

Frekansý Stabilize Kuantum Osilatörler ve Uygulamaları

Ramiz Hamid, Çađrı Őenel, Mehmet Çelik, Ersoy Őahin,
Cihangir Erdoğan, Damla Őendođdu, Adem Gedik, Mesut Yođun, Mustafa ÇetintaŐ

TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME), Gebze, Kocaeli, Türkiye

ramiz.hamid@tubitak.gov.tr

Bilim, teknoloji, metroloji ve konumlama (navigasyon) gibi alanlarda oluŐan ihtiyaçlar ve geliŐmeler neticesinde son yüzyılda stabil peryotlu elektromanyetik sinyaller üreten osilatörlerin frekans kararlılığı 10^{-8} seviyelerinden 10^{-18} seviyelerine ulaŐmıştır. ÇıkıŐ sinyalinin frekansındaki kararlılık $(\Delta f / f) = 10^{-8}$ olan kuars osilatörler, elektronik cihazların vazgeçilmez parçası ve özellikle saatlerin kalbi olarak bilinmekte olup bahsi edilen frekans kararlılığı Yer küresinin kendi eksenini dönüŐ periyodunun kararlılığı ile aynı mertebededir. Temel sabitlerin hassas ölçülebilmesi, gravitasyon dalgalarının algılanması, hassas jeodesi, uzay araŐtırmaları ve konumlama, yüksek hızdaki haberleŐme ihtiyaçlarının karŐılanması kuars osilatör frekansının atomların enerji geçiŐlerine kilitlenmesi ile artan frekans kararlılığı sonucunda elde edilen atomik saatlerin üretimi ve kullanılmasıyla baŐlamıştır. Günümüzdeki Rb, Cs, H atomik saatlerinin frekans kararlılığı 10^{-11} - 10^{-16} olup mikrodalga-atom-lazer kuantum etkileŐimi sonucunda elde edilebilmektedir. SI birimi saniyenin ve zaman ölçėđi UTC'nin üretiminde kullanılan 1×10^{-16} seviyesindeki mikrodalga Cs ve Rb atomik fiskeye saatleri atomların stabilize lazerler ile soğutulması sonucunda üretilmektedir. Lazer frekansının atomların enerji geçiŐlerine kilitlenebilmesi optik saatlerin geliŐtirilmesini baŐlatmıştır. Günümüzde 10^{-18} seviyesinde olan optik saatler sođutulmuŐ Sr atomlarına ve aynı zamanda Fabry-Perot kavitelere kilitlenmiŐ lazerlerle elde edilmektedir. 500 THz frekansa sahip lazerler ile saat üretimi ise femtosaniye comb ile faz kilitlenmesi sonucunda yapılmaktadır. Bilindiđi gibi 1×10^{-18} seviyesindeki frekans kararlılığına sahip optik saatler en hassas kuantum osilatörü olup ve en az ölçüm belirsizliğine sahip teknoloji ürünüdür.

Bu çalıŐtayda frekansý stabilize mikrodalga ve optik kuantum osilatörlerin bilim ve teknolojiadaki önemi vurgulanarak literatürde bilinen baŐarılı örnekler gösterilecek ve TÜBİTAK UME'de konu ile ilgili yapılan çalıŐmalar ve elde edilen sonuçlar sunulacaktır. Frekansý Rb, Cs, H atomların enerji geçiŐlerine kilitlenmiŐ kuantum osilatörlerle yapılan atomik saatler sunularak onların konumlama ve jeoloji uygulamalarındaki önemi, UTC ve ulusal zaman UTC(UME) ölçėđinin üretimindeki uygulaması anlatılacaktır. Burada ayrıca, TÜBİTAK UME'de tasarlanarak yapılan klasik ve fotonik Rb atomik saati ile ilgili ön sonuçlar ve yeni baŐlayan Sr optik saat faaliyeti hakkında bilgiler sunulacaktır. Sunumun ikinci kısmında 532 - 3390 nm dalgaboyu aralığında lazer kaynaklarının Cs, Rb atomları ve I₂, CH₄ moleküllerinin enerji geçiŐlerine kilitlenmesiyle geliŐtirdiđimiz optik kuantum osilatörleri ve uygulamaları gösterilecektir. TÜBİTAK UME'de geliŐtirilen ve frekansý Cs atomik saatine kilitli Yb femtosaniye Comb (33 fs, 700 – 1500 nm) ile ilgili sonuçlar gösterilecektir. Femtosaniye Er lazeriyle düşük faz gürültülü (<150 dBc) RF-MW sinyalinin (78 MHz, 10 GHz) üretimi ve analizi sunulacaktır. Sunumun son kısmında ise stabilize kuantum osilatörler ile <5 pm belirsizlikle yerdeđiŐim ölçümleri, <100 nm belirsizlikle 1 m mutlak uzunluk ölçümü ve son olarak lazer-atom-mikrodalga etkileŐimi ile 9.2 GHz mikrodalga alan Őiddeti ölçüm sonuçları gösterilecektir.