

Arduino Tabanlı Döndürerek İnce Film Kaplama Sistemi Tasarımı ve MgO İnce Film Üretimi

Arduino Based Thin Film Spin Coating System Design and MgO Thin Film Preparation

Tayyar GÜNGÖR^{1*}, Bahtiyar USLU², Ebru GÜNGÖR¹, Ahmet BÖBREK³

¹Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Burdur

²Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Gölhisar Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Burdur

³Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Burdur

Received (Geliş Tarihi): 27.12.2018, Accepted (Kabul Tarihi): 23.01.2019

Corresponding author (Sorumlu Yazar*): tgungor@mehmetakif.edu.tr

ÖZ

Bu çalışmada Döndürerek İnce Film Kaplama (DIFK) sistemi tasarlanmış ve uygulanabilirliği test edilmiştir. Bunun için Arduino-UNO R2 platformu kullanılarak elde edilen sistem bileşenleri; bir hard disk (HDD) motoru, motor sürücü birimi ve ona entegre edilen dönen bir birimden oluşmaktadır. Tasarımı ve üretimi laboratuvar ortamında gerçekleştirilen DIFK sisteminde altta, uygun adım değerleri ve zaman aralıkları ile 30 saniye süresince 3000 devir/dakika dönüş hızında sabit hızda döndürülebilmektedir. Sistemin özellikleri, cam altta üzerine magnezyum oksit (MgO) ince film biriktirme işlemi için test edilmiş ve üretilen ince filmin beklenen fiziksel özelliklere sahip olduğu gözlenmiştir. Mg kaynağı olarak alkol tipi çözücüler içinde çözünen 0.1M magnezyum asetat tetrahidrat (Mg(CH₃COO)₂.4H₂O) tuzu kullanılmıştır. Ardışık kaplamaların yapılabildiği kendi-tasarım DIFK sistemi ile cam altta üzerine 1, 2, 3 ve 4 kez ardışık MgO ince film biriktirilmiştir. Her bir kaplama sonrası film/altta yapısındaki örnek, 100 °C de 30s süresince ara ısıtmaya tabi tutulmuştur. 300-800 nm aralığında optik geçirgenlik spektrumları elde edilen ince film örneğe ait film kalınlıkları, iteratif bir teknikte tek katmanlı film için 30 nm ve 4 katmanlı film için 119 nm olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Döndürerek ince film kaplama sistemi, MgO ince film, HDD motor kontrol, Arduino Uno

ABSTRACT

In this study, Rotating Thin Film Coating (RTFC) system designed and tested for applicability. System components based on the Arduino-UNO R2 platform consists of a hard drive (HDD) motor, motor drive unit and a rotating unit integrated in it. The substrate can be rotate at a constant speed of 3000 rpm for 30 seconds with appropriate step values and time intervals with the RTFC system designed and produced in the laboratory environment. The properties of the system were tested for magnesium oxide (MgO) thin film deposition process on the glass substrate and it has been observed that the thin film produced has the expected physical properties. 0.1M magnesium acetate tetrahydrate (Mg (CH₃COO)₂.4H₂O) salt, dissolved in alcohols, was used as the source of Mg. MgO thin film was deposited sequentially in a single layer, two layers, three layers and four layers using with the home-made RTFC system where sequential coatings can be made. After each coating process, the sample in the film / substrate structure was subjected to intermediate heating at 100 ° C for 30s. The film thicknesses of the thin film sample obtained from the optical transmittance spectra in the range of 300-800 nm with an iterative technique were calculated as 30 nm for single layer film and 119 nm for four layered film.

Keywords: Spin Coating System, MgO Thin Film, HDD motor control, Arduino Uno

GİRİŞ

Döndürerek ince film kaplama (spin coating) yöntemi, kaynak malzemenin bir altta üzerine homojen ince film formunda kaplanması için yaygın olarak kullanılan, ucuz ve kullanımı kolay bir kaplama yöntemidir (Bianchi ve ark., 2006; Suci ve ark., 2011; Anshu ve ark., 2014; Hossain ve ark., 2014; Balta ve ark., 2015; Peker ve ark., 2015). Bu yöntemde esas olarak bir hız profiline uygun olarak döndürülen altta üzerine damlatılan çö-

zelti, merkezkaç kuvveti sayesinde yüzey üzerine dağılır. Söz konusu işlem tekrarlanarak film kalınlığı artırılabilir ve ayrıca ara tavlama ve/veya ısıl işlem uygulanarak bazı kimyasalların yüzeyden uzaklaştırılması sağlanır. Film kalınlığının, ince film yapısındaki malzemelerin yapısal, optik, elektriksel, manyetik özellikleri üzerine çeşitli etkileri vardır. Bu nedenle ince film yapısındaki malzemelerin katman sayısına bağlı olan özellikleri üzerine pek çok araştırma yapılmaktadır. Bu yöntem sayesinde kompakt disk, manyetik disk ve birçok elekt-

ronik cihazın yüzeylerine katmanlar halinde uygun malzemeler biriktirilebilir.

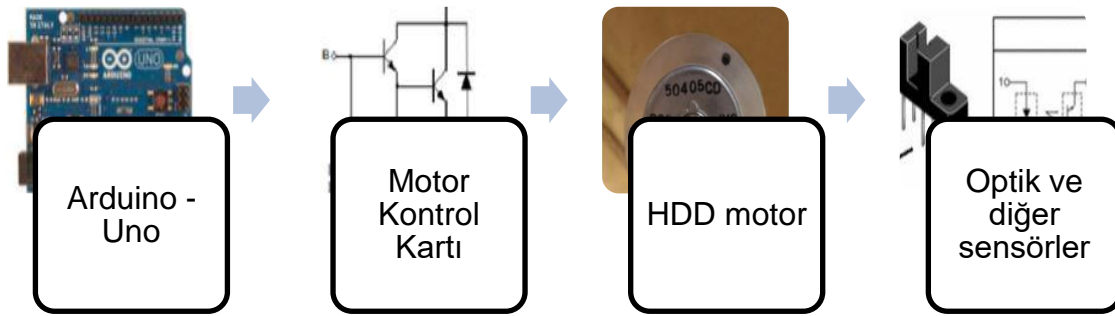
Gelişen teknolojiye paralel olarak programlanabilen entegreler yerini daha kolay kullanıma sahip fiziksel programlama platformlarına bırakmıştır. Bu platformlar, kristal osilatör, girdi/çıkış işlemleri için uygun portlar, farklı besleme gerilimleri (3.3V ve 5 V), analog/sayısal dönüştürücüler ve PWM çıkış vb. birimlerine sahiptirler. En çok tercih edilen platformlardan biri Arduino'dur ve C, C++ dillerinde yazılmış hazır kütüphane fonksiyonları ile oldukça kullanışlıdır (PicProje, 2014; Arduino, 2015).

Bu çalışmada Döndürerek İnce Film Kaplama (DIFK) sistemi tasarlanmış, üretimi gerçekleştirilmiş ve uygulanabilirliği test edilmiştir. Arduino-UNO R2 platformu kullanılarak elde edilen DIFK sisteminin bileşenleri; bir hard disk (HDD) motoru, motor sürücü birimi ve ona entegre edilen dönen bir birimden oluşmaktadır. Bu sistemde; alttaşın, uygun adım değerleri ve zaman aralıkları ile 30 saniye süresince 3000 devir/dakika dönüş hızında sabit hızda dönmesi sağlanmaktadır.

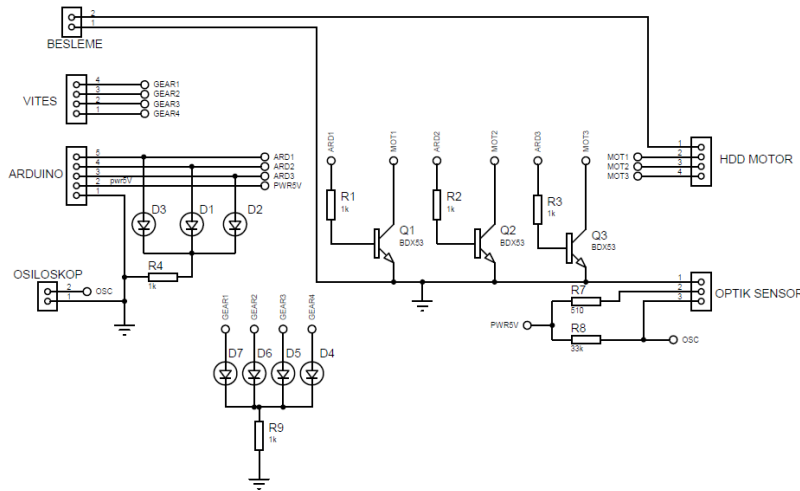
Ardışık kaplamaların yapılabildiği kendi-tasarım DIFK sistemi ile cam alttaş üzerine 1, 2, 3 ve 4 kez ardışık MgO ince film biriktirilmiş ve örneğin her kaplama sonrası optik geçirgenlik spektrumları elde edilerek fil kalınlıkları tespit edilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

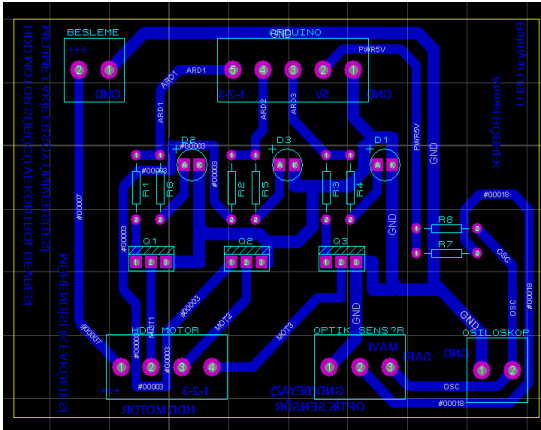
Laboratuvar ortamında tasarımı ve üretimi gerçekleştirilen DIFK sistemi, temelde Arduino-Uno R2 platformu, HDD motor sürücü birim, kendi eksenini etrafında dönebilen HDD'nin manyetik diskinden oluşan örnek tutucu ve motor hızını ölçmek için kullanılan optik sensör olmak üzere dört ana bölümden oluşmaktadır (Şekil 1). Arduino-Uno platformunda yer alan veri giriş-çıkışının yapılabileceği pinlere (Pin2, Pin3 ve Pin 4) ve darlington transistöre sahip (BDX53) motor sürücü devresinin şeması (Şekil 2), baskı devre yerleşim planı (Şekil 3) ve DIFK sisteminin genel görünümü Şekil 4'de gösterilmiştir. Sistemde yer verilen optik sensör çifti (photo-gate), DIFK sisteminin dönüş hızını görüntülemek için kullanılmıştır.



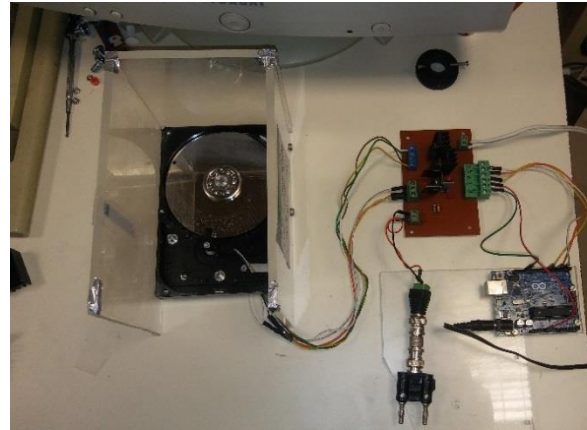
Şekil 1. DIFK sistemi ve temel bileşenleri.



Şekil 2. Darlington transistörlü motor kontrol devre şeması.



Şekil 3. Motor kontrol devresinin baskılı devre tasarımı.



Şekil 4. DIFK sisteminin genel görünüşü.

DIFK sisteminde bulunan fırçasız motorun (Maxtor,40 GB, 5400 devir/dk.) dönüş hızını kontrol etmek için Bart Venneker tarafından geliştirilen kaynak kod temel alınmıştır (Venneker, 2013). Temelde motorun üç bobinini belirli bir sırada (faz1, faz2 ve faz 3) ve sürede enerjilenmesi ile diskin dönmesi sağlanır. Bobinlerin tetiklenmesi için Arduino-Uno'da bulunan 2, 3 ve 4 numaralı pinler kullanılır. Daha sonra uygun adım değerleri kullanılarak motorun hızlanması ve motor hızının sabit kalması sağlanır. Bunun için üçü dönüş hızını kontrol etmede ve biri de dönüş hızını sabit tutmada kullanılacak dört farklı vites için gerekli parametreleri belirlenmelidir. Laboratuvarında geliştirilen algoritma ile motorun tam adımlarla (full step) değil yarım adımlarla (half step) hareketi sağlanmıştır. Bunun için, önce birinci faz enerjilendirilir, sonra birinci faz ile ikinci faz enerjilendirilir ve daha sonra sadece ikinci faz enerjilendirilerek bu dizinin devamı mümkün hale getirilir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, adım süreleri ve bu sürelerin kendi arasındaki eş-zamanlı değişimidir. Aksi durumda motor dönüş hızında istenmeyen durumlar (ani hızlanmalar veya durmalar) gözlenebilir. Bu çalışmada kullanılan adım değerleri ve süreleri ile DIFK sisteminin dönüş hızı ve bekleme süreleri değiştirilerek istenilen profil sağlanabilmektedir.

Mg kaynağı olarak Mg asetat tetrahidrat ($Mg(CH_3COO)_2 \cdot 4H_2O$) tuzu kullanılmıştır. Mg tuzu ve uygun çözücülerle oluşan çözelti, homojenliğin sağlanması için manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. DIFK sistemi vasıtasıyla, hazırlanan çözelti, kimyasal temizliği yapılmış olan cam alttaş üzerine damlatılmış ve yüzeyinin kaplanması sağlanmıştır. MgO ince film örnek,

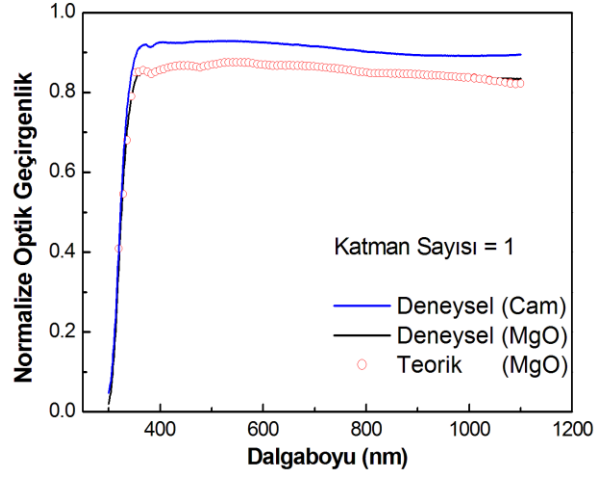
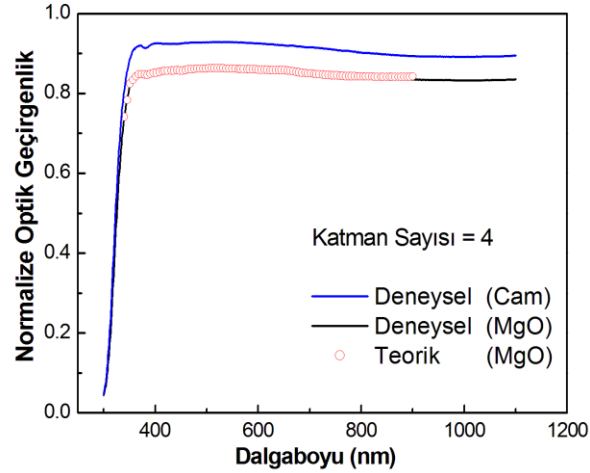
alttaşın tek yüzeyi üzerinde 1, 2, 3 ve 4 katmanlı olacak şekilde kaplanarak elde edilmiştir. İnce film katmanlar arasında ara ısıtma ($100 \text{ }^\circ\text{C}$) işlemi yapılmıştır. Üretilen MgO ince filmin her katman biriktirme işlemi sonrası 300-900 nm aralığında optik geçirgenlik spektrumları elde edilerek, her katman kalınlığının belirlenmesi sağlanmıştır. Tek katmanlı ve 4 katmanlı filmlerin kalınlıklarını belirlemek için, deneysel olarak elde edilen optik geçirgenlik spektrumlarının iteratif bir teknik olan nokta tabanlı kısıtlamasız minimizasyon algoritması (Birgin et al. 1999; Erarslan ve Güngör, 2010) ile değerlendirilmesi yapılmıştır.

BULGULAR

DIFK sistemleri için literatürde sık kullanılan dönüş hızı 3000 devir/dk'dır. Bu değer referans alınarak uygun adım değerleri ve süreleri dikkate alınarak tasarlanan DIFK sisteminin dönüş hızı profili belirlenmiştir. Buna göre sistem, ilk önce 85 saniyede 3000 devir/dk dönüş hızına ulaşır, sonrasında 30 saniye süre ile sabit hızda döner ve sonraki 125 saniyede ise yavaşlayarak durur. Bu profile uygun olarak çalışan DIFK sisteminde, ara kurutma işlemleri ile birlikte ardışık şekilde 1. katman, 2. ve 3. katman ve son olarak 4. katman olacak şekilde MgO ince film örnek hazırlanmıştır. Her katmanın sahip olduğu kalınlığı belirleyebilmek için, kaplama işlemi sonrasında optik geçirgenlik spektrumları elde edilmiştir (Şekil 5, Şekil 6). Bu sayede katman sayısının optik geçirgenlik üzerine etkisi gözlenmiştir. Bu spektrumların iteratif yöntem ile değerlendirilmesi ile elde edilen katman kalınlıkları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. DIFK sisteminde Film/Altaş yapısındaki MgO ince filmin optik geçirgenlik spektrumlarının değerlendirilmesi ile katman sayısına göre elde edilen film kalınlıkları (t).

	Katman-sayısı	t (nm)
MgO	1	30±1
	4	119±1

**Şekil 5.** Cam altaş ve tek katlı MgO ince filme ait deneysel ve teorik olarak elde edilen optik geçirgenlik spektrumları.**Şekil 6.** Cam altaş ve 4-katlı MgO ince filme ait deneysel ve teorik olarak elde edilen optik geçirgenlik spektrumları.

SONUÇ

Geliştirilen algoritma ile fırçasız doğru akım motoru olan HDD motorunun dönüş hızı kontrol edilerek, istenilen hız profili için kararlı olarak çalışması sağlanmıştır. Bunun için üçü dönüş hızını artırmak ve biri de dönüş hızını sabit tutmak için kullanılacak dört farklı vites için gerekli parametreler belirlenmiştir. Buna göre her bir vites için adım aralığı ve bekleme süresi optimize edilmiştir. Bunlar sırasıyla; 1. vites için [40000-39950] ve 5ms, 2. Vites için [39950-20000] ve 300 ms, 3. vites için [20000-3000] ve 50 ms ve son olarak 4. vites için [3000-840] ve 1 ms'dir. Bu parametreler yardımıyla motor hızının sabit kalması sağlanmıştır. Tasarımın uygulanabilirliğini test etmek üzere ince film biriktirme işlemi gerçekleştirilmiştir. MgO ince filmi, DIFK sistemi kullanılarak 1, 2, 3 ve 4 katmanlı olarak alttaş üzerine biriktirilmiştir. Elde edilen filmin optik geçirgenlik spektrumları değerlendirilerek tek katmanlı filmin kalınlığı 30 nm ve 4 katmanlı filmin kalınlığı 119 nm olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada geliştirilen DIFK sistemi, maliyeti düşük olması, kullanımının kolay ve dönüş hız profilinin ayarlanabilir olması nedenleriyle çözelti temelli ince film malzemelerin üretimi ve farklı malzemelerin yüzey kaplamaları gibi uygulamalara oldukça uygundur.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma; 116F046 nolu proje ile Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu ve 110-NAP-10, 100-NAP-10,172-NAP-13,173-NAP-13, 0324-NAP-16 ve 0356-NAP-16 nolu projeler ile Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Anshu, M.G., Dinesh, S. (2014). Development of Spin Coating System Based on AC Universal Motor for Deposition of Polymer Films, *Columbia International Publishing Journal of Sensors and Instrumentation*, 2,1,1-8. DOI: 10.7726/jsi.2014.1001
- Arduino, (2015). <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>.
- Balta, A. K., Ertek, Ö., Eker, N., Okur, İ. (2015). MgO and ZnO Composite Thin Films Using the Spin Coating Method on Microscope Glasses. *Materials Sciences and Applications*, 6, 40-47.
- Bianchi, R.F., Panssiera, M.F., Lima, J.P.H., Yagura, L., Andrade, A.M., Faria, R.M., (2006). Spin coater based on brushless dc motor of hard disk drivers, *Progress in Organic Coatings*, 57, 33-36. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2006.05.004
- Birgin, E. G., Chambouleyron, I, Martinez, J. M. (1999). Estimation of optical constants of thin films using unconstrained optimization, *Journal of Computational Physics*, 151, 862-888.
- Erarslan, N., Güngör, T. (2010). ZnO ince filmlerin kalınlıkları ve optiksel sabitlerinin noktasal kısıtlamasız minimizasyon algoritması ile belirlenmesi, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1-2, 181-193.
- Hossain, M.F.M., Poul S., (2014). Fabrication of Digitalized Spin Coater for Deposition of Thin Films, *Proceedings of International Conference on Electrical Engineering and Information & Communication Technology*, 2014, 4-18.
- Peker, D., Temel, S., Nebi, M. (2015). Mg-doped ZnO Films-by Sol-Gel Spin Coating Method, *International Journal of Scientific and Technological Research*, 1, 1, 263-269.
- PicProje, (2014). <http://www.picproje.org/index.php?topic=54295.0>.
- Suciu, R. C., Roşu, M. C., Sillipas, T. D., Biriş, A. R., Bratu, I., Indrea, E. (2011). TiO₂ Thin Films Prepared By Spin Coating Technique, *Rev. Roum. Chim*, 56 (6), 607-612.
- Venneker, B. (2013). http://bartvenneker.nl/schemas/Code_arduino_hdd.tx