Sürdürülebilir Nanofotonik Teknolojileri için Nanoparçacıkların Kendinden Dizilimi

Talha Erdem

Abdullah Gül Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, 38080 Kayseri

Teknolojinin pek çok alanında olduğu gibi, nanofotonik ve optoelektronik alanında da var olan teknolojilere alternatif olacak yenilikçi yöntemlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Ekibimiz bu amaçla DNA takılı nanoparçacıkların kendinden dizilimi ile nanofotonik yapıların üretimi üzerinde çalışmalar yürütmektedir. Çalışmalarımızda harici bir ışık kaynağı kullanılarak DNA etkileşimi ile birbirine bağlı yapıların optik geçirgenliği başarıyla kontrol edilmiştir. Diğer bir çalışmamızda ise harici manyetik alan uygulanması ile yine DNA etkileşimi ile birbirine tutturulmuş supra-parçacıkların ışıma polarizasyonun kontrol edildiği gösterilmiştir. Bu çalışmalarımızın DNA temelli akıllı kendinden dizilim tekniği ile yenilikçi nanofotonik uygulamaların önünü açacağına inanıyoruz.

Birleşmiş Milletler'in ilan ettiği sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda yenilikçi ve sürdürülebilir nanofotonik uygulamalar üzerinde yoğunlaşmış durumdayız. Grubumuz, nanoparçacıkların DNA-DNA etkileşimi ile kontrollü şekilde kendinden dizilimi, onların kontrollü şekilde birbirine bağlanması ve üretilen yapıların optik özelliklerinin kontrol edilmesi üzerine çalışmaktadır.

İlk çalışmamızda, DNA-DNA etkileşiminin sıcaklığa bağlılığından yararlanılmıştır. Çift zincir DNA molekülü, aslında hidrojen bağı ile birbirine bağlı, eşlenik baz zincirine sahip iki farklı tek zincir DNA molekülünden oluşmaktadır. Ortamın sıcaklığı artırıldığında hidrojen bağları kırılarak, çift zincir şeklindeki DNA molekülü, iki adet tek zincir DNA molekülüne ayrılır. Sıcaklık düşürüldüğünde ise yeniden birleşme gerçekleşir. Çalışmamızda, birleşme-ayrılma sürecinin sıcaklık değiştirilerek değil, harici bir ışık kaynağı yardımıyla kontrol edilmesi ve ışık geçirgenliğinin değiştirilmesi üzerine yoğunlaşılmıştır [1]. Bu amaçla 20 nm çapındaki altın nanoparçacıkları sentezlenmiş, ardından bu parçacıklara tiyol grubu ile işlevselleştirilmiş tek zincir DNA molekülleri takılmıştır. Nanoparçacıklar işlevselleştirilirken, malzemeler iki farklı gruba ayrılmış ve birbirine eşlenik iki DNA zinciri seçilmiştir. DNA takılı altın nanoparçacıkların karıştırılması ile bu malzemelerden bir nanoparçacık ağı başarıyla üretilmiştir. Ardından bir lazer ışını kullanılarak nanoparçacık ağı yerel olarak ısıtılmış, böylece birbirine bağlı altın nanoparçacıkları ayrılarak ağ dağıtılmıştır. Bunun sonucunda da yapının optik geçirgenliği %30 oranında artırılmıştır. Optik mikroskop görüntüleriyle de lazer ışını ile aydınlatılan bölgede net bir açılma tespit edilmiştir. Böylece harici bir etkiyle altın nanoparçacıklardan oluşan ağın optik geçirgenliği aktif olarak kontrol edilebilmiştir.

Optik özelliklerin aktif olarak kontrol edilmesini amaçlayan diğer bir çalışmamızda [2], yarı iletken kuantum noktacıkları ve manyetik nanoparçacıklardan supra-parçacıklar oluşturulmuştur. Ardından bu parçacıklara bakırsız klik kimyası yoluyla eşlenik tek zincir DNA molekülleri tutturulmuştur. İki tip supra-parçacığın karıştırılması ile manyetik supra-parçacıklar, yarı iletken kuantum noktacık içeren supra-parçacıklara bağlanmıştır. Böylece melez bir parçacık ağı oluşturulmuştur. Bu parçacık ağına harici bir manyetik alan uygulanarak, manyetik parçacıklar, manyetik alan doğrultusunda dizilmeye zorlanmıştır. Bu sayede yarı iletken kuantum noktacıklardan çıkan ışığın çizgisel polarizasyonu başarıyla değiştirilebilmiş, polarizasyon oranı 1,9'a çıkarılabilmiştir. Bu çalışmayla ışımanın harici bir etkiyle aktif olarak kontrol edilebileceği başarıyla gösterilmiştir.

Kısaca özeti yukarda verilmiş çalışmalarımızın yenilikçi fabrikasyon yöntemlerine ve nanofotonik yapıların yenilikçi uygulamalarına kapı aralamasını beklemekteyiz.

Kaynakça

1. Z. Şenel, K. İçöz, T. Erdem, "Tuning optical properties of self-assembled nanoparticle network with external optical excitation", J. Appl. Phys. **129**, 153106 (2021).
2. T. Erdem vd. "Magnetically controlled anisotropic light emission of DNA-functionalized supraparticles", (hakem değerlendirmesinde).