

Optik Frekans Metrolojisi ve Uygulamaları

R.Hamid¹, Ç.Şenel¹, C.Erdoğan¹, M.Çelik¹, D.Şendođdu¹, E.Şahin¹, F.Ö.İlday²

¹TÜBİTAK UME

²Bilkent Üniversitesi

ramiz.hamid@tubitak.gov.tr

Son on yılda femtosaniye lazer tarağı üreteçleri yoğun bir şekilde araştırılmakta olup optik frekans metrolojisinde, spektroskopide, düşük gürültülü optik osilatör uygulamalarında çok önemli bilimsel ve teknolojik gelişmelerin sağlanmasına sebep olmuştur. Uygulama ihtiyaçlarına bağlı olarak geniş (500 – 2000 nm), spektral aralıklarda atımlı (10 - 200 fs) lazer tarakları üretilmekte ve araştırılmaktadır.

Bu çalışmada lazerlerin mutlak frekans ölçümü için geliştirdiğimiz Yb fiber lazer tarağı sistemi ile ilgili sonuçlar verilerek lazer taraklarının optik frekans metrolojisindeki uygulamaları sunulacaktır. Deneysel olarak 33 fs atımlı ve 600 – 1600 nm dalgaboyu aralığında çalışan Yb fiber lazer temelli frekans tarağı geliştirelimiş, parametreleri yapılan simülasyonlarla karşılaştırılmıştır. Kurulan lazer tarağının ofset ve tekrarlama frekansları Cs atomik saatinin 10 MHz referans frekansına kilitleyerek 1s – 1 gün ortalama zaman aralığında 2×10^{-11} – 2×10^{-14} frekans kararlılığına sahip optik frekans sayıcı geliştirelimiştir. Lazer osilatörden, optik yükselteçten, darbe sıkıştırıcıdan, geniş lazer spektrumunu üreten fotonik fiber kristalinden (PCF), lazer ofset frekansının kilitlemesinde kullanılan interferometreden, lazer frekansının kilitlemesinde kullanılan elektronik sistemden oluşan lazer tarağı ile 350 mW - 9 W arasında ortalama güç değerine sahip lazer atımları üretilerek 33 – 200 fs arasında sıkıştırılmış ve farklı PCF'lerin kullanımıyla 600 – 1750 nm aralığında geniş spektrumlu lazer ışınları üretilerek araştırılmıştır.

Geliştirilen Yb lazer tarağının optik frekans metrolojisi uygulaması olarak frekansı I₂ moleküllerinin R(56)32-0 enerji geçişinin a₁₀ rezonansına kilitlemiş Nd:YAG/I₂ (1064 nm) lazerinin frekansı (281 630 111 757 442 ± 333) Hz olarak ölçülmüş ve sonuçların uluslararası ölçüler ve ayarlar komitesinin (CIPM) bu geçiş için belirlediği (281 630 111 756 500 ± 5 000) Hz değeriyle ve Ti:Sa frekans tarağı ile yapılan ölçümlerle çok iyi uyum içinde olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç ile TÜBİTAK UME ve Bilkent Üniversitesi ekibinin ortak çalışması kapsamında geliştirdiği Yb lazer tarağı hem Max-Planck Enstitüsü ve Menlo System firmasının ortak geliştirdiği Ti:Sa lazer tarağı ile başarılı bir şekilde karşılaştırması sağlanmış hem de yapılan hassas ölçümlerin CIPM değerleri içinde kaldığı gösterilerek sistemin uluslararası verilerle kontrolü ve uyumu sergilenmiştir.

Diğer uygulamalar olarak, mutlak frekansları Yb ve Ti:Sa lazer tarağı ile ölçülen diyot, He-Ne/I₂ ve Nd:Yag/I₂ lazerler ve optik interferometre ile < 200 nm belirsizlikle 1 m uzunluğundaki master blokların ölçümü yapılmıştır. Diferansiyel optik Fabry – Perot interferometresi ve frekansları interferometre boyutlarına kilitlemiş dış kavite diyot lazerler ile dinamik aralığı 1 µm olan yer değişimler <10 pm belirsizlikle ölçülmüş ve geliştirilen sistem Si atomlar arası mesafesini esas alan X-ray interferometresi ile karşılaştırılmıştır. Son uygulama olarak frekansı Cs atomlarının D₂ enerji geçişlerine kilitli ve comb ile ölçülmüş lazerler ile atomik gazlarda koherent etkenlere dayalı radyo-optik rezonanslar araştırılmış, RF ve mikrodalga güç ölçümlerine uygulaması yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Yb fiber lazer, femtosaniye frekans tarağı, mutlak optik frekans ölçümü, uzunluk ve yer değişim ölçümü, interferometre, radyo-optik atomik rezonanslar, Nd:YAG ve diyot lazer.

Kaynakça

1. Diddams S. A., JOSA B, Vol.27, No. 11, B51-B62, (2010).
2. Z. Zhang, Ç. Şenel, R. Hamid, F.Ö. İlday, Optics Letters, Vol. 38, No. 6, (2013).
3. Ç. Şenel, R. Hamid, C. Erdoğan, M. Çelik, O.Kara, F.Ö.İlday, CLEO,(2013).
4. S.Çakır, R.Hamid, M.Çetintaş, G.Çakır, O.Şen, IEEE Sen.J. Vol.12, No.7, (2012).
5. E.Şahin, R.Hamid, C. Birlikseven, G. Özen, A.Ch.Izmailov, Laser Phys. Vol.22, No.6, (2012).
6. M.Çelik, R.Hamid, U. Kuetsgens, A.Yacoot, Meas.Sci.Techn., Vol. 23, pp. 085901-6, (2012).