

# Enjeksiyon Akımının Yarı İletken Optik Yükselteç Kazancına Etkisinin İncelenmesi

Murat YÜCEL\*, Fatma TUZA

\*Gazi Üniversitesi  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Ankara  
[muyucel@gazi.edu.tr](mailto:muyucel@gazi.edu.tr), [fatmatuza90@gmail.com](mailto:fatmatuza90@gmail.com)

Gazi Üniversitesi  
Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Bölümü  
Ankara

**Özet:** Yarı iletken optik yükselteçler (SOA), yüksek hızlı anahtarlama yeteneği, dalga boyu dönüşümü yapabilmeleri, optik haberleşme hatlarında yükselteç olarak kullanılmaları nedeniyle çok yönlü bir optik yükselteçtir. Bu çalışmada, SOA'ların optik kazançlarında en önemli etkiyi yapan enjeksiyon akımının SOA kazancına etkisi, OptSim 4.0 optik yazılımı kullanılarak incelenmiş ve çok kanallı bir optik haberleşme sistemi SOA kullanılarak tasarlanmıştır.

## 1. Giriş

Fiber optik haberleşme, çok uzun mesafelere ulaşması ve yüksek veri hızlarına çıkabilmesinden dolayı çok hızlı bir şekilde gelişmiştir. Çok uzun mesafelere erişim, günümüzde üretilen fiber optik kabloların çok düşük zayıflamaya (0,2 dB/km) sahip olması ve zayıflama, sinyalin iletim hızından bağımsız olduğu için mümkündür. Sonuçta fiber hat boyunca bir sinyal ilerliyor iken sinyaldeki bozulma sadece lineer zayıflama şeklindedir ve uzun mesafelere erişmek için bu zayıflamayı giderecek bir optik yükselteç gereklidir [1].

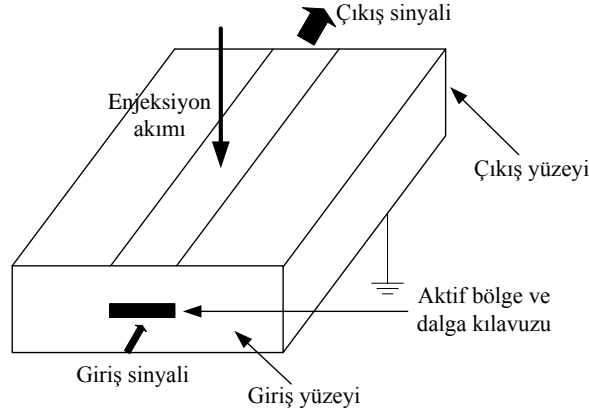
Geniş bantlı iletim uygulamalarında, optik yükselteçlerin iki farklı türü kullanılır: Bunlar SOA ve fiber yükselteçlerdir. Her ikisi de lazer prensiplerine göre çalışır yani bir kazanç ortamı ters birikmeye ulaşıncaya kadar pompalanır. Bu, fotonların uyarılmış yayılım ile çoğalarak yeni sinyal fotonları oluşturmasını sağlar ve yükseltme sağlanır [2].

SOA'lar yüksek hızlı anahtarlama yeteneği, yüksek sönüm oranı ve yüksek birleştirme potansiyeli sağlar. Ayrıca tüm optik dalga boyu dönüşümü, tekrarlama, dalga boyu seçme, güçlendirme, hat yükseltmesi ve optik ön yükseltme yaparlar. SOA'lar tek parça birleşime ve fiber optik yükselteçlerin yapamayacağı optik sinyal işleme içeren geniş uygulama alanları sunmaktadır. Bunlar; faz modülatörü, dalga boyu çevirici, optik anahtar, sayısal kapı, artırıcı/azaltıcı çoklayıcı, ayarlanabilir filtre, pals üretici, saat üretici, dispersiyon kompanzatorü, dedektör gibi uygulama alanlarıdır [3-6].

Bu çalışmada, çok kanallı bir optik haberleşme sisteminde optik yükselteç olarak SOA kullanılmış ve SOA'nın enjeksiyon akımı değiştirilerek çıkış kazancının değişimi incelenmiştir.

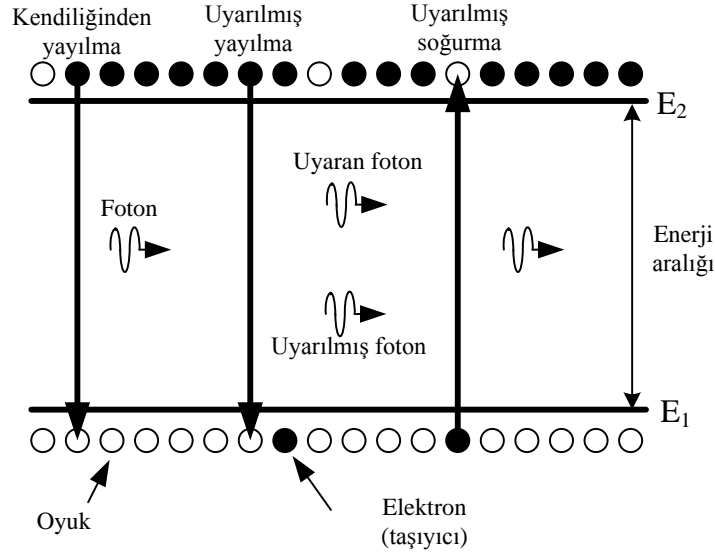
## 2. SOA'nın Temel Yapısı

SOA girişindeki ışık sinyalini yükselten optoelektronik bir cihazdır. Şekil 1'de SOA'nın temel yapısı görülmektedir. Aktif bölgeye gömülü bir dalga kılavuzu içerisinden geçen ışık sinyali dışarıdan uygulanan bir akım ile yükseltilmekte ve çıkışta optik bir yükseltme sağlanmaktadır.



Şekil 1. SOA'nın temel yapısı [3]

SOA'ların yapısında ve InGaAsP tabakalarının içerdiği aktif malzemeler içinde İndiyum fosfat (InP) kullanılır. Bu sayede 1100 nm ve 1700 nm aralığındaki bandlarda yükseltme yapabilir. SOA bir yarı iletken ama giriş ve çıkışında geri besleme yoktur. Bu özelliğinden dolayı aynı zamanda bir gezici dalga (TW) yükselteci olarak adlandırılır [7].



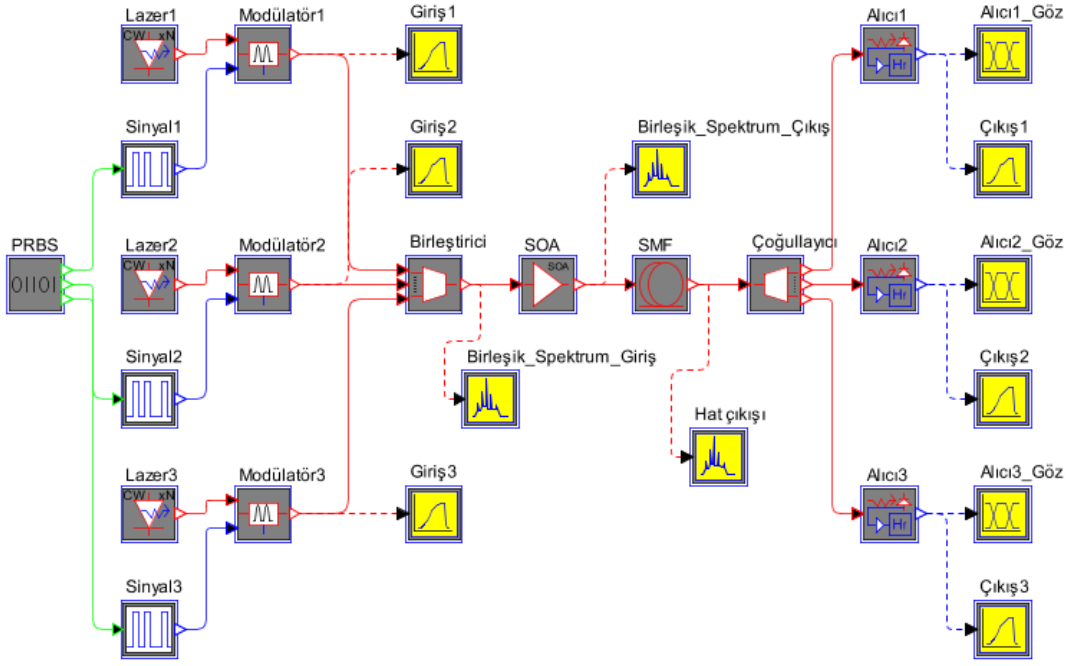
Şekil 2. İki seviyeli enerji diyagramı [3]

SOA elektronları harici bir akım kaynağı ile aktif bölgeye enjekte edilir. Enerjilenen taşıyıcı elektronlar valans bandından ( $E_1$ ) ayrılarak, aktif bölge iletim bandında ( $E_2$ ) bir enerji seviyesi oluşturur. Şekil 2'de iki seviyeli enerji seviye geçişi görülmektedir. Uyarılmış soğurma ile  $E_1$  enerji seviyesinden  $E_2$  enerji seviyesine geçen fotonlar buradan tekrar  $E_1$  seviyesine düşerken uyarılmış yayılma ile mevcut foton enerjisini yükseltmekte ve optik yükseltme gerçekleşmektedir [3].

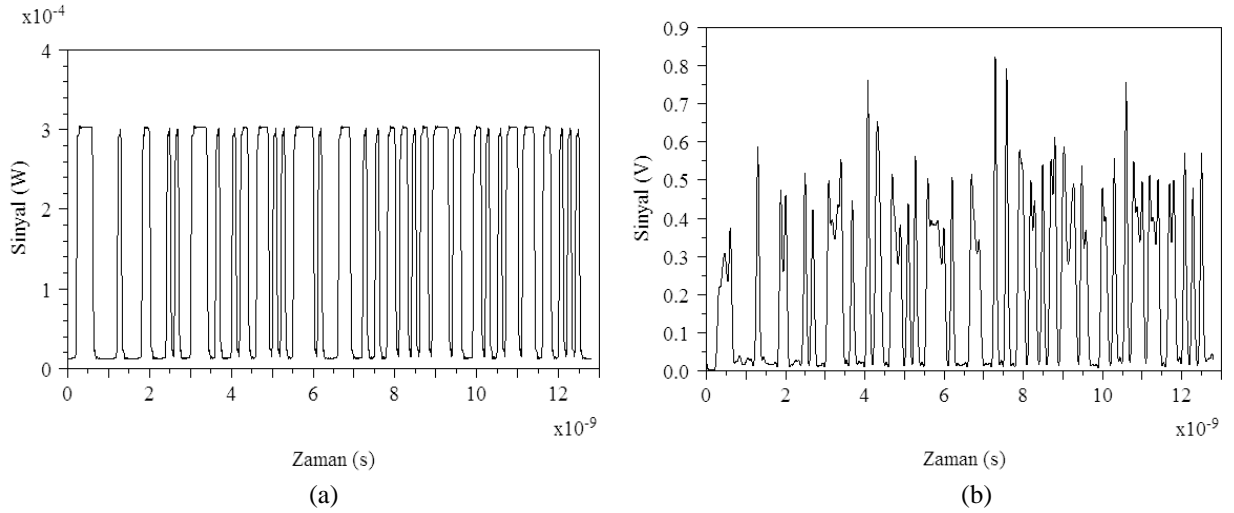
### 3. Simülasyon Düzenekği

Şekil 3'de çok kanallı optik haberleşme sistemi görülmektedir. Bu düzenekte üç adet lazer sinyali kullanılmıştır. Bu lazerlerin güçleri 1 mW ve dalga boyları sırasıyla 1548.51 nm, 1549.32 nm, 1550.12 nm'dir. Üç bilgi sinyali, 5 dB ek kaybına sahip, Mach Zehnder modülatörlerle modüle edildikten sonra, 3 dB ek kaybına sahip birleştirici ile bir sinyale birleştirilmiştir. Bu sinyaller 150 mA enjeksiyon akımına sahip SOA'ya uygulanmış ve -12 dB seviyesindeki zayıflamış sinyaller yükseltilerek 0.2 dB/km zayıflamaya sahip, 40 km'lik tek modlu fiber hatta uygulanmıştır. Daha sonra 3 dB ek kaybına sahip çoğulayıcı ile sinyaller tekrar ayrılarak alıcıya ulaşmıştır. Kullanılan SOA 5.0 e-4 m uzunluğa, 3.0e-6 m genişliğe ve 8.0e-8 m kalınlığa sahiptir.

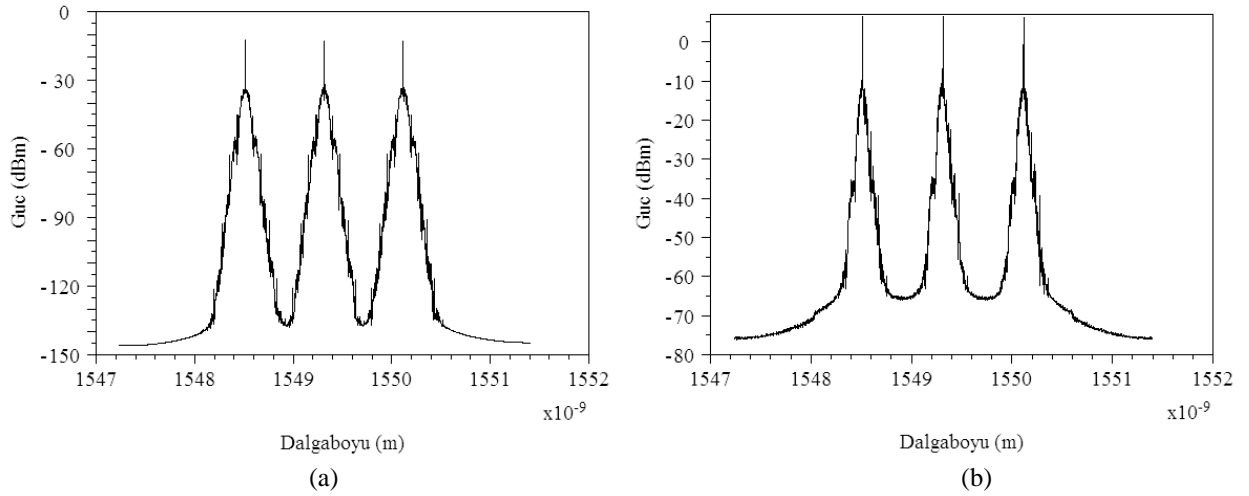
Şekil 4'de örnek olarak girişe uygulanan ilk sinyal ve çıkışta elde edilen sinyal görülmektedir. Çıkış sinyali incelendiğinde sinyalin azda olsa bozulduğu görülmektedir. Bu durum sinyalin SOA'da yükselirken kendiliğinden yükseltilmiş yayılma (ASE) gürültüsünün oluşmasından kaynaklanmaktadır ve bu gürültü değeri SOA'ların dezavantajıdır.



Şekil 3. Çok kanallı optik haberleşme sistemi



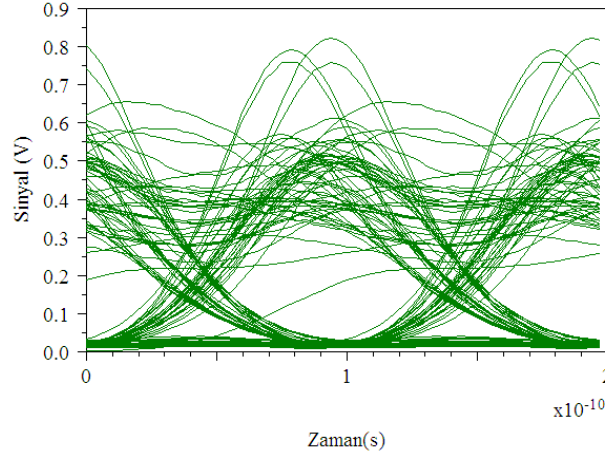
Şekil 4. (a) Giriş ve (b) çıkış sinyalleri



Şekil 5. (a) SOA giriş ve (b) çıkış spektrumları

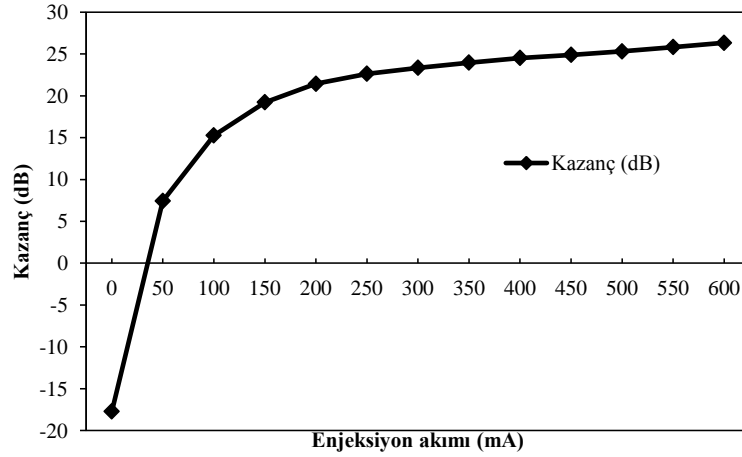
Şekil 5'de SOA giriş ve çıkışındaki sinyal spektrumları görülmektedir. Girişteki zayıf sinyaller yaklaşık olarak 20 dB yükseltilerek 40 km'lik fiber hatta uygulanmıştır. Fiber hat çıkışında fiber zayıflamasından dolayı 8 dB zayıflayan sinyaller alıcıya ulaşmıştır.

Şekil 6'da ise alıcıdan ölçülen göz sinyali görülmektedir. Şekilden de görüleceği üzere biraz bozulma olmakla beraber SOA tarafından yapılan 20 dB'lik kazanç sayesinde düzgün bir göz diyagramı elde edilmiştir.



Şekil 6. İlk sinyalin çıkış göz diyagramı

Son olarak SOA'nın enjeksiyon akımı değiştirilerek çıkış kazanç değişimi incelenmiştir. Bu değişim Şekil 7'de görülmektedir. Enjeksiyon akımı arttığında çıkış kazancı 150 mA'e kadar çok hızlı artmış, bu değerden sonra artış devam etmiş ancak artış oranı düşmüştür.



Şekil 7. Enjeksiyon akımının SOA kazancına etkisi.

## 7. Sonuç

Bu çalışmada SOA kullanılarak 40 km'lik bir fiber hatta üç ayrı sinyal iletilmiş ve OptSim 4.0 yazılımı kullanılarak simüle edilmiştir. SOA kullanılarak hat girişinde 20-25 dB civarında bir kazanç değeri ile kuvvetlendirilen sinyaller fiber hatta uygulanmış ve alıcılara ulaşmıştır. Yapılan simülasyon sonucunda sinyallerin anlamlı bir şekilde alıcılara ulaştığı görülmüştür. Ayrıca SOA'nın enjeksiyon akımı 0-600 mA arasında 50 mA aralıklarla arttırılarak simülasyon tekrarlanmış ve SOA çıkışındaki kazanç değerinin değişimi incelenmiştir ve enjeksiyon akımının SOA kazancını doğrudan etkilediği görülmüştür. Ancak bu etkinin 150 mA'e kadar çok yüksek, bu değerden sonra ise daha düşük etki gösterdiği görülmüştür.

## Kaynaklar

- [1]. Yücel, M. Kazancı Düzleştirilmiş Geniş Bandlı Fiber Yükselteçlerin Tasarımı, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü, Ankara, s.7-9, 2008.
- [2]. Ellrich, F., Zengerle, R., "Broadband Optical Fiber Amplifiers", Symposium on Opto- & Microelectronic Devices and Circuits, Stuttgart, 2002. s.213-217.
- [3]. Connelly, M. J., Semiconductor Optical Amplifiers, Kluwer Academic Publishers, Boston, A.B.D., 2002.
- [4]. Qureshi, K.K., Tam, H.Y., "Multiwavelength fiber ring laser using a gain clamped semiconductor optical amplifier" Optics and Laser Technology, 44(6) s.1646-1648, 2012.
- [5]. Wang, F., Yu, Y., Zhang, Y., Zhang, X.L., "All-Optical Clock Recovery Using a Single Fabry-Perot Semiconductor Optical Amplifier", Journal Of Lightwave Technology, 30(11), s.1632-1637, 2012.
- [6]. Sahafi, M., Rostami, A., Sahafi, A., "All-optical high speed logic gates using SOA", Optics Communications, 285(9), s.2289-2292, 2012.
- [7]. Keiser, G., Optical Communications Essentials, McGraw-Hill, New York, A.B.D., 2003.