

FİBER BRAGG IZGARA KULLANAN KARIŞIK SOLİTON DARBE KAYANAĞININ ŞİDDET MODÜLASYONU

Nuran DOGRU ve M. Sadettin ÖZYAZICI

Gaziantep Üniversitesi, Elektrik&Elektronik Mühendisliği Bölümü, 27310 Gaziantep
dogru@gantep.edu.tr

Anahtar sözcükler: Karışık soliton darbe kaynağı (HSPS), Fiber Bragg ızgara, Şiddet modülasyonu (IM), Rezonans tepe spektral yarılmaması (RPSS)

ABSTRACT

The intensity modulation (IM) of a hybrid soliton pulse source (HSPS) utilizing Gaussian apodized fiber Bragg grating (FBG) is described using electric field approach. The HSPS is modeled by a time-domain solution of the coupled-mode equations. It is shown that type of external cavity is important effect on resonance peak spectral splitting (RPSS) in IM response as well as effect of antireflection coated reflectivity, gain compression factor and linewidth enhancement factor. RPSS can be suppressed by introducing suitable linear chirp in Gaussian apodized FBG.

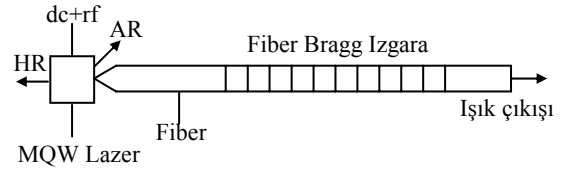
1. GİRİŞ

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. Karışık soliton darbe kaynağı (HSPS), soliton iletim sistemi için geliştirilmiş böyle bir aygıttır. Son zamanlarda, bu tür lazerlerin modülasyon ve mod-kilitleme olayları incelenmiş ve geçmişte farklı geribesleme seviyelerinde gürültünün birçok niteliksel özellikleri deneysel ve teorik olarak iyi bir şekilde açıklanmıştır. Daha önceki makalelerde, AR (yansımaları düşük) yansıtıcılığı, çizgigenişliği arttırma (linewidth enhancement) faktörü, ve kazanç doyma (gain saturation) parametresi gibi bazı lazer diyot parametrelerinin, IM spektrumundaki rezonans tepe spektral yarılmaması (RPSS) nı arttırdığı gösterilmiştir [1-3]. Fakat, bizim simülasyon sonuçlarımız, RPSS in tamamıyla bu parametrelere bağlı olmadığını ve kullanılan FBG çeşitinin de çok önemli olduğunu göstermiştir. Eğer Gaussian apodized pozlandırılmış ızgara içine uygun bir chirp oranı yerleştirilirse (bu ızgara doğrusal azalan adımlı Gaussian pozlu FBG

diye adlandırılır), IM spektrumundaki RPSS yok edilebilir.

2. TEORİ

HSPS temel olarak üç bölümden oluşmaktadır [4-5]. Bir çoklu-kuantum 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). Sistemde üretilen darbenin şekli esas olarak bu yansıtıcı (ızgara) tarafından belirlenmektedir.



Şekil-1. HSPS in şematik görünümü

Model çiftli dalga denklemlerinin zaman domeninde çözümüne dayalıdır [6]. 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 bölümündeki taşıyıcı yoğunluk taşıyıcı oran (carrier rate) denklemlerinden hesaplanır:

$$\frac{dN(z,t)}{dt} = \frac{I(t)}{eV} - \frac{N(z,t)}{\tau_n} - \frac{a_0(N(z,t) - N_0)}{1 + \epsilon P(z,t)} v_g P(z,t) \quad (1)$$

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.

IM response fonksiyonu $H(f)$, küçük sinyal foton yoğunluğu ΔS in küçük sinyal enjekte akımı ΔI ya oranıdır [7-8].

$$H(f) = \frac{\Delta S}{\Delta I} \quad (2)$$

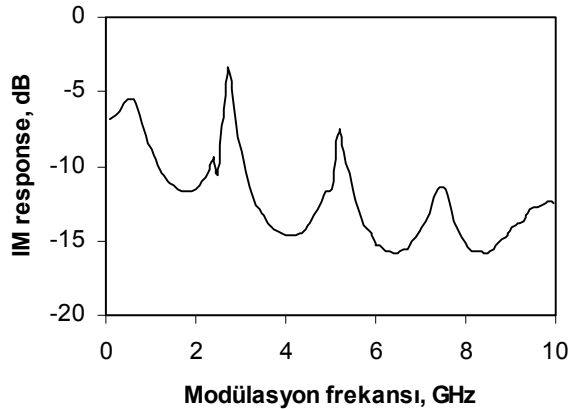
Bu, ayrıca güç modülasyon terimi şeklinde de yazılabilir

$$H(f) = \frac{\Delta P_{out}}{\Delta I} \quad (3)$$

3. SONUÇ ve TARTIŞMA

Simulasyonda, dalgaboyu 1.55 μm , çalışma frekansı 2.5 GHz, lazer ve ızgara uzunlukları 250 μm ve 4 cm alınmıştır. Eşik akımı 3.2 mA ve chirp değeri 1.9Å/cm'dir. Kullanılan diğer lazer parametreleri [4-5] den bulunabilir.

Şek. 2, 6 mA lik dc akımda 0.1 GHz den 10 GHz e kadar hesaplanan HSPS in IM spektrumunu göstermektedir. Lau [8] ana frekansdaki yanıt tepesinin büyüklüğünün her zaman düşük frekansdaki yanıt büyüklüğünden küçük olduğunu belirtti. Ahmed ve Tucker [1] tersine, ana tepe büyüklüğündeki 4 dB lik artışı teorik ve deneysel olarak ve nedenin de AR yansıtırlığı, dc akım ve benzeri bazı parametrelere bağlı olduğunu gösterdi. Bizim simulasyon sonuçları da, [1] ile iyi bir uyum göstermiş olup, Şek. 2 de görüldüğü gibi ana tepe büyüklüğündeki artış aşağı yukarı 2 dB dir.



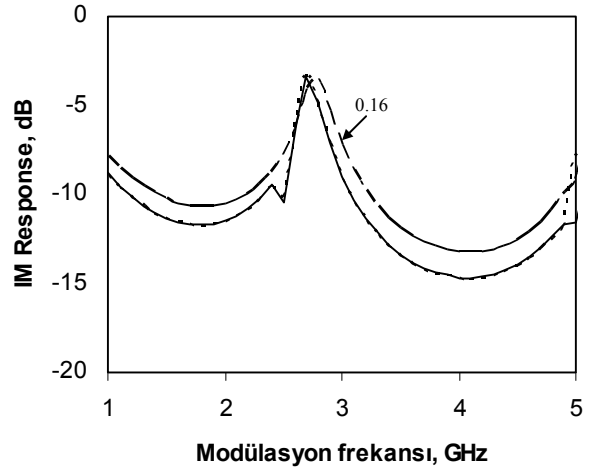
Şekil-2. Gaussian pozlu FBG kullanan HSPS in IM spektrumu

Sonuçlarımız ayrıca, rezonans frekansın harmonik sayısı artarken, Şek. 2 de görüldüğü gibi modülasyon bant genişliğinin arttığını ve büyüklüğünün azaldığını göstermiştir. Deneysel ve ölçülen değerlerin her ikisi de aynı eğilimi göstermiştir [1]. Bu verilerde, daha büyük bant genişliği ve daha yüksek rezonans tepenin

aynı anda elde edilemeyeceği gibi önemli bir sonuca götürmüştür. Dış boşluklu lazerlerde, en büyük tepe rezonansı ana (çalışma) frekansda elde edilmesine rağmen, modülasyon bant genişliği bu frekansda küçük olacaktır. Bant genişliğinin artırılması, tepe rezonansının düşük olacağı rezonans frekansın daha yüksek harmoniklerinde modülasyon yapılmasıyla olur.

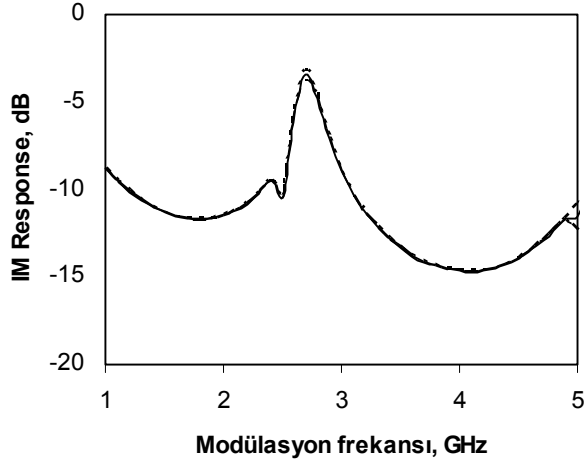
Dikkat edilirse, Şek.2 de görüldüğü gibi büyüklük devamsızlığı diğer bir deyişle RPSS ana frekans yakınında ve ana tepe, [3] de olduğu gibi biraz yüksek frekansa kaymıştır. Bu büyüklük devamsızlığının kaynağı [1-2] de incelenmiş ve onlar AR yansıtırlığı (r_3), düşük kazanç doyma parametresi (ϵ), çizgi artma faktörü (ϵ), ve dış boşluk uzunluğu gibi parametrelerin RPSS üzerine önemli etkisi olduğunu göstermişlerdir. Bu bildiri de ise, bu parametrelerle birlikte dış boşluk çeşidinin IM spektrumuna etkisini inceleyerek, dış boşluk çeşidinin de bu parametreler kadar önemli olduğunu gösterdik.

AR yansıtırlığının etkisini dikkate almak ve onun büyüklük devamsızlığına etkisini görmek için r_3 , artırıldı ve azaltıldı. Şek. 3 farklı AR değerlerinde Gaussian pozlu HSPS in IM spektrumunu göstermektedir. Şekilde göüldüğü gibi AR nin yüksek değerinde (0.16) büyüklük devamsızlığı yok olmaktadır. Ahmed ve Tucker [1] ise, devamsızlığın sıfır veya düşük AR değerleri için mümkün olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlarda, Gaussian pozlu FBG kullanan HSPS için, RPSS in güçlü bir şekilde AR nin yüksek değerine bağlı olmadığını göstermiştir.



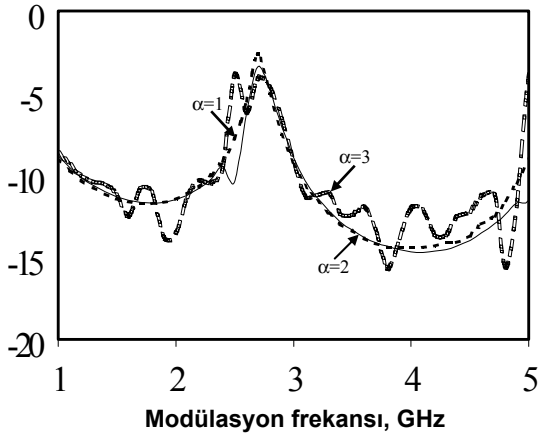
Şekil-3. Gaussain pozlu HSPS in farklı AR değerleri için IM spektrumu

Gaussian pozlu HSPS in farklı ϵ değerleri için IM spektrusu Şek. 4 de vrilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi ϵ , 0 dan 4×10^{-17} de değişirken tepe büyüklüğünde çok az bir azalma vardır ve ϵ nin tüm değerleri için RPSS oluşmaktadır.



Şekil-4. Gaussain pozlu HSPS in farklı ϵ değerleri için IM spektrumu

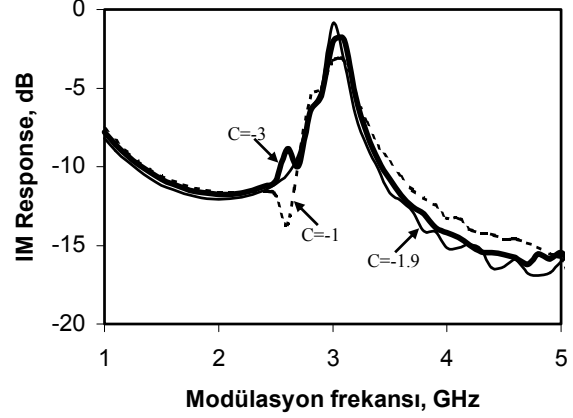
α spektral çizgigenişliğini ve frekans chirpini belirtir. MQW lazerler için değeri genellikle 2 alınır. Yarıiletken lazerlerde, kırılma indisi taşıyıcı (carrier) yoğunluğa bağlıdır ve α bu bağımlılığı belirtir. Pratikte sıfır bağımlılık olmamasına rağmen, bizim simülasyonda 0 ile 3 arasında değişmiştir. Şek. 5 de görüldüğü gibi RPSS güçlü bir şekilde α ya bağlıdır. Beklenildiği gibi, α nın büyük değerleri için büyüklük devamlılığı yok olmaktadır. Bu sonuçlarda, kaynak [2-3] de olduğu gibi α nın RPSS üzerine önemli bir etkisi olduğunu göstermiştir.



Şekil-5. Gaussain pozlu HSPS in farklı α değerleri için IM spektrumu

Şu ana kadar bahsedilen parametrelerin IM spektrumunda oluşan, RPSS üzerine etkisi olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte simülasyon sonuçlarımız ayrıca, Gaussain pozlu FBG içine uygun bir chirp (doğrusal azalan adımlı) oranı yerleştirildiğinde RPSS yok edilebileceğini gösterdi. Şek. 6 farklı chirp oranı kullanan Gaussain pozlu HSPS IM spektrumunu vermektedir. Şekilde görüldüğü gibi chirp oranı -1.9 \AA/cm olduğunda

RPSS tamamıyla yok oluyor [9]. Bu chirp değeri ise HSPS in 4cm lik ızgara uzunluğuna sahip olduğunda daha geniş bir frekans aralığında mod-kilitleme yapabilmesi için en uygun değer olarak bulunmuştur [10].



Şekil-6. Chip oranı C nin IM üzerine etkisi

Elde edilen bu sonuçlar, dış boşluk çeşidinin IM spektrumuna etkisinin de cihaz parametreleri kadar önemli olduğunu göstermiştir. Eğer, HSPS dış boşluk olarak, Gaussain pozlu ızgara ve onun içine yerleştirilmiş uygun bir chirp oranı kullanırsa, IM spektrumundaki RPSS yok edilebilir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, bazı lazer parametrelerinin IM spektrumuna etkisi, Gaussain pozlu FBG kullanan HSPS için incelendi. Elde edilen sonuçlardan, HSPS in kullandığı dış boşluk çeşidinin de, AR yansıtırlığı, kazanç doyuma parametresi ve çizgi genişliği artma faktörü gibi IM spektrumunda oluşan RPSS üzerine önemli bir etkisi olduğunu göstermiştir. Eğer Gaussain pozlu FBG içine uygun bir chirp oranı yerleştirilirse, RPSS in yok edilebileceği bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] Ahmed Z., Tucker R.S, Small Signal IM Response of Grating Terminated External Cavity Semiconductor Lasers, IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS, Vol 1,Iss 2, pp 505-515, 1995.
- [2] Premaratne M., Lowery A.J., Ahmed Z., Novak D., Modeling Noise and Modulation Performance of Fiber Grating External Cavity Lasers, IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS, Vol 3, Iss 2, pp. 290-303, 1997.
- [3] Pittoni F, Gioannini M., Montrosset I., Time-Domain Analysis of Fiber Grating Semiconductor Laser Operation in Active Mode-Locking Regime, IEEE JOURNAL OF

- SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS, Vol 7, Iss 2, pp 280-286, 2001.
- [4] Dogru N., Ozyazici M.S., Relative Intensity Noise of Mode-Locked Fiber Grating External Cavity Semiconductor Lasers, OPTICS AND LASER TECHNOLOGY, Vol 35, Iss 3, pp 163-168, 2003.
- [5] Dogru N., Ozyazici M.S., RIN in Mode-Locked External Cavity Semiconductor Lasers. IEE PROCEEDINGS OF OPTOELECTRONICS, Vol 150, Iss 4, pp 346-350, 2003.
- [6] Kogelnik H., Shank C. V., Coupled- Wave Theory of Distributed Feedback Lasers, Journal of APPLIED PHYSICS, Vol 43, Iss 5, pp. 2327-2335, 1972.
- [7] Glasser L.A., A Linearized Theory for the Diode Laser in an External Cavity, IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, Vol 16, pp 525-531, 1980.
- [8] Lau K.Y., Narrow-Band Modulation of Semiconductor Lasers at Millimeter Wave Frequencies (>100 GHz) by Mode-Locking, IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, Vol 26, pp 250-261, 1990.
- [9] Dogru N., Ozyazici M.S., Intensity Modulation of Hybrid Soliton Pulse Source with Fiber Bragg Grating External Cavity, CHINESE PHYSICS LETTERS, Vol 21, Iss 9, pp 1753-1755, 2004.
- [10] Saym M., Theoretical Model of Mode-Locked Hybrid Soliton Pulse Source, PH.D THESIS, University of Gaziantep, Gaziantep, 1999.