFB laser, *IEEE. Photonics Technology Letters*. vol. 6, pp. 24-26, 1994.

[8] K. A. Ahmed, H. F. Liu, N. Onodera, P. Lee, R. S. Tuker, and Y. Ogawa, Nearly transform-limited pulse (3.6 ps) generation from gain-switched 1550 nm distributed feedback laser by using fibre compression technique, *Electronics Letters*. vol. 29, pp. 54-56, 1993.

[9] M. Kuznetsov, J. M. Wiesenfeld, and L. R. Radzihovsky, Compression of picosecond pulses from diode lasers using a modified grating-pair compressor, *Optics Letters*, vol. 15, no. 3, pp. 180-182, 1990.

[10] Hai-Feng Liu, Saeko Oshiba, Yoh Ogawa, and Yoshio Kawai, Method of generating nearly transform-limited pulses from gain-switched distributed-feedback laser diodes and its application to soliton transmission, *Optics Letters*, vol. 17, no. 1, pp. 64-66, 1992.

[11] C. H. Henry, Theory of the line width enhancement of semiconductor lasers, *IEEE J. of Quantum Electronics*, vol. 18, pp. 259-264, 1982.

[12] Hai-Feng Liu, Yoh Ogawa, and Saeko Oshiba, Generation of an Extremely Short Single Mode pulse(~2ps) by fiber compression of a gain-switched pulse from a distributed-feedback laser diode, *Appl. Phys. Lett.* vol. 59, pp. 1284-1286, 1991.

저 자 소 개

趙 誠 大(正會員)

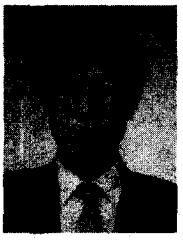
1964년 7월 11일생. 1987년 2월 고려대학교 전자공학과 졸업(학사). 1989년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 1989년 3월 ~ 현재 한국전기통신공사 연구개발본부 선임연구원. 1996년 3월 ~ 현재 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사과정 파견중. 주관심 분야는 반도체 레이저 다이오드 동역학, 광통신, 광가입자망 등임

李 昌 熹(正會員)

1961년 9월 23일생. 1983년 2월 한양대학교 전자공학과 졸업(학사). 1985년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 1989년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(박사). 1989년 ~ 1996년 한국전자통신연구원 선임연구원. 1989년 ~ 1990년 Bellcore Post-Doc. 1997년 ~ 현재 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 부교수. 주관심 분야는 광통신, 극초단 광펄스 등임

申 相 永(正會員)

1946년 9월 14일생. 1968년 서울대학교 전자공학과 졸업(학사). 1973년 Polytechnic Brooklyn, NY, 전기물리(박사), 1975년 ~ 1977년 Polytechnic Institute of New York, Brooklyn, NY, 연구원. 1978년 ~ 현재 한국과학기술원 교수. 1986년 ~ 1987년 Optical Science Center, University of Arizona, Visiting Scholar. 주관심분야는 집적광학 소자, 레이저 다이오드의 동력학, 그리고 광연결 등임



蔡 昌 埈(正會員)

1958년 4월 23일생. 1981년 2월 한국항공대학 항공전자공학과 (학사). 1984년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 1989년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(박사). 1992년 10월 ~ 1993년 9월 일본 NTI 전송기술연구소 객원연구원. 1989년 3월 ~ 현재 한국전기통신공사 연구개발본부 선임연구원(전광통신연구실장). 주관심 분야는 광통신(Opitical Networking), 광 LAN, 광가입자망 등임