

TEK MODLU OPTİK FİBERDE SOLİTON DARBE YAYILMASI

Murat AKSOY¹, M. Sadettin ÖZYAZICI²

¹Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Çukurova Üniversitesi, 01330, Balcalı, Adana
²Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Mühendislik Fakültesi
Gaziantep Üniversitesi, 27310, Gaziantep

e¹-posta: aksoy@cu.edu.tr
e²-posta: sadi@gantep.edu.tr

ABSTRACT

In this work, ultra short pulse generation from an actively mode-locked semiconductor laser and the propagation of these pulses through a single mode optical fiber are investigated. The pulse width of pulses generated by an actively mode-locked semiconductor laser can be compressed using soliton propagation in a single mode optical fiber.

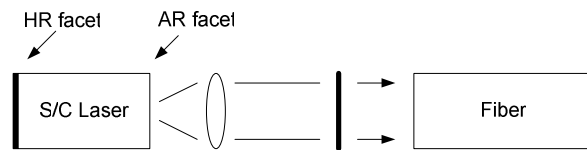
For the purpose of soliton propagation in a single mode optical fiber, ultra short pulses with a high peak power have been generated from an InGaAsP semiconductor laser using the actively mode-locking technique.

1. GİRİŞ

Optik fiberde bilgi iletimini sınırlandıran iki fiziksel etki fiber kaybı ve dispersiyondur. Darbenin yayılımı sırasında genişlemesine teknik olarak dispersiyon denir[1]. Dispersiyon optik fiberde band genişliğini sınırlandırır bu da optik fiberde taşınan bilgi miktarını azaltır.

Optik fiberin kırınım indisinin ışık şiddeti ile doğrusal olmayan küçük değişimini kullanarak dispersiyon etkisini kaldırmak mümkün olabilir[2]. Bu dengelemeyi yaparak, optik fiberde uygulanan darbenin yayılması sırasında ilk şeklini muhafaza etmesi sağlanır. Bu darbe soliton olarak adlandırılmıştır.

Soliton darbeler, deneysel olarak, tek mod optik fiber ve 1.55 µm dalga uzunluğunda darbe üreten Color-Center lazer kullanılarak elde edilmiştir[3].



Şekil 1. Aktif mod kilitlenmiş lazer diyot ve optik fiber

Bu çalışmada aktif mod kilitlenmiş yarıiletken lazer modeli akuple denklemleri kullanılarak sayısal olarak çözülmüş ve elde edilen çok kısa darbeler belirli şartlar altında bölüm-adım Fourier dönüşümü kullanılarak sayısal olarak çözülen doğrusal olmayan Schrodinger denkleminde giriş olarak uygulanmıştır. Burada darbelerin yayılması sırasında sıkıştırılması incelenmiştir[4].

2. MATEMATİKSEL MODEL

Aktif mod kilitlenmiş lazerler için çeşitli teorik modeller vardır. Bu çalışmada ise Şekil 1de verilen sistem için zaman bağımlı akuple dalga denklemleri kullanılmıştır. Bu denklemler[5,6]

$$\frac{1}{v_g} \frac{\partial E^+}{\partial t} + \frac{\partial E^+}{\partial x} = jkE^- - (j\delta - g + \alpha_s)E^+ + i_F \quad (1)$$

$$\frac{1}{v_g} \frac{\partial E^-}{\partial t} - \frac{\partial E^-}{\partial x} = jkE^+ - (j\delta - g + \alpha_s)E^- + i_R \quad (2)$$

Bu denklemlerde E^+ ve E^- elektrik alanını, v_g grup hızını, α kayıpları, k bağlama oranını, g materyal kazancını göstermektedir.

Taşıyıcı oran denklemi[5]

$$\frac{dN}{dt} = \frac{J}{ed} - \frac{N}{\tau_n} - BN^2 - CN^3 - g v_g S \quad (3)$$

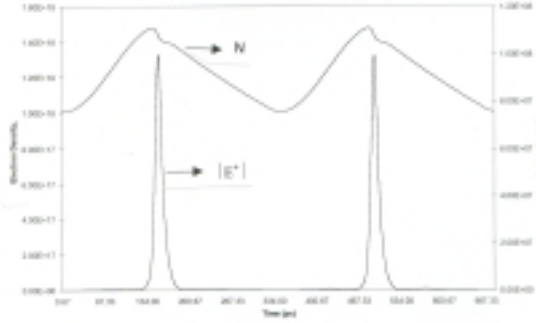
Bu denklemden J akım yoğunluğunu, e elektronik yükü, d aktif tabaka kalınlığını, τ_n kendiliğinden olan ömrü gösterir.

Bu denklemleri çözmek için gereken sınır koşulları

$$E^+(0, t) = r_1 E^-(0, t) \quad (4)$$

$$E^-\left(I_d, t\right) = r_2 E^+\left(I_d, t\right) + r_{ext} \left(1 - r_2\right) C_0^2 E^+\left(I_d, t - \tau_{ext}\right) \quad (5)$$

Denklemler (1-5) kullanılarak elde edilen Elektrik alan darbesi ve elektron yoğunluğu Şekil 2 de verilmiştir. Burada rf akımı 12 mA ve dc akımı ise eşik akımının yarısı olarak seçilerek elde edilmiştir.



Şekil 2. RF akımı 12 mA için elektrik alan darbesi ve elektron yoğunluğu

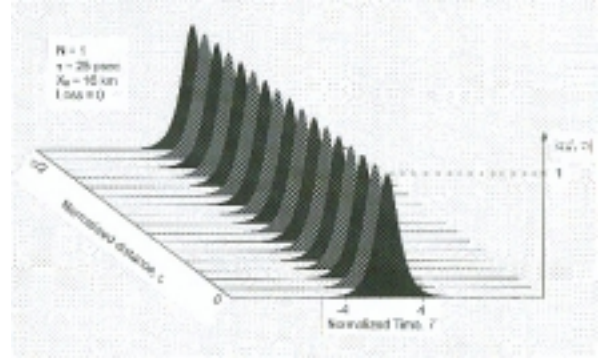
Tek mod optik fiberde yayılma yapan darbelerin , negatif grup hızı dispersiyonu ve optik fiberin kırınım indisi ve kaybını içeren doğrusal olmayan Schrodinger denklemi

$$j \frac{\partial q}{\partial \xi} + \frac{1}{2} |q|^2 q = -j \gamma \frac{t_s^2}{|k'|} q \quad (6)$$

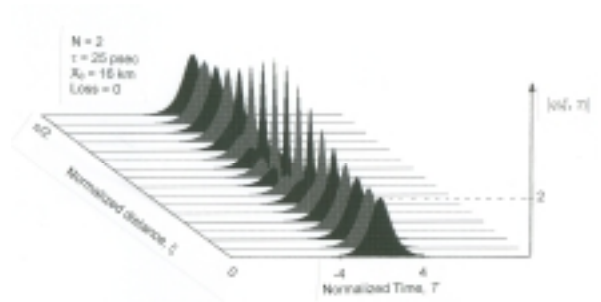
ile gösterilmiştir[4]. Bu denklemde q birimsiz yavaşça değişen zarf fonksiyonunu, ξ birimsiz mesafe koordinatını, T birimsiz zaman koordinatını ve denklem [2] nin sağ tarafındaki ifade optik fiberin kaybını gösterir. Kayıpsız fibere uygulanan giriş darbesi

$$q(0, T) = N \sec h(T) \quad (7)$$

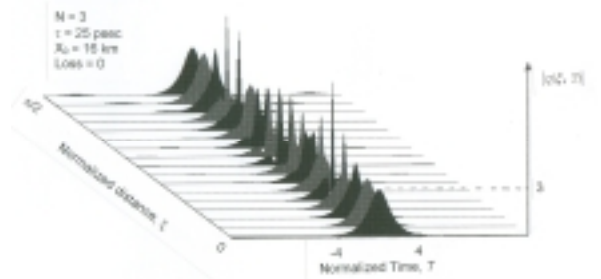
için elde edilen sonuçlar Şekil 3, 4 ve 5' da verilmiştir. Denklem (7) deki N solitonların mertebesini gösterir. Şekil 3, 4 ve 5 deki sonuçlar $50 \mu m^2$ çapında kırınım indisi 1.46 olan dispersiyonu 16 psec/nm/km olan fibere 25 psec FWHM olan bir dalga uygulanarak elde edilmiştir. Şekil 3, 4 ve 5 de birinci, ikinci ve üçüncü mertebeden solitonun kayıpsız fiberdeki tam periyot yayılması gösterilmiştir.



Şekil 3. Birinci Mertebe Soliton Darbe Yayılması



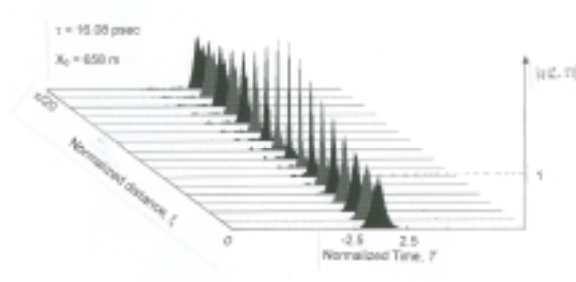
Şekil 4. İkinci Mertebeden Soliton Darbenin Yayılması



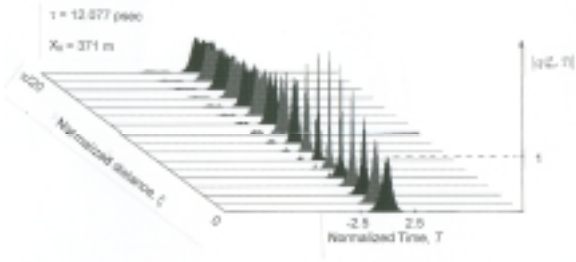
Şekil 5. Üçüncü Mertebeden Soliton Darbenin Yayılması

Optik fiberin kaybı ihmal edildiğinde girişe uygulanan soliton darbe şeklini tam periyodun sonunda muhafaza etmektedir. Şekil 3 de görüldüğü gibi birinci mertebe soliton tam periyot boyunca aynı şeklini korumaktadır. Şekil 2 de ikinci mertebe solitonlar önce yarım periyotta ilk darbe genişliğinin dörtte birine daralmakta ve sonra tam periyotta tekrar ilk şekline dönmektedir.

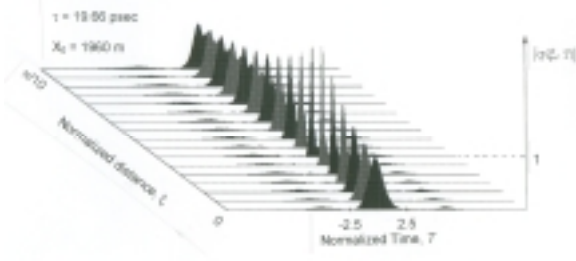
Aktif mod kilitlenmiş lazerde üretilen darbeyi belirli şartlar altında fibere giriş darbesi olarak uygulanması ile elde edilen sonuçlar Şekil 6, 7 ve 8 de verilmiştir. Burada lazerde üretilen farklı çıkışlardaki darbelerin fiberdeki yayılması incelenmiştir.



Şekil 6. Aktif mod kilitlenmiş lazerde üretilen darbelerin fiberdeki yayılması. $I_{dc}=0.5I_{th}$ ve $I_{rf}=10.3$ mA.



Şekil 7. Aktif mod kilitlenmiş lazerde üretilen darbelerin fiberdeki yayılması. $I_{dc}=0.4I_{th}$ ve $I_{rf}=12$ mA.



Şekil 8. Aktif mod kilitlenmiş lazerde üretilen darbelerin fiberdeki yayılması. $I_{dc}=0.4I_{th}$ ve $I_{rf}=11$ mA.

KAYNAKLAR

- [1] Agrawal G.P. , NONLINEAR FIBER OPTICS , Academic Press, Inc., 1989
- [2] Hasegawa A., OPTICAL SOLITONS in FIBERS, Springer-Verlag, 1989
- [3] Hasegawa A., Tappert F., Transmission of Stationary Nonlinear Optical Pulses in Dispersive Dielectric Fiber, APPLY PHYSICAL LETTER, Vol:23 p:142, 1981
- [4] Aksoy M., Actively Mode-Locked S/C Laser and Soliton Pulse Propagation
- [5] Zang L. M., Carroll J. E., Large Signal Dynamic Model of the DFB Laser , IEEE J. QUANTUM ELECTRONICS, Vol:20 No:3, p: 604-611 , 1992

3. SONUÇ

Darbelerin tek modlu optik fiberde yayılmasını incelemek için öncelikle kayıpsız fiberde değişik mertebelerdeki solitonların yayılmasını incelemek gerekmektedir. Kayıplı fiberde tam period sonunda darbenin ilk şekli elde edilemez.

Bu çalışmada önce aktif mod kilitlenmiş lazer diyod kullanılarak değişik tepe gücüne ve darbe genişliğine sahip darbeler üretildi ve bu darbeler tek modlu optik fiber için giriş darbesi olarak uygulanarak fiberdeki yayılması incelendi.

Farklı darbelerin fiberdeki sıkıştırılma oranları giriş darbesinin tepe gücüne ve FWHM'e bağlı olduğu görülmüştür. Kayıpsız fiberde üçüncü mertebeden soliton sıkıştırması 11.4 iken, aktif mod kilitlenmiş lazer diyoda uygulanan rf akımı 11mA ve dc akımı 3 mA olduğu zaman sıkıştırma oranı 7.4 değerinde olmuştur.