



# Tek Sarmal DNA-Manyetik Nanoparçacık Etkileşiminin Manyeto-Optik Doğrusal Çift Soğrulma ile İncelenmesi

## Investigation of Single Stranded DNA -Magnetic Nanoparticle Interaction by Magneto-Optical Linear Dichroism

Selma Önal Köklü<sup>1</sup>, İsmail Yarıçı<sup>1</sup>, Yavuz Öztürk<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye  
[selmaonalkoklu@gmail.com](mailto:selmaonalkoklu@gmail.com), [yariciismail@gmail.com](mailto:yariciismail@gmail.com), [yavuz.ozturk@ege.edu.tr](mailto:yavuz.ozturk@ege.edu.tr)

**Özetçe**— Bu çalışmada üretimi yapılan manyetik sıvının tek sarmal DNA ile etkileşimi manyeto optik çift soğrulma (MOCS) sistemi tasarlanarak incelenmiştir. Ortak çöktürme yöntemi ile üretilen Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> yapısındaki nanoparçacıkların yapısal, manyetik ve parçacık boyutu dağılımı analizi yapılmıştır. Bu parçacıklar oleik asit ve TMA ile su ve etil alkol içinde kaplanmıştır. Üretilen manyetik sıvı ile tek sarmal DNA etkileşimi sonucunda, uygulanan manyetik alan altında sıvının doğrusal soğrulma özelliğinin değişimi gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar MOCS etkisi ile tek sarmal DNA algılayıcı sistemi geliştirilebileceğini göstermiştir

**Anahtar Kelimeler** —Manyeto-optik Doğrusal Soğrulma; tek sarmal DNA; manyetik sıvı.

**Abstract**— In this study, interaction of produced magnetic fluid with single stranded DNA was investigated by using designed magneto-optical linear dichroism (MOCS) system. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nanoparticles, produced by using co-precipitation method were characterized by means of structure, magnetic, and size distribution. These nanoparticles coated with oleic acid and TMA in water and ethanol. Change of the linear dichroism property of fluid under applied magnetic field was observed due to the interaction of produced magnetic fluid with single stranded DNA. Obtained results were shown that it is possible to develop a single strand DNA sensor by using MOCS effect.

**Keywords** — Magneto-optical linear dichroism; single stranded DNA; magnetic fluid.

### I. GİRİŞ

Nanoteknoloji, birçok sağlık hizmeti ve yaşam bilimi

alanında bilim insanları için hücresel boyutta ve molekül düzeyindeki üretimlerinde önemli avantajlar sağlamıştır [1]. Bu malzemelerin nanoboyut seviyesinde nanotaşıyıcılar, nanosensörler ve kendine özgü yüksek işlevselliğe sahip minyatürleştirilebilir olması nanoteknoloji ve nanoparçacıklar üzerine olan ilginin artmasına neden olmuştur [2]. Günümüz biyomedikal teknolojilerinde nanoparçacıkların tanı ve tedavi sistemlerinde kullanımını artmaktadır [3]. Örneğin nano parçacıklar biyomedikal alanda kanser tanı ve tedavisinde, hipertermiya, DNA bulma, DNA izolasyonu, manyetik rezonans görüntüleme, doku tedavisi gibi uygulamalarda kullanılmaktadırlar [4].

Nano-boyutlu malzemeler makro boyuttaki hallerine göre farklı mekanik, optik, elektronik ve manyetik özellikler gösterirler. Polarizasyona bağlı manyeto-optik etkileri dairesel çift soğrulma, doğrusal çift soğrulma, dairesel çift kırıcılık, doğrusal çift kırıcılık olarak sayılabilir. Bu etkilerden çift soğrulma etkisi ışığın polarizasyon durumuna göre farklı soğrulmasını ifade eder. Bu etkilerden özellikle manyeto-optik olmayan dairesel çift soğrulma (CD) protein ve DNA gibi moleküllerin araştırmalarında kullanılmaktadır. Ancak DNA ile ilgili bu araştırmalar mor-ötesi (UV) bölgede sonuç vermektedir. Bu çalışmada özel optik elemanlar gerektiren UV bölgesi yerine 500-1000nm aralığında ölçüm alınmıştır.

Yapılan çalışmada üretimi yapılan manyetik nanoparçacıkların yapısal tayini, parçacık boyut analizi, karakterizasyonu ve manyetik özellikleri incelenmiştir.

## Biyomedikal Optik

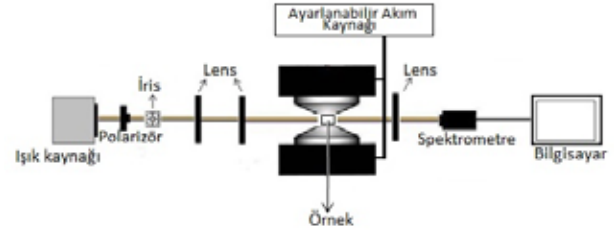
3. Gün / 29 Ekim 2016, Cumartesi

Üretilen nanoparçacıklar su içinde oleik asit ve TMA yapısı ile kaplanmış ardından bunların tek sarmal DNA ile etkileşiminin doğrusal çift soğrulma özellikleri araştırılmıştır. Bu incelemeler için laboratuvarımızda manyeto-optik doğrusal çift soğrulma (MOCS) ölçüm sistemi tasarlanmıştır. Sistemimiz görünür ışık bölgesi ve yakın kızıl altı bölgesinde çalışmaktadır. Çalışmalarımız yüzey aktif malzemeyle kaplanan nanoparçacıklar ile DNA etkileşimi sonucunda oluşan yapının manyetik alan uygulandığında doğrusal soğrulma özelliğinin değiştiğini göstermiştir.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

Manyetik nanoparçacık sentezi için “ortak çöktürme” yöntemi kullanıldı. Üretim sırasında ilk olarak molar oranları 1:2 olacak şekilde  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  (0,01mol) saf su içinde ve  $FeCl_2 \cdot 4H_2O$  (0,02mol) 1M HCl çözeltisi içinde ayrı ayrı çözeltiler halinde farklı kaplarda hazırlandı. Hazırlanan çözeltiler azot gazı ortamında 30 dakika karıştırıldıktan sonra karışımın içine pH değerini ayarlamak ve sentezin devamlılığını sağlamak için amonyum eklendi. Çözelti için optimum kabul edilen pH değeri 10 olana kadar amonyum eklendi. Kimyasal reaksiyon oluşmaya başladıktan 15 dakika sonra çözeltiyi, parçacıkların yüzey yük yoğunluğunun azalmasını ve parçacıkların kümeleşme şeklinde bir araya gelerek toplanmasını önlemek için %5 amonyum çözeltisi ile 3 defa yıkandı. Dibe çöktürülen manyetik parçacıkların bir kısmı tetrametilamonyum (TMA) ve oleik asit kaplanarak saf su içinde askıda bırakıldı. Sentezlenen nanoparçacıkların yapısal analizi, nanoparçacıkların sıvı içindeki boyut dağılımı ve nanoparçacıkların manyetik ve optik özellikleri sırasıyla X-ışınları Difraksiyonu (XRD), Dinamik Işık Saçınımı (DLS) ve Titreşim Örnek Manyetometresi (VSM) cihazları kullanılarak karakterize edildi.

Üretilen manyetik ve tek sarmal DNA-manyetik nanoparçacıkların farklı manyetik alan değerlerinde paralel ve dik polarizasyona bağlı değişimini incelemek amacıyla bu çalışma için tasarlanmış manyeto optik deney düzeneği kullanıldı. Geniş dalga boyu aralığında yayın yapan ışık kaynağından çıkan ışık polarizör kullanılarak polarize edildi. Lens sistemleriyle ışık örnekten geçirilerek spektrometreye ulaştırıldı. Ayarlanabilir akım kaynağı ve kontrollü elektromıknatıs ile manyetik alan üretildi.

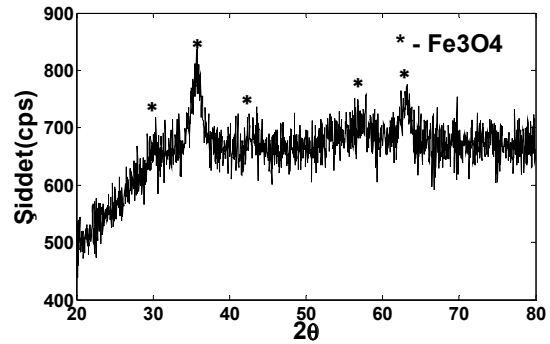


Şekil 1. Deney düzeneğinin şeması

Polarizasyon yönüne ve manyetik alan değerlerine bağlı olarak ışığın sıvı içinden geçiş miktarları spektrometre yardımıyla 500nm-1000nm dalgaboyu aralığında ölçüldü.

## III. DENEYSEL SONUÇLAR

Üretilen manyetik nanoparçacıkların yapısal analizleri Philips Expert 1830 kırınımölçer (difraktometre) kullanılarak alındı. Kullandığımız örneğe ait XRD faz bilgileri aşağıdaki şekilde verilmiştir. Bu faz değerleri sırayla (220), (311), (400), (511) ve (440) yönelmelerine sahiptir. Şekil 2’de görüldüğü gibi  $Fe_3O_4$  yapısına ait fazlar bulunmaktadır.



Şekil 2. Manyetik nanoparçacıkların X-ışını kırınım deseni

Solüsyon içindeki manyetik nanoparçacıkların boyutları ve dağılımları Zetasizer 4 Nano S-Malvern boyut ölçüm cihazıyla tespit edildi. DLS sonuçlarına göre, üretilen manyetik parçacık boyutu 34 nm ve standart sapması 17 nm olarak belirlendi.

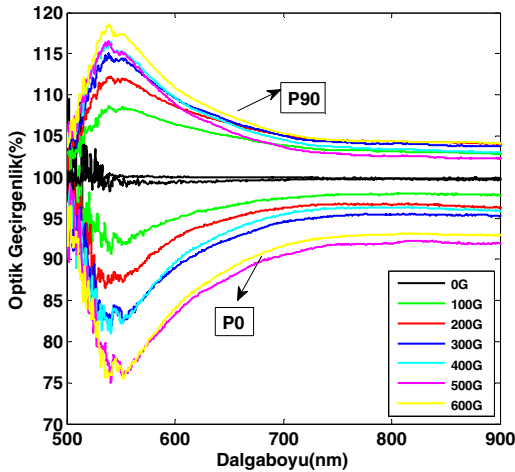
Nanoparçacıkların manyetik analizi için Lakeshore 736, 7400 VSM cihazı kullanıldı. Yapılan ölçümler sonucunda koersivite özelliğinin düşük olduğu ve parçacıkların süperparamanyetik davranış gösterdiği görülmektedir. Çalışmamızdaki parçacığın doyum manyetizasyon değeri 62 emu/g olarak bulundu. Doyum manyetizasyon değeri katı  $Fe_3O_4$  (makro boyutta) için 93 emu/gr’dır [5]. Nanoparçacıklar için genelde doyum manyetizasyonu katı olanından daha küçüktür. Bunun

## Biyomedikal Optik

3. Gün / 29 Ekim 2016, Cumartesi

sebeplerinden biri de nanoparçacıkların yüzeylerinde bulunan manyetik olmayan katmanın manyetizasyona olumsuz etkisi olarak açıklanır [5].

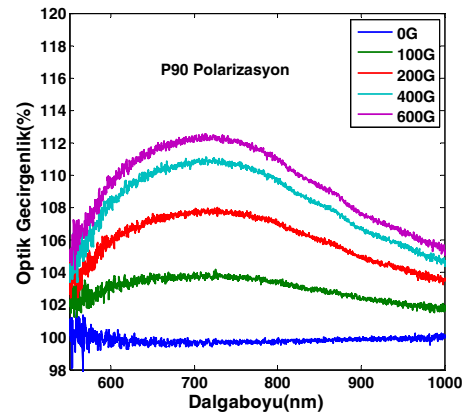
Oleik asit ve etil alkol ile hazırlanan manyetik sıvı karışımı için optik geçirgenlik deneyi Şekil 3'de görüldüğü gibi yapıldı. Manyetik alan altında uygulanan manyetik alan yönüne dik (P90) ve manyetik alana paralel (P0) polarizasyonda ışık geçişinin farklı olduğu görülmektedir. Dolayısıyla manyeto-optik doğrusal soğrulma etkisi açık şekilde görülmektedir. Bu konuda yapılan bir çok çalışmada bu etki manyetik alan altındaki parçacıkların zincir yapı oluşturmasıyla açıklanır [6]. Zincir yapı oluşturan manyetik nanoparçacıklar arası elektrik dipol etkileşimleri farklı soğrulmalara sebep olmaktadır.



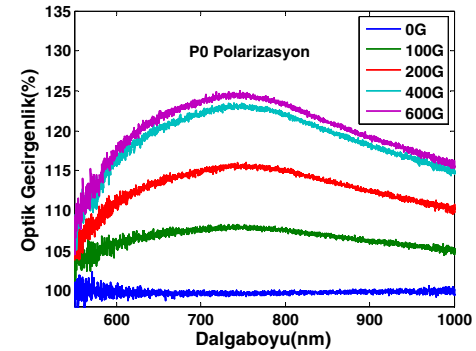
Şekil 3. Oleik asit ve etil alkol içeren sıvının, farklı manyetik alan değerleri için manyetik alana dik ve paralel polarizasyonlarda optik geçirgenliğinin dalga boyuna göre değişimi

Ölçümü yapılan manyetik sıvı içine 20 mg tek sarmallı ringa balığı DNA'sı karıştırıldı. Manyetik sıvıya 20 mg tek iplikli DNA eklendiğinde farklı manyetik alan değerlerinde polarizasyona bağlı optik geçirgenlik değişimi Şekil 4 ve Şekil 5'de gösterilmektedir. Optik geçirgenlik aynı dış manyetik alan altında polarizasyona bağlı olarak farklı değerlerde artmaktadır. Örneğin 400G dış alan altında P0 polarizasyonu optik geçirgenliği en fazla %123 iken P90 için bu değer %111'de kalmıştır. MOCS etkisinin tek sarmal DNA eklenmesi ile farklı şekilde geliştiği görülmektedir. Bu durum tek sarmal DNA ile manyetik nano-parçacık etkileşimi sonucu zincir yapı oluşumunun engellenmesi ile açıklanabilir. Manyetik alan altında optik geçirgenliğin her iki polarizasyon durumunda arttığı görülmektedir. Şekil 3'te

görülen zincir yapıların oluşumu ile açıklanan optik soğrulma artışı, Şekil 5'te P0 polarizasyonda ortadan kalkmıştır. Bu durum manyetik sıvı içindeki nanoparçacıkların ışığı dağıtıcı ve soğurucu etkisini azaltması sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sonuçların olası açıklaması parçacıklar arası etkileşimin tek sarmal DNA etkisiyle zincir yapı yerine farklı toparlanma durumları oluşturması ve ışık yolunu açmasıdır. Bu toparlanma durumunun polarizasyona bağlı olarak ışık geçişini etkilediği açıktır.



Şekil 4. P90 polarizasyonda 20mg tek iplikli DNA içeren manyetik sıvının dalgaboyuna bağlı optik iletimi



Şekil 5. P0 polarizasyonda 20mg tek iplikli DNA içeren manyetik sıvının dalga boyuna bağlı optik iletimi .

## IV. SONUÇ

Manyetik nanoparçacıklar ortalama parçacık boyutu 34 nm ve doyum manyetizasyonu 62 nm olacak şekilde üretilmiştir. Kurulan sistem ile MOCS etkisi tek sarmal DNA olan ve olmayan manyetik sıvılarda incelenmiştir. Manyetik alan şiddetine bağlı olarak MOCS etkisinde farklılıklar gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar MOCS



## Biyomedikal Optik

3. Gün / 29 Ekim 2016, Cumartesi

etkisi ile DNA miktar analizi yapılabilecek şekilde bir sistem geliştirilebileceğini göstermektedir.

### KAYNAKÇA

- [1] Hernandez , R. E., Baeza , A., & Regi , M. V., "Smart Drug Delivery through DNA/Magnetic Nanoparticle Gates." *ACS Nano*, s.1259-1264. 2011.
- [2] Coey, J. D. Magnetism and Magnetic Materials. Cambridge University Press., *Cambridge*, 2009.
- [3] Pooja, M. T., Komal, V., Vida, A. D., & Shree, R. S. "Functionalized Gold Nanoparticles and Their Biomedical Applications." *Nanomaterials*, s.31-63 ,2011.
- [4] Melancon, M., & Lu, W. "Gold-Based Magneto-Optic Nanostructures: Challenges for In Vivo Applications in Cancer Diagnostics and Therapy." *Mater Res. Bull.*, s.415-421 ,2009
- [5] Cao, S. W., Zhu, Y. J., & Chang, J. "Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> polyhedral nanoparticles with a high magnetization synthesized in mixed solvent ethylene glycol-water system." *New J. Chem.*, s.1526-1530 ,2008
- [6] Xu, M., & Ridler, P. J., "Linear dichroism and birefringence effects in magnetic fluids." *American Institute of Physics.* ,1997