

İki Aşamalı C Band Ebrium Katkılı Fiber Yükselteçlerde (EKFY) Kazanç Düzeltmek İçin Uzun Periyotlu Fiber Izgara Kullanılması

Haluk Tanrikulu

tanrikul@metu.edu.tr

ÖZET

Ebrium Katkılı Fiber Yükselteç (EKFY) dalga boyuna bağlı olarak, çıkışında düz olmayan bir kazanç spektrumu oluşturmaktadır. EKFY'lerin bu düz olmayan kazanç spektrumu nedeni ile çıkış sinyalleri arasında kazanç farklılıkları oluşmaktadır. Dalgaboyu Bölmeli Çoğullama (DBÇ) tekniği kullanan geniş band iletişim sistemlerinin uzak erişimlerine olanak sağlayan EKFY'lerin bu eksikliği düzleştirici filtreler kullanılarak bertaraf edilmektedir. Bu çalışmada, iki aşamalı C bandı EKFY'lerin çıkışında düz bir kazanç spektrumu sağlanması için uzun periyotlu fiber ızgaralar kullanılarak başarımları incelenmiştir.

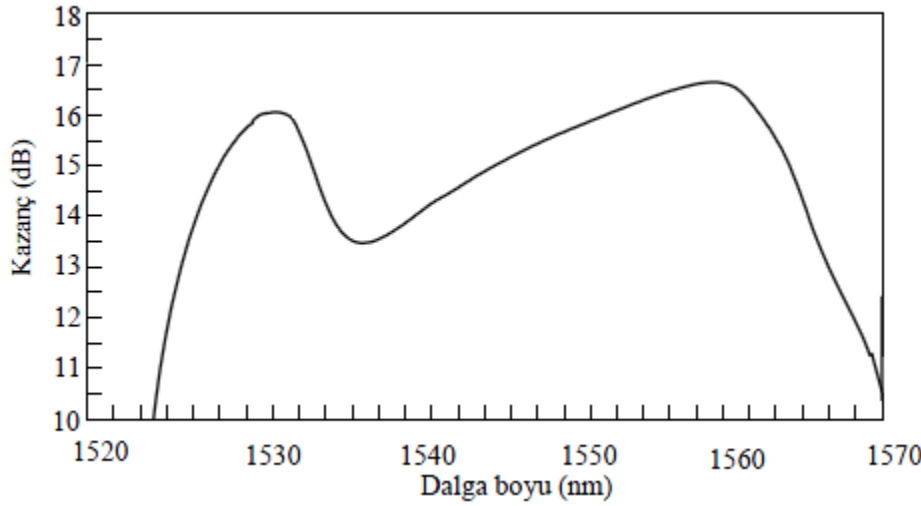
Anahtar Kelimeler : Uzun periyotlu fiber ızgaralar, kazanç düzeltme, EKFY, UPFI, DBÇ

1. Giriş

DBÇ sistemleri, yüksek band genişliği sağlayan optik iletişim sistemlerin kurulmasını sağlamıştır. DBÇ uzak mesafe iletişimde veri kaybı olmaması için optik yükselteçler ve özellikle EKFY'ler kullanılmaktadır. EKFY'lerin kazanç spektrumları, enerji seviyelerinin dalga boyuna bağlı olarak farklılık göstermesi nedeni ile düz değildir. EKFY'nin düz olmayan kazanç spektrumunun nedeni ile DBÇ sistemlerinin kapasitesi sınırlanmaktadır. Tek fiber kılından daha fazla kanal geçirmek için düz kazanç spektrumunun oluşturulması gerekmektedir. Bunu sağlamak için EKFY'den çıkan sinyalin filtreler vasıtası ile kazanç spektrumlarının düzleştirilmesi gerekmektedir.

Şekil-1'de EKFY'nin dalga boyuna bağlı kazanç spektrumu gösterilmektedir. EKFY'lerin kazanç spektrumları incelendiğinde bir birinden farklı görünümde iki tepeliğin oluştuğu görülecektir. Bu nedenle EKFY tarafından yükseltilecek sinyallerin güçleri arasında farklılıklar oluşmaktadır [1]. Bu farklılıklar sinyal gürültü oranını daha da düşürerek sinyalin bozulmasına

neden olmaktadır. Sinyalin bozulması iletim mesafesini kısaltmaktadır. Bu nedenle EKFY'lerin kazanç spektrumlarının düzleştirilmesi gerekmektedir.



Şekil -1 EKFY'nin dalga boyuna bağlı olarak değişen spektrumu [1].

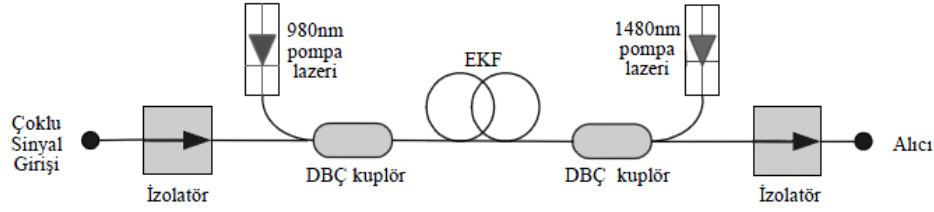
EKFY'lerin Kazanç Düzeltme Yaklaşımları

C bandında erbiyum katkısı yanında bizmut, tellürit, fosfor/alüminyum ve pek çok katkı malzemesi katılarak oluşturulan EKFY'lerin çıkış kazanç spektrum eğrilerinin düzleştiği görülmektedir [2]. Bir başka çalışmada ise C bandındaki EKFY'nin çeşitli giriş sinyal güçleri için dalga boyu değişimine karşılık çıkış kazanç ve gürültü spektrumunun -10 dBm giriş sinyali kullanıldığında düzleştiğini göstermektedir [3].

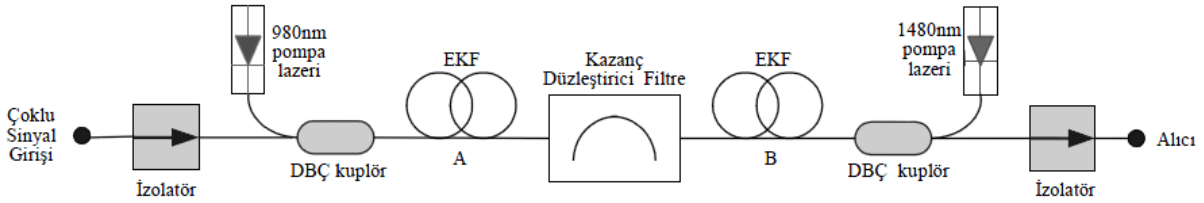
Günümüzde Mach-Zender optik filtresi, akusto-optik filtre veya makale konusu olan uzun periyotlu fiber ızgara filtreleri gibi kazanç eşitleyiciler kullanılmaktadır [1]. Bu yaklaşımda EKFY kazancının yüksek olduğu dalga boylarında kullanılan filtre ile kayıplar oluşturularak, toplam kazanç spektrumu düzleştirilmektedir. Bu tür filtrelere optik kazanç düzleştirici filtreler denilmektedir [1].

İki Aşamalı Yükselteç Tasarımı

İki aşamalı yükselteç kullanımı ile dış yansımaların neden olduğu gürültünün önüne geçilmektedir. Yüksek kazanç elde edilmesine rağmen gürültü seviyesi oldukça düşüktür. Tek bir EKFY'nin kullanıldığı durumlarda ışık pompasından gelen ışık yüksek bir verimlilikle enerjisini veri sinyaline aktarır. Ancak kazanç spektrumu pasif olarak kısmen düzleştirilmiş iken yükselteçin kendi gürültüsü ve doyuma ulaşmış çıkış gücünden dolayı küçük bir hata oluşmaktadır. Bu nedenle EKFY kullanımında çıkış gücünün azalmaması için iki aşamalı yükselteçlerin arasına bir düzleştirici filtre kullanılmalıdır. İlk yükselteç sinyali yükseltir, oluşan hatalar düzleştirici filtre vasıtası ile düzeltilir. İkinci yükselteç filtreden dolayı oluşan kayıpları gidermek için kullanılır. Tasarım yapılırken erbiyum katkılı fiberin uzunlukları belirlenmeli ve kullanılacak filtreye dikkat edilmelidir [1]. Şekil-2'de klasik EKFY yapısı, şekil-3'de ise iki aşamalı yükselteç tasarımı gösterilmiştir. Bu çalışmada uzun periyotlu fiber ızgara filtreleri kullanılmıştır.



Şekil-2 Klasik EKFY yapısı [1].



Şekil -3 İki aşamalı yükselteç tasarımı [1].

Uzun-Periyotlu Fiber Izgaralar (UPFI)

UPFI'lar 200-700 μm arasında çalışırlar ve temel mod ve yayıcı plaka modları arasında eşleştirilme temeline göre üretilmişlerdir. Spektrumları yasıtma durumlarını belirten dalga boylarının derinlikleri tarafından karakterize edilirler [4].

$$, \quad (1)$$

Burada yansıma dalga boyu, ve sırası ile etkin temel mod kırılma indisi ve i 'ninci seviyeden plaka modunun indisidir. ise ızgara periyodunu göstermektedir.

DBÇ sistemleri için yeni elektrik ark teknikleri kullanan standart foton duyarlı ve foton duyarsız fiberlerde UPFI'ler oluşturulabilir. Bunun üretimi esnek ve uygulaması kolaydır. Elde edilen UPFI'lar düşük kayıp oranına ve yüksek termal kararlılığa sahiptir. Günümüzde UPFI'ların oluşması için temel mekanizma olarak elektrik ark boşalması esnasında gerçek gerilim ve yeni oluşan gerilimlerin sertleştirilmesi önerilmektedir [4].

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada UPFI'ların optik özellikleri teorik olarak çalışılmış, temel olarak üçlü UPFI'lar kullanarak üretilen EKFY kazanç düzelten filtreler incelenmiştir.

Çalışma [5]'te 248 nm KrF excimer lazer kullanılarak hidrojen yüklenmiş standart tek modlu fiberlerde, fiber ızgaraların oluşumu kaydedilmiştir [5]. EKFY'nin 6 dB kazanç değişimi uzun

periyotlu ızgara filtresi kullanılarak 30 nm band genişliği üzerinde 0.3 dB'ye düştüğü gözlemlenmiştir [5].

Periyodu olan uzun periyotlu ızgara içindeki basit basamak indisli tek modlu fiber göz önünde bulundurulduğunda, ızgara bölgesinde temel mod () ve yayıcı plaka () modları arasındaki bağlanma;

$$— , (2)$$

$$— , (3)$$

şeklinde tanımlanır.

Burada $R(z)$ ve $S(z)$ temel ve m 'nci plakanın yavaş değişen genlikleridir, ise bağlanma sabiti, ise faz bozulmasıdır [5].

$$- , (4)$$

$$- - (5)$$

Burada dalgaboyu, fiber merkezindeki foton indüklenme indis değişikliğini, bağlanma modlarının toplam örtüşümünü ve ve sırası ile temel ve plaka modlarının yayılma katsayılarını göstermektedir.

Eşitlik (2) ve (3)'deki bağlantılı modların uygun başlangıç durumları $z = -$ dan başlayarak hesaplandığında,

ve olmaktadır.

Dolayısı ile bağlantılı mod eşitliklerinin çözümleri bulunabilir ve güç aktarma aşağıdaki formül ile ortaya çıkarılabilir.

$$— — — , (6)$$

Burada ızgara boyudur. Denklem (6)'den ızgaranın tepe kayıp miktarı;

$$, (7)$$

bulunur. Burada tepe yayılım dalgaboyu (5) eşitliğinde olması durumunda eşitlik (1)'deki formül bulunur.

Sonuç olarak modlardaki kırılma indisinin bilinmesi ile eşitlik (1)'den ve eşitlik (7)'den güç aktarımı bulunur.

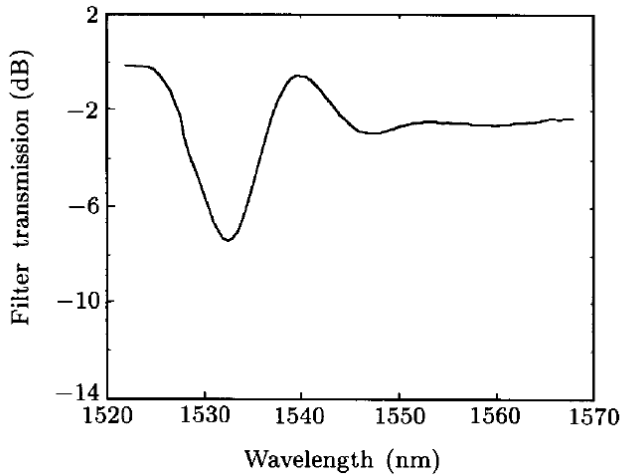
[5]'deki çalışmada olmak kaydı ile ızgara boyu , 20, 40 ve 100 mm olacak şekilde ayarlanarak testler yapılmıştır. Alınan deneysel sonuçlara göre dalgaboyu değişiminin ızgara periyotlarının toplam sayısına bağlı olduğu gözlemlenmiştir.

Tüm bunlardan < olmak üzere uzun periyotlu ızgaraların her iki yüzü arasındaki band genişliği (5) ve (6)'ncı eşitlikler marifeti ile aşağıdaki gibi formüle edilir.

$$\frac{a}{\lambda} = \frac{m}{2}, \quad (8)$$

İstenilen aktarma özelliklerini (örneğin tepe kaybı, yansıma dalga boyu ve band durdurma gibi) elde etmek için (7) ve (8) eşitliklerini uygun bir şekilde göz önünde bulundurarak ızgara parametrelerini tasarlamamız gerekmektedir [5].

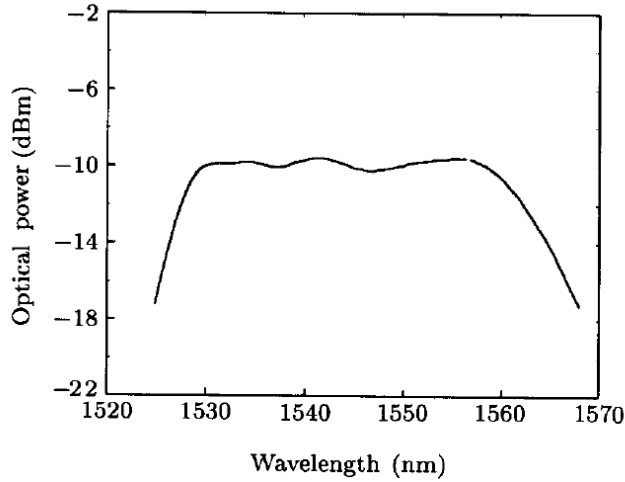
Yapılan deneysel çalışmaların sonuçları UPFI tasarımının eşitlik (7) ve eşitlik (8)'e uygun olduğunu göstermektedir. Şekil 4'te UPFI'nın çıkış spektrumu gösterilmiştir.



Şekil-4 Üçlü uzun periyotlu fiber ızgaranın dalgaboyu-aktarım (dB) grafiği [5].

3. Sonuç

Şekil-3'deki iki aşamalı yükselteç tasarımında görülen birinci EKFY'den elde edilen kazanç spektrumu, şekil-1'de gösterilmiştir. Burada herhangi bir filter kullanılmadığı için dalga boyuna bağlı olarak güç değişimi bariz olarak tepelikler halinde görülmektedir. Bu farklılıkların giderilmesi için iki aşamalı yükselteç tasarımı yapılmış ve iki EKFY'nin arasına bir UPFI filtre yerleştirmiştir. Şekil-3'de gösterilen birinci EKFY'nin kazanç spektrumu şekil-4'de verilen UPFI spektrumuna sahip bir filtreden geçirilmekte ve şekil-5'deki grafik elde edilmektedir.



Şekil-5 UPFI filtresi kullanan EKFY'nin kazanç spektrumu [5].

Burada EKFY'nin ilk baştaki iki tepelik halindeki kazanç spektrumunun 30 nm band genişliğinde 0.3 dB azalma gösterdiği görülmektedir [5].

Sonuç olarak teorik ve deneysel çalışma sonuçları UPFI filtrelerinin üretimi esnasında ızgara periyotlarının, indis değişiminin ve ızgara boyunun ayarlanması ile UPFI'nin aktarım spektrumunun kontrol edilebileceğini göstermiştir [5]. Üçlü uzun periyotlu ızgaraların kullanımı ile düşük kayıplı EKFY kazanç düzeltici filterelerin oluşturulabileceği gösterilmiştir. Bu çalışma ile UPFI'nin kullanımı ile EKFY'nin kazanç spektrumundaki farklı dalgalanmaların önüne geçildiği ve DBÇ uygulamaları için uygun olduğu gösterilmiştir.

Kaynaklar :

- [1] Göktaş, H.H., Yücel, M. "İki Aşamalı C Band Erbiyum Katkılı Fiber Yükselteçlerde (EKFY) Kazanç Düzleştirici Fitre Optimizasyonu", SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 10. Cilt,1. Sayı, sayfa 10-13. 2006.
- [2] Göktaş, H.H., Yücel, M. "Düşük Maliyetli Kazanç Düzleştirilmiş Erbiyum Katkılı Fiber Yükselteç Tasarımı", 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük, Türkiye.
- [3] Yücel, M., Göktaş, H.H., "Düz Kazançlı Bir Optik Yükselteç Olarak C Band Erbiyum Katkılı Fiber Yükselteç", IEEE,2008.
- [4] Frazao, O. Rego, Lima, M., Teixeira, A., "EDFA Gain Flattening Using Long-Period Fibre Gratings Based on the Electric Arc Technique".
- [5] Chen, G., Jian, S., "Erbium Doped Fiber Amplifier Gain Flattening Using Long-Period Fiber Gratings", Chin Phys. Letter, Vol. 16, No.7, p. 513-515, 1999.