

Karışık Soliton Darbe Kaynağının (HSPS) Mod-Kilitleme Aralığının Artırılması

Nuran Dogru
Gaziantep Üniversitesi
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Gaziantep
dogru@gantep.edu.tr

Özet: Doğrusal azalan adımlı (chirp) raised-cosine flat top pozlu fiber Bragg ızgara (FBG) kullanan karışık soliton darbe kaynağı (HSPS) nin mod-kilitleme karakteristikleri çiftli dalga denklemleri kullanılarak incelenmiştir. 850 MHz mod-kilitleme aralığı veren doğrusal azalan adımlı Gaussian pozlu FBG yerine doğrusal azalan adımlı raised-cosine flat top FBG kullanan HSPS ile çeviri sınırlı darbelerin üretildiği mod-kilitleme aralığının 1.3 GHz e kadar arttığı gösterilmiştir.

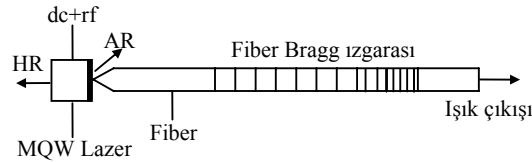
1. Giriş

Dış boşluklu ızgara kullanan mod-kilitli yarıiletken lazerler yüksek-hızlı optik iletiminde kısa darbelerin üretilmesi için ilginçtir, çünkü elde edilen darbeler büyük kilitleme alanına sahiptir. Bu lazerler, telekomünikasyon ve ölçme gibi optoelektronik işlemleri kapsayan bir çok uygulamalarda optik darbe kaynakları olarak kullanılabilirler. Dış boşluklu fiber ızgara lazerlerin 2.5 GHz [1] ve 10 GHz [2] de mod-kilitleme bölgesi deneysel olarak gösterilmiştir. Karışık soliton darbe kaynağı (HSPS), soliton iletim sistemi için geliştirilmiş böyle bir aygıttır. Geniş frekans aralığında çalışması bu cihazın en ilginç özelliklerinden biri olup, bu aralığın doğrusal azalan adımlı fiber ızgara kullanarak artırıldığı [3] de belirtilmiştir. [3] de doğrusal azalan adımlı Gaussian pozlu fiber Bragg ızgara (FBG) kullanılarak mod-kilitleme aralığının 850 MHz olduğu deneysel olarak gösterilmiştir. Bu çalışmada ise raised-cosine flat top FBG kullanılmasıyla mod-kilitleme aralığının 1.3 GHz e kadar arttığı gösterilmiştir [4].

Soliton darbe üretimi için 2.488 GHz çalışma frekansı etrafında darbegenişliği 50 ps olan sech^2 veya Gaussian şekilli ve zaman-bant genişliği (TBP) çarpımı 0.3 ile 0.5 arasında değişen çeviri-sınırlı darbelerin üretilmesi gerekmektedir [1, 3].

2. HSPS in Theorik Modeli

HSPS, tek ve stabil mod sağlayan şiddetli geribeslemeli bir sistemdir [3] ve temel olarak üç bölümden oluşmaktadır (bkz. Şekil 1): Bir çoklu-kuantum duvarlı (MQW: Multi-Quantum Well) yarı iletken lazer diyot, fiber kablo ve kablunun sonunda belli bir bölümde oluşturulmuş Bragg yansıtıcı. Diyotun bir yüzeyinin yansıtması yüksek (HR), diğeri ise çok düşüktür (AR). Çıkış şiddeti yansıtıcıdan alınır.



Şekil 1. HSPS sisteminin şematik görünümü

Model çiftli dalga denklemlerinin zaman domeninde çözümüne dayalıdır [5]. Lazer boşluğu, eşit uzunlukta bölümlere ayrılır. Her bir zaman aralığında $dt=dz/v_g$, ileri ($F(z,t)$) ve geri ($R(z,t)$) alanlar transfer matrisinden hesaplanır. Her bir lazer bölmesindeki taşıyıcı yoğunluk taşıyıcı oran (carrier rate) denklemlerinden hesaplanır

$$\frac{dN(z,t)}{dt} = \frac{I(t)}{eV} - \frac{N(z,t)}{\tau_n} - \frac{a_o(N(z,t) - N_o)}{1 + \epsilon P(z,t)} v_g P(z,t) \quad (1)$$

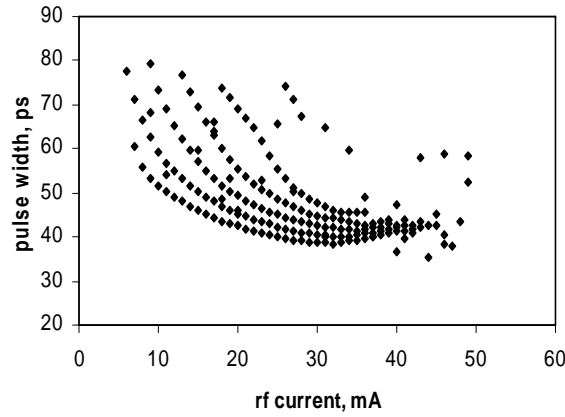
burada $I(t)$ enjekte edilen akımı, V aktif hacmi, e elektronik yükü, τ_n taşıyıcı yoğunluğu, $P(z,t)$ foton yoğunluğunu göstermekte olup $|F|^2 + |R|^2$ ile orantılıdır. N_0 saydamlıktaki taşıyıcı yoğunluğu, ϵ kazanç doyma parametresini, ve a_0 diferensiyel kazancı belirtmektedir.

Her zaman aralığında yeni alan (field) değeri hesaplanır ve sınır şartları uygulanır. Bu işlem stabil mod-kilitli darbeler elde edilinceye kadar tekrarlanır.

3. Numerik Sonuçlar

Simulasyonda, dalgaboyu 1.55 μm , mod-kilitleme frekansı 2.5 GHz, lazer ve ızgara uzunlukları 250 μm ve 4 cm alınmıştır. Chirp değeri $-1.9 \text{ \AA}/\text{cm}$ ve uygulanan dc ve rf akımları 6 mA ve 20 mA dir. Kullanılan diğer lazer parametreleri [4, 6-7] dan bulunabilir.

rf akımının bir fonksiyonu olarak hesaplanan darbe genişlikleri farklı dc akım ve mod-kilitleme frekansı 2.5 GHz için Şek. 2 de verilmiştir. Bu grafik, cihazın temiz, stabil ve tek darbe üreten tüm çalışma aralığını kapsar. Uzun darbeler küçük akım seviyelerinde olmaktadır. dc biyasın darbe genişliği üzerine çok etkisi olmamakla birlikte düşük dc akımları önemsiz kısa darbeler üretir. Beklenildiği gibi rf ve dc akımının artmasıyla tepe güç (peak power) artmıştır. Elde edilen darbeler doğrusal azalan adımlı Gaussian pozlu FBG ile elde edilen darbelerden daha kısadır [3-4].

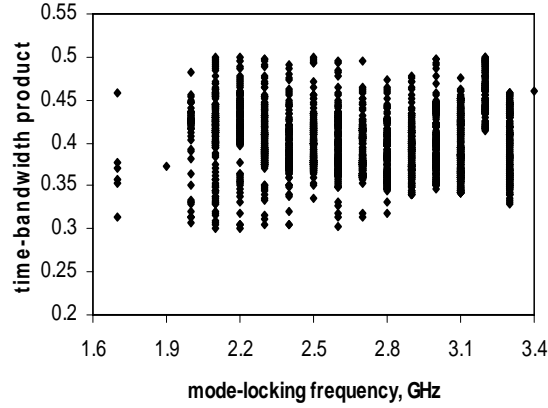


Şekil 2 2.5 GHz mod-kilitleme frekansında tüm dc akımlar için rf akımının fonksiyonu olan darbe genişliği

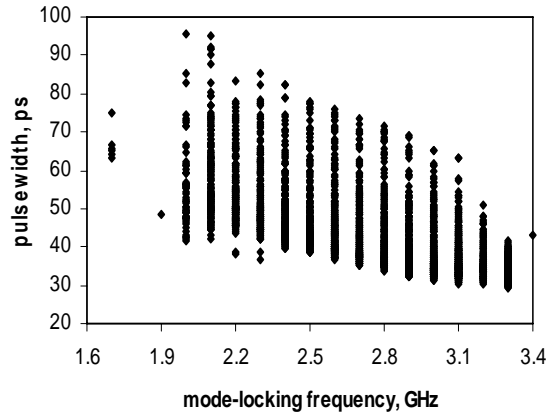
Mod-kilitleme frekansına karşılık tüm dc ve rf akımlar için hesaplanan TBP ve darbeler için sonuçlar Şek. 3 ve 4 te verilmiştir. Bu sonuçlar 2-3.3 GHz lik aralıkta darbe genişliği 40-80 ps ve TBP ı 0.3-0.5 olan geniş bir çalışma aralığını olduğunu göstermektedir. [3] de TBP ler 0.3 ile 0.7 arasında değişmesine rağmen mod-kilitleme aralığı 850 MHz (2.1-2.95 GHz) olarak bulunmuştur. Tüm biyas durumları için cihazın çalıştığı merkez frekans aralığında TBP ler 0.4 e yakın ve darbe genişlikleri 40-80 ps dir.

Sonuçlardan gözlemlendiği gibi doğrusal azalan adımlı raised-cosine flat top FBG kullanan HSPS mod-kilitleme lazerler için olağan olmayan geniş bir frekans aralığında (1.3 GHz) çalışmaktadır. Bu aralıkta da TBP ler 0.4 e yakındır.

Sonuç olarak, doğrusal azalan adımlı Gaussian pozlu FBG yerine doğrusal azalan adımlı raised-cosine flat top pozlu FBG in kullanılmasıyla mod-kilitleme aralığının aşırı derecede (1.3 GHz) arttığı gösterilmiştir.



Şekil 3 Mod-kilitleme frekansının bir fonksiyonu olan tüm dc ve rf akımları için zaman-band genişliği çarpımı



Şekil 4 Mod-kilitleme frekansının bir fonksiyonu olan tüm dc ve rf akımları için darbe genişliği

Kaynaklar

- [1] Morton P. A., Mizrahi V., Andrekson P. A., Tanbun-Ek T., Logan R. A., Lemaire P., Coblentz D. L., Sergent A. M., Wecht K. W., ve Sciortino Jr. P. F., "Mode-locked hybrid soliton pulse source extremely wide operating frequency range," IEEE Photonics Technology Letters. 5 (1) s. 28-31, 1993.
- [2] R., Paoletti, D. Bertone, R. Fang, G. Magnetti, M. Meliga, G. Meneghini, G. Morello, G. Rossi, L. Tallone, M. Scofet, "1.55 μm Optical Short Pulse Generation at 10 GHz Repetition Rate Using a Mode-Locked Hybrid Distributed Bragg Reflector (ML-HDBR) Laser Source," IEEE Photonics Technology Letters., vol. 12 s. 245-247, 2000.
- [3] Ozyazici M.S., Morton P.A., Zhang L.M. ve Mizrahi V., "Theoretical model of the hybrid soliton pulse source," IEEE Photonics Technology Letters. 7(10), s. 1142-1144, 1995.
- [4] Nuran Dogru, "Mode-locked performance of hybrid soliton pulse source utilizing fiber grating external cavity lasers", Optics Communication. 260, no 1, s. 227-231, 2006.
- [5] Kogelnik, H. ve Shank C. V., "Coupled-wave theory of distributed feedback lasers," J. Appl. Phys. 43 (5), s. 2327-2335, 1972
- [6] Nuran Dogru ve M. Sadettin Ozyazici (2004). Mode-locked and noise phenomena of hybrid soliton pulse source. IEE Proceedings of Optoelectronics, 151, no. 3, s. 166-170.
- [7] Nuran Dogru ve M. Sadettin Ozyazici, "Mode-locking characteristics and relative intensity noise reduction in hybrid soliton pulse source," Eur. Phys. J. Appl. Phys., 25(3), s. 151-157, 2004.