

Femtosaniyeden milisaniyelere: Fiber lazerler ile lazer-malzeme etkileşim fiziğinin kontrolü

Koray EKEN, FiberLAST A.Ş.

2000'li yıllarda müthiş bir gelişim gösteren fiber lazerler, düşük maliyetleri, zorlu çevresel koşullarda çalışabilmeleri ve yüksek güçlere çıkabilmeleri gibi avantajlarıyla lazer sektöründe düzen bozucu (disruptive) bir teknoloji olarak belirdiler [1, 2]. 2013 verilerine göre endüstriyel lazer pazarında fiber lazerlerin payı %30'u aşmıştır. Lazer pazarının %70'ini malzeme işleme uygulamaları oluşturmaktadır. Lazer-tabanlı malzeme işleme sistemleri 2012 yılında 10.2 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Bunun içinde lazer kaynaklarının payı 3.1 milyar dolardır. Bunların arasında fiber lazerler pazarının büyüme hızı son 4 yılda ortalama %18 olarak gerçekleşmiştir ki, bu sektör büyüme hızından daha fazladır [3].

Lazer-tabanlı malzeme işleme sistemlerinde dünya pazarında önemli paya sahip olan, lazer kaynaklarının neredeyse tamamını ithal eden Türkiye için bu gelişmelerin önemi büyüktür. Sanayide kullanılan lazerlerin büyük çoğunluğu sürekli ışımaya yapan (CW) ve nanosaniye atımlı lazerlerdir [4]. Ancak, fiber lazerlerin pratik avantajları sayesinde, ultrakısa olarak bilinen, pikosaniye ve femtosaniye atımlar araştırma laboratuvarlarından çıkarak sanayiye transfer olmaktadır. Lazerlerin, metal, yarıiletken veya (biyolojik doku dahil) diyalitik malzemelerle etkileşiminde, femtosaniyeden milisaniyelere kadar 12 büyüklük mertebesinde tarayan bir zaman skalasında çok zengin fiziksel etkileşim rejimleri mevcuttur [4-6].

Bu konuşmada lazer-malzeme etkileşiminin zengin fiziği gözden geçirilecek ve esnek mimarileri sayesinde femtosaniyeden CW'ya kolaylıkla adapte olabilen fiber lazerlerle bu etkileşim fiziğinin nasıl uygulamaya göre manipule edilebileceği spesifik örnekler üzerinden tartışılacaktır. Bu bağlamda dünyada ilk kez Bilkent Üniversitesi ile birlikte bizim geliştirmiş olduğumuz küme modlu fiber lazer anlatılacaktır [7]. Küme modu, lazer-malzeme işleme sırasında termal etkilerin çok etkin olarak kontrol edilmesine olanak sağlayan ve lazerden atımların eşit aralıklı değil, dar aralıklı atımlar içeren kümeler halinde üretilmesi anlamına gelen bir çalışma modudur, ancak bu mod daha önce sadece pikosaniye atımlı katı hal lazerlerde gösterilmiş idi [8]. Fiber lazerlerin pratik avantajlarının yanısıra diyalitik malzemelerin işlenmesi için gerekli olan femtosaniye atım uzunluklarıyla küme-modu sonuçları ilk kez sunulacaktır.

Konuşmanın son kısmında, fiber lazer teknolojisinin, 3B baskılama, sensör [9], medikal ve savunma uygulamalarına [1, 2, 6] değinerek, bu kapsamlı uygulama spektrumunun, neden spesifik bir lazer tipi olmanın ötesine geçerek, stratejik bir teknolojik kapasiteye dönüşmekte olduğuna değineceğiz.

[1] Richardson, D. J., Nilsson, J., Clarkson, W. A. High power fiber lasers: current status and future perspectives. *J. Opt. Soc. Am. B* 27, B63–B92 (2010).

[2] Nilsson, J., Payne, D. N. High-power fiber lasers. *Science* 332, 921–922 (2011).

[3] Optech Consulting, 2012 industrial laser systems market trends, www.optech-consulting.com.

[4] Steen, W., Mazumder, J., *Laser material processing*, Springer 2010.

[5] Sugioka, K., Meunier, M., Piqué, A. (Eds.), *Laser precision micromachining*, Springer 2010.

[6] Braun, M., Gilch, P., Zinth, W. (Eds.), *Ultrashort laser pulses in biology and medicine*, Springer 2008.

[7] Kalaycioglu, H., Eken, K., Ilday, F. Ö., Fiber amplification of pulse bursts up to 20 μ J pulse energy at 1 kHz repetition rate. *Opt Lett* 36, 3383–3385 (2011).

[8] Lapczynya, M., Chen, K. P., Herman, P. R., Tan, H. W., Marjoribanks, R. S. Ultra high repetition rate (133 MHz) laser ablation of aluminum with 1.2-ps pulses. *Applied Physics A: Materials Science & Processing* 69, 883–886 (1999).

[9] Berkovic, G., Shafir, E., Optical methods for distance and displacement measurements, *Adv. Opt. Photon.* 4, 441-471 (2012).