

NADİR TOPRAK-KATKILI TEK-MODLU FİBER KUVVETLENDİRİCİLERİN TASARIM ve OPTİMİZASYONUNA SICAKLIĞIN ETKİSİ

Dr. Cüneyt BERKDEMİR

Erciyes Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü, 38039, Kayseri

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sedat ÖZSOY

Haberleşmeden algılamaya, askeri uygulamalardan tıptaki uygulamalarına kadar geniş bir uygulama alanı olan fiber optik teknolojisine yönelik olarak yapılan deneysel ve teorik araştırmalarda son yirmi yılda önemli atılımlar gerçekleşmiştir. Günümüzde, özellikle verimlilik ve optimizasyon çalışmaları önem kazanmıştır. İsabetli öngörülerde bulunmayı sağlayacak uygun teorik modeller kurmak ve geliştirmek bu yüzden önemli bir çalışma alanı olmuştur.

Dr. Cüneyt Berkdemir, ödüle layık görüldüğü doktora çalışmasında, nadir-toprak elementlerinden erbiyum ve praseodimyum'un ışımaya karışan enerji seviyelerinin sıcaklığa bağımlı yarılımlarını da hesaba katarak, literatürdeki mevcut çalışmalarda sadece yayılım ve soğurum tesir kesitlerinin sıcaklığa bağımlılığına dayandırılan verim analizlerindeki eksikliği gidermiş ve teorik sonuçların deneyle uyumundaki farklılıkları azalttığını göstermiştir. Çalışmalarını üst düzeydeki uluslar arası dergilerde yayınlamayı başarmıştır.

Fiber kuvvetlendirici veriminin analizi için pek çok teorik çalışma yapılmıştır. Kuvvetlendirme mekanizmasında

yer alan kazanç, gürültü faktörü, "kuvvetlendirilmiş kendiliğinden yayılım" (KKY; Amplified Spontaneous Emission, ASE) ve "uyarılmış durum soğurumu" (UDS; Exited State Absorption, ESA) üzerinde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda, genellikle, fiber boyunca katkılama konsantrasyonunun ve alan dağılımlarının düzgün olduğu kabulü yapılmıştır. Düzgün olmayan katkı dağılımları ve fiber içerisinde ilerleyen modların şiddet dağılımları sadece küçük sinyal şartlarında göz önüne alınan durumlardır. Burada, erbiyum iyonlarının enerji seviye doluluklarının indüklenen sinyal ile değişimi ihmal edilmiştir. Bu durumlar, oran denkle-

mlerinin düzgün olduğu kabulü yapılmıştır. Düzgün olmayan katkı dağılımları ve fiber içerisinde ilerleyen modların şiddet dağılımları sadece küçük sinyal şartlarında göz önüne alınan durumlardır. Burada, erbiyum iyonlarının enerji seviye doluluklarının indüklenen sinyal ile değişimi ihmal edilmiştir. Bu durumlar, oran denkle-



Ödül Töreni sonrası kokteylden bir görünüm: soldan Prof. Dr. Ramazan SEVER (ODTÜ Fizik), ODTÜ Rektörü Prof. Dr. Ural AKBULUT, Dr. Cüneyt BERKDEMİR ve Aydın ÖZYAR (Dr. Serhat ÖZYAR'ın babası).

melerinin nümerik olarak çözülmesiyle incelenmektedir. Erbiyum katkılı fiber kuvvetlendirici (EKFK)'lerde kazancı modellemek için yapılan çeşitli analitik çalışmalarda, giriş güçleri ve fiber uzunluğu cinsinden fiber kuvvetlendiricinin kazancının tanımlanması yoluna gidilmektedir. Analitik ya da matematiksel bir tanımlama için başta gelen zorluk, fiber kuvvetlendiricinin enine özelliklerinin, yani mod alan profilleri ve erbiyum dağılımının, tam olarak üst üste getirilememesinden kaynaklanmaktadır. Yine de bazı yaklaşımlar ile bu zorlukları aşmak mümkündür. Oran denklemleri yaklaşımı ile, maksimum kazancı elde etmek için en azından fiber uzunluğu üzerine sinyal ve pompa güçlerinin bağımlılığı araştırılarak optimum fiber kuvvetlendirici uzunluğu belirlenebilmektedir. Ancak, tam bir analiz için maksimum kazanç üzerinde sıcaklığın da etkisinin olduğunu hesaba katmak gerekmektedir.

EKFK'ler fiber-optik haberleşme sistemleri için üçüncü pencere olarak adlandırılan 1550 nm dalga boyunda geniş-bantlı (yaklaşık 30 nm) bir ışımaya kuvvetlendirimi sağlarlar. Bu çalışmada, 1480 nm ve 980 nm'de pompalanan bir EKFK'nin sinyal kazancının sıcaklığa bağımlılığı için analitik bir ifade, kuvvetlendirilmiş kendiliğinden yayınım (KKY)'in eklendiği sıcaklık-hassasiyetli yayınım denklemlerini çözerek elde edilmiştir. Bu ifadede, EKFK'lerin sıcaklık-bağımlı kazanç karakteristiklerinin sadece tesir kesitlerindeki değişimden değil, aynı zamanda Stark etkisi ile yarılan yarı kararlı seviyedeki ($^{4}113/2$) iyon doluluklarının sıcaklık-bağımlı dağılımlarından meydana geldiği gösterilmiştir. Bu dağılımın Boltzmann yasası ile yayınım denklemlerinin içerisine eklenmesi sağlanmıştır. Nümerik hesaplamalar, -20 °C'dan + 60 °C'a kadar değişen sıcaklık bölgesi ve çeşitli fiber uzunlukları için yapılmıştır. Kazancın, 1480

nm pompalama için 24 m'lik ve 980 nm pompalama için 13 m'lik fiber uzunluğu içerisinde sıcaklığın artması ile azaldığı görülmüştür. Diğer, ilgi çekici nadir-toprak katkılı fiber kuvvetlendirici, dalga boyları ikinci pencerede ve hemen hemen tüm uzun mesafeli optik haberleşme ağlarında kullanılan 1300 nm iletim sistemlerinde başlıca cihaz olan praseodimyum-katkılı fiber kuvvetlendirici (PKFK)'lerdir. Fluorid konakçıya katılan Pr³⁺'nin enerji seviyeleri sıcaklık-hassasiyetli oran denklemleri aracılığı ile modellenmiştir. 1017 nm'de pompalanan bir PKFK'nin sinyal kazancının sıcaklığa bağımlılığı

için analitik ifadeler oran denklemlerini çözerek elde edilmiştir. Kazancın sıcaklığa bağımlılığının ${}^3F_3-{}^4F_3$ seviyelerindeki Pr³⁺ iyonlarının doluluk dağılımına kuvvetlice bağımlı olduğu gösterilmiştir. Nümerik sonuçlar 0 °C, 20 °C ve 40 °C için verilmiştir.

Yüzyılımızın teknolojisi olarak görülen fotonun önemli bir elemanı olan fiber kuvvetlendiricilerin sıcaklık bağımlı tasarımı ve optimizasyonunun incelendiği bu çalışmanın ödüllendirilmesi ile, adayı ülkemizin bilim hayatına katkıda bulunacak daha başka benzer nitelikte çalışmalar yapmaya özendirileceği ümit edilmektedir.



Dr. Cüneyt BERKDEMİR'in ödüle ilişkin yaptığı konuşmadan bir görünüm.