

MOD KİLİTLİ DIŞ BOŞLUKLU LAZERLERDE TAŞIYICI GÜRÜLTÜ

Nuran DOĞRU

M. Sadettin ÖZYAZICI

Elektrik&Elektronik Mühendisliği Bölümü,
Gaziantep Üniversitesi, 27310 Gaziantep

e-mail:dogru@gantep.edu.tr

Anahtar sözcükler: Taşıyıcı Gürültü, Bağlı Şiddet Gürültüsü, Mod Kilitlemesi, Fiber Bragg Izgarası

ABSTRACT

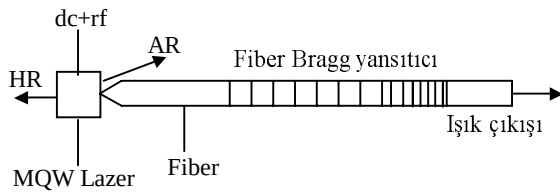
Effect of carrier noise on mode-locked hybrid soliton pulse source (HSPS) utilizing linearly chirped Gaussian apodized fiber Bragg grating is investigated. HSPS is modeled by a time-domain solution of coupled-mode equations. Relative intensity noise (RIN) is calculated using numerical solutions of these equations. Although without noise near transform-limited pulses are generated over a wide frequency range, carrier noise affect the operation of device making the transform-limited pulses unobtainable over a wide frequency range and therefore mode-locking range reduces.

1. GİRİŞ

Karışık soliton darbe kaynağı (HSPS), soliton iletim sistemi için geliştirilmiş bir aygıttır. Bu tür dış boşluklu lazerlerin, modülasyon ve mode-kilitlenme olayları açıklanmış [1-2] fakat gürültünün mod-kilitli HSPS üzerine etkisi incelenmemiştir.

Bu çalışmada, taşıyıcı (carrier) gürültünün doğrusal azalan adımlı (chirped) Gaussain pozlu (apodized) fiber Bragg ızgara kullanan mod kilitli karışık soliton darbe kaynağı (HSPS) üzerine etkisi çiftli dalga (mod) denklemleri kullanılarak incelendi. Bu sonuçları kullanarak bağlı şiddet gürültüsü (RIN) hesaplandı. Simulasyon sonucunda taşıyıcı gürültünün çevirisınırlı darbelerin oluşmasını engelleyerek, mod-kitleme aralığını azalttığı bulunmuştur.

2. MODELLEME



Şekil-1 HSPS sisteminin şematik görünümü

HSPS, tek ve stabil mod sağlayan şiddetli geribeslemeli bir sistemdir [3] ve temel olarak üç bölümden oluşmaktadır (bkz. Şekil 1): Bir çoklukuantum duvarlı (MQW: Multi-Quantum Well) yarı

iletken lazer diyot, fiber kablo ve kablonun sonunda belli bir bölümde oluşturulmuş Bragg yansıtıcı. Diyotun bir yüzeyinin yansımaları yüksek (HR), diğeri ise çok düşüktür (AR). Çıkış şiddeti yansıtıcıdan alınır.

Model çiftli dalga denklemlerinin zaman domeninde çözümüne dayalıdır [4]. Lazer boşluğu, eşit uzunlukta bölümlere ayrılır. Her bir zaman aralığında $dt=dz/v_g$, ileri $F(z,t)$ (+z yönünde) ve geri $R(z,t)$ (-z yönünde) yöndeki dalgalar transfer matrisinden hesaplanır. Her bir lazer bölmesindeki taşıyıcı yoğunluk taşıyıcı oran (carrier rate) denklemlerinden hesaplanır:

$$\frac{dN(z,t)}{dt} = \frac{I(t)}{eV} - \frac{N(z,t)}{\tau_n} - G(z,t)S(z,t) + F_N \quad (1)$$

burada $I(t)$ enjeksiyon akımı, V aktif tabaka hacmi, e elektronik yük, $N(z,t)$ taşıyıcı yoğunluk, τ_n taşıyıcı ömrü, $G(z,t)S(z,t)$ çiftli dalga denklemlerinde çözölen uyarılmış foton sayısı ve F_N taşıyıcı gürültüdür. Taşıyıcı gürültü F_N , taşıyıcıların ışıınım (radiative) ve ışıınım olmayan (nonradiative) yeniden birleşimi olmak üzere iki tür işlem sonucu meydana gelir. Işıınım yeniden birleşimi spontane gürültü ile ilişkisi olmasına rağmen ışıınım olmayan yeniden birleşiminin yoktur. Bu çalışmada, spontane ve taşıyıcı gürültü arasındaki çapraz korelasyonun RIN üzerine etkisi çok az olduğu için ihmal edilmiştir. Enjeksiyon akımının gürültüsü ihmal edilirse, F_N nin korelasyonu

$$\langle F_N(z,t)F_N(z',t') \rangle = (N/\tau_n + GS) \delta(t-t')\delta(z-z') \quad (2)$$

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

Bir lazerin, yayılan optik gücü gürültü sergilediğı ve bu gürültü onun stabil-halinin etrafında dalgalanmalara sebep olduğu için, optik gücü aşağıdaki gibi yazabiliriz:

$$P(t) = \langle P \rangle + \delta P(t) \quad (3)$$

burada $\langle P \rangle$ ortalama güç ve $\delta P(t)$ optik gücün gürültüsüdür. Bir lazer diyotun RIN değeri, şiddet dalgalanmalarının karesinin ortalamasının ortalama gücün karesine oranıdır.

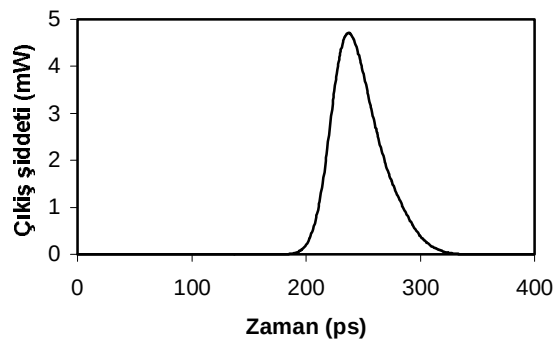
$$RIN = \frac{\langle \delta P^2(t) \rangle}{\langle P \rangle^2} = \frac{\langle P(t)^2 \rangle}{\langle P \rangle^2} - 1 \quad (4)$$

Gürültü süreçlerinin durağan ve ergodik oldukları düşünülür, bu nedenle $\langle \rangle$ sembolü ya tüm parçaların (bütünün) ortalamasını ya da zamana göre ortalamayı belirtir.

3. SONUÇLAR

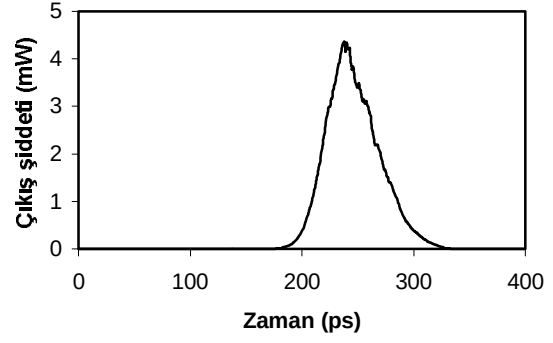
Simulasyonda, dalgaboyu 1.55 μm , mod-kitleme frekansı 2.5 GHz, lazer ve ızgara uzunlukları 250 μm ve 4 cm alınmıştır. Uygulana dc ve rf akımları 6 mA ve 20 mA dir. Kullanılan diğer lazer parametreleri ise; kazanç doyma parametresi $2 \times 10^{-17} \text{ cm}^3$, diferansiyel kazanç $10 \times 10^{-16} \text{ cm}^2$, spontane kavrama faktörü 5×10^{-5} , alan kavrama faktörü 0.8, AR kaplamasının yansıması 0.01, HR kaplamasının ise 0.9 dur. Hapsedilme faktörü 0.1, kayıp 25 cm^{-1} ve taşıyıcı ömrü 0.8 ns dir.

Bilindiği gibi, geleneksel mod-kilitli sistemlerin modülasyon frakansı dizayn frekansından farklı olunca, mod-kitleme kurulamaz. HSPS'in doğru mod-kilitlemeli olup olmadığına karar vermek için, spektrum genişliği, çıkış darbelerinin genişliği ve zaman-bandgenişliği (TBP) çarpımı incelenir. Bu çalışmada zaman-bandgenişliği çarpımı 0.3 ile 0.5 arasındadır. Soliton darbe üretimi için 2.488 GHz çalışma frekansı etrafında darbe genişliği 50 ps olan sech^2 veya Gaussian şekilli, çeviri-sınırlı darbelerin üretilmesi gerekmektedir.



Şekil-2 HSPS' in 2.5 GHz de gürültüsüz çıkış şiddeti

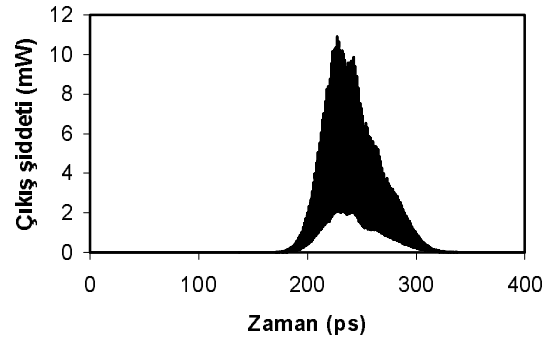
Gürültüsüz, 2.5 GHz ana mod-kitleme frekansı etrafında geniş bir frekans aralığında (2-3 GHz) çeviri-sınırlı darbeler elde edilir. Şekil 2 de darbe genişliği 45.38 ps, spektral genişliği 8.68 GHz ve TBP 0.394 olan tipik çıkış darbesi gösterilmiştir. Eğer taşıyıcı gürültü göz önünde tutulursa, bu defa darbe genişliği



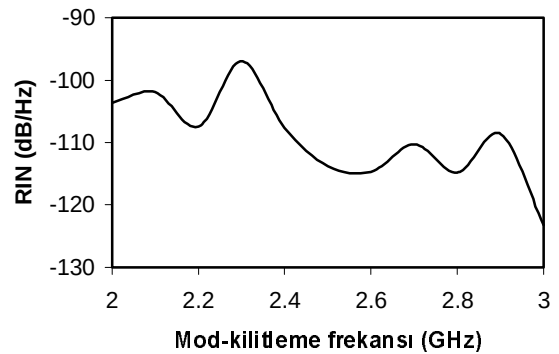
Şekil -3 HSPS' in 2.5 GHz de gürültülü çıkış şiddeti

47.19 ps (bkz. Şekil 3), spektral genişliği 8.65 GHz ve TBP 0.408 olur. Sonuçlardan görüldüğü gibi, ana mod-kitleme frekansında sistemin çalışması gürültüden etkilenmemiştir ve elde edilen sonuçlar uzun mesafe soliton iletim sistemleri için uygundur.

Şekil 4 HSPS' in gürültülü 2.3 GHz mod-kitleme frekansındaki çıkış şiddetini göstermektedir. Bu frekansda darbe genişliği 0.945 ps, spektral genişlik 8.541 GHz ve TBP 0.008 dir. Darbe çeviri-sınırlı olmayıp, pratik uygulamalar için elverişli değildir. Eğer gürültü olmasa, darbe genişliği 49.60 ps, spektral genişlik 8.26 GHz ve TBP 0.41 dir. Bu sonuçlar soliton iletimi için uygundur.



Şekil-4 HSPS' in 2.3 GHz de gürültülü çıkış şiddeti



Şekil-5 HSPS' in RIN spektrumu

RIN spektrumu Şekil 5 te verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, RIN 2.3 GHz de bir tepeye sahip ve ana frekansda (2.5 GHz) değeri düşüktür. Bu olay çıkış darbesinin neden 2.3 GHz de kötü bir şekilde etkilendiğini gösterir.

Bulunan sonuçlar taşıyıcı gürültünün mod-kilitli HSPS' i etkilediğini ve gürültünün doğru analizi için lazerdeki spontane gürültünün yanı sıra bu gürültünün de incelenmesinin gerekli olduğunu gösterir.

Sonuç olarak, gürültüsüz geniş bir frekans aralığında çeviri-sınırlı darbeler elde edilmiş fakat taşıyıcı gürültü sistemin çalışmasını özellikle düşük mod-kilitleme frekansında etkileyerek çeviri-sınırlı darbelerin oluşmasını engellemiştir ve bundan dolayı mod-kilitleme frekans aralığı azalmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] Premaratne M., Lowery A. J., Z. Ahmed, and Novak D., Modeling Noise and Modulation Performance of Fiber Grating External Cavity Lasers, IEEE J. SELECT. TOPICS QUANTUM ELECTRON. Vol. 3, Iss 2, pp. 290-303, 1997.
- [2] Pittoni F., Gioannini M. and Montrosset I., Time-Domain Analysis of Fiber Grating Semiconductor Laser Operation in Active Mode-Locking Regime IEEE J. SELECT. TOPICS QUANTUM ELECTRON., Vol. 7, Iss 2, pp. 280-286, 2001.
- [3] Morton P. A., Mizrahi V., Andrekson P. A., Tanbun-Ek T., Logan R. A., Lemaire P., Coblenz D. L., Sergent A. M., Wecht K. W., and Sciortino Jr. P. F., Mode-Locked Hybrid Soliton Pulse Source Extremely Wide Operating Frequency Range, IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS., Vol. 5, Iss 1, pp. 28-31, 1993.
- [4] Kogelnik H., and Shank C. V., Coupled- Wave Theory of Distributed Feedback Lasers, J. APPL. PHYS., Vol. 43, Iss 5, pp. 2327-2335, 1972.