

다중 전극 DFB 레이저에서 dispersive Self-Q-Switching에 의해서 발생하는 self-pulsation 특성에 관한 연구

A study on characteristics of self-pulsation due to the dispersive self-Q-switching in multi-section DFB lasers

지성근, 김상택, 김부균
 숭실대학교 정보통신전자공학부
 akkibari@sunbee.ssu.ac.kr

완전 광 3R(Retiming, Reshaping, Reamplification) 재생기는 WDM 시스템과 광 네트워크의 크기를 쉽게 확장시키기 위하여 필요한 매우 중요한 소자이다. 완전 광 3R 재생기의 구현에서 입력 광 신호로부터 광 클락을 추출하는 기술은 매우 중요한 기술이다. 이러한 광 클락 추출기술을 구현하기 위하여 모드락 레이저 다이오드와 다중 전극 DFB 레이저에서 self-pulsation 현상을 이용하는 방법이 많이 연구되고 있다⁽¹⁾. 모드락 레이저 다이오드를 이용한 방법은 모드 락킹 주파수가 레이저의 공진기의 길이에 의해서 결정되기 때문에 공진기의 길이를 정확하게 조절해야 한다는 단점을 가지고 있는 반면에 다중 전극 DFB 레이저의 경우 self-pulsation 주파수를 전기적으로 튜닝할 수 있다는 장점을 가지고 있다⁽²⁾.

본 논문에서는 다중 전극 DFB 레이저에서 dispersive self-Q-switching 현상에 의해 발생하는 self-pulsation 동작 특성에 대하여 살펴보았다. Dispersive self-Q-switching 현상에 의하여 self-pulsation 동작이 나타나는 주입 전류의 영역과 위상천이영역의 위상 변위에 대하여 연구하였다. 또한 두개의 DFB section의 격자 주기의 차 (relative detuning)가 self-pulsation 주파수와 출력 파워의 변조지수 등에 미치는 영향에 대하여 살펴보았다. 계산에 사용된 다중 전극 DFB 레이저 구조는 그림 1의 삽입 그림에 나타나 있다. 두 DFB section 사이에 위상천이영역이 존재하는 구조로 두 DFB section의 길이는 300 μm 로 동일하고 위상천이영역은 150 μm 이고 양 단면은 무반사 코팅되었다고 가정하였다.

Dispersive self-Q-switching에 의한 self-pulsation 동작이 발생되기 위해서는 한 쪽 영역은 문턱 전류 이상의 전류를 주입하여 이득 영역으로 동작하고 다른 영역은 투명 캐리어 밀도가 되도록 주입하여 dispersive reflector로서 동작하게 된다. 가운데 영역은 위상천이영역으로 주입 전류를 사용하여 발생하는 위상 변위 양을 조절할 수 있다. 만약 이득 영역의 발진 모드의 파장이 dispersive reflector 영역의 반사 스펙트럼의 negative steep slope에 놓이게 되면 단일 모드에 의한 self-pulsation 동작을 하게 된다. 그림 1은 three-section IC DFB 레이저에서 결합 세기 κL 이 3.6, $\Delta\delta$ 가 370 cm^{-1} 이고 위상천이영역의 위상 변위가 120°일 때 주입 전류에 따른 dispersive self-Q-switching에 의한 self-pulsation 동작이 가능한 전류 범위를 나타내는 그림이다. 위상천이 영역의 위상 변위 값을 조절하면 self-pulsation 동작을 하는 전류 범위가 넓어짐을 확인할 수 있었다.

그림 2는 이득 영역의 주입 전류 I_1 에 따른 dispersive self-Q-switching에 의한 self-pulsation 주파수를 나타내는 그림이다. 사용된 파라메타는 영역 3의 주입 전류를 16 mA로 고정하고 나머지 파라메타는 그림 1과 동일하다. 주입 전류 I_1 에 따라 self-pulsation 주파수는 4 GHz에서 7 GHz까지 증가하였다. Dispersive self-Q-switching에 의한 self-pulsation 동작은 dispersive 반사기로 인하여 relaxation oscillation이 감소되지 않고 계속 유지되기 때문이라 생각된다. 따라서 self-pulsation 주파수는 relaxation resonance 주파수와 마찬가지로 $f \propto \sqrt{(I - I_{th})}$ 과 같은 관계를 가진다고 생각되어진다.

그림 3은 dispersive self-Q-switching에 의해 self-pulsation 동작이 발생하는 $\Delta\delta$ 의 범위와 이에 따른 출

력 파워의 변조지수를 나타내는 그림으로서 위상천이영역의 위상 변위가 120°로 고정되었을 때의 경우이고 위상 변위 값이 변화할 경우 self-pulsation 동작이 발생하는 $\Delta\delta$ 의 범위가 넓어짐을 알 수 있었다.

그림 4는 위상천이영역에서의 위상 변위에 따른 self-pulsation의 스위칭 동작을 나타내는 그림이다. 그림에서 위상천이영역의 위상 변위가 110°에서 140°까지 self-pulsation 동작이 나타남을 알 수 있다. 또한 self-pulsation 동작이 가능한 위상 변위 영역은 180°를 주기로 반복적으로 나타남을 알 수 있었다.

본 논문에서는 다중 전극 DFB 레이저에서 주입 전류와 위상천이영역의 위상 변위가 self-pulsation 동작에 미치는 영향에 대하여 살펴보았다. Dispersive self-Q-switching에 의해서 self-pulsation 동작이 발생하기 위해서는 이득 영역과 반사기 영역의 전류 조건과 두 영역의 반사 스펙트럼의 상호 관계 뿐만 아니라 위상천이영역의 정확한 위상 조건이 요구됨을 알 수 있었다.

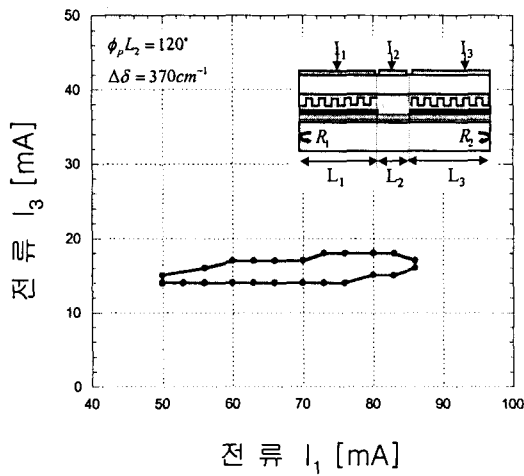


그림 1. Dispersive self-Q-switching에 의해 발생하는 self-pulsation 동작이 가능한 전류 범위.

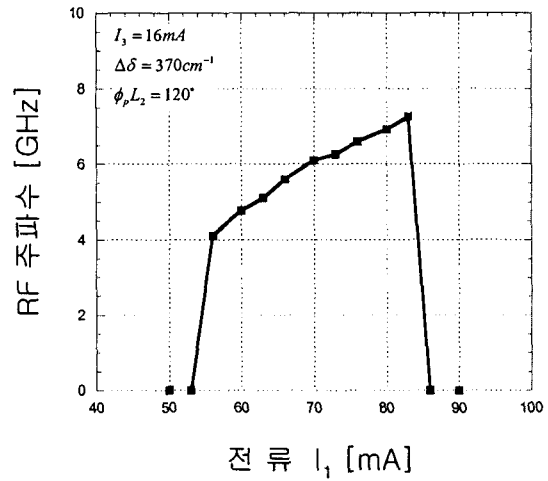


그림 2. 전류 I_1 에 따른 self-pulsation 주파수.

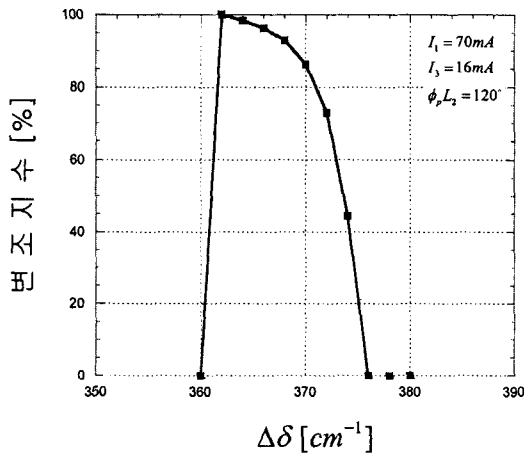


그림 3. $\Delta\delta$ 에 따른 변조지수.

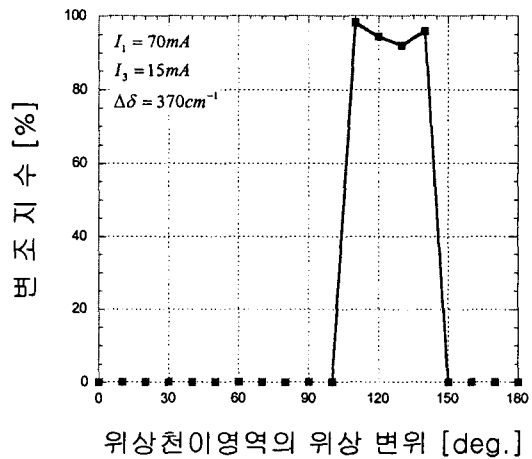


그림 2. 위상천이영역의 위상 변위에 따른 출력 파워의 변조지수.

참고문헌

1. M. Mohrle, et al., *OFC2002*, TuU1, Anaheim, USA, (2002)
2. B. Sartorius, et al., *IEEE. J. Select. Topics Quantum Electron.*, vol. 33, no. 2, pp. 211-218, (1997)