

## Titreşimli İnce Film Kaplama Sistemi Tasarımı ve Yüzey Kaplamasının Test Edilmesi

Mustafa DOĞAN<sup>1\*</sup>, Salih ÖKTEN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Bilimsel Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi, 71450, Kırıkkale

<sup>2</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Bölümü, 71450, Kırıkkale

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-4437-566X>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-9656-1803>

\*Sorumlu yazar: mustafadoga@gmail.com

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 18.04.2023

Kabul tarihi: 23.08.2023

Online Yayınlanma: 20.12.2023

#### Anahtar Kelimeler:

Titreşim kaplama

Spin kaplama

İnce film

UV-VIS

SEM

Hidroksikinolin

### ÖZ

Yüzey ince film kaplama sistemleri elektronik sensörler, yarıiletken cihazlar, gözlük camları, gözlem teleskopları gibi birçok alanda kullanılır. İnce film kalınlığı, kalitesi ve kaplanacak yüzeyin çeşidine göre birçok kaplama yöntemi geliştirilmiştir. Spin kaplama en yaygın olarak kullanılan ve maliyeti düşük olan kaplama yöntemlerinden birisidir. Yaklaşık olarak 2000-3000 devir/dakika hızla dönen yüzeye, uçucu organik çözücü ve kaplanacak kimyasal bileşik çözeltisi damlatılarak kaplama işlemi gerçekleştirilir. Buharlaşma ve merkezkaç kuvvetinin etkisiyle yüzeyde ince bir film tabakası oluşur. Bu yöntem vakum veya buharlaştırma sistemleri gerektirmez ve motor dönme hızı ayarlanarak farklı kalınlıklarda ince filmler oluşturulabilir. Bu çalışmada, sık kullanılan bu spin kaplama yöntemine alternatif olarak, uygun fiyatlı bir titreşimli yüzey kaplama sistemi tasarlanmıştır. Uçucu organik bileşenin buharlaşma hızına bağlı olarak farklı kalınlıklarda ince filmler üretilebilir. Kaplama verimliliği, kaplanan yüzeyin SEM ve UV-VIS yöntemleriyle incelenerek değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, titreşimli yüzey kaplama sistemi ile kaplanan yüzeyin homojen ve düzgün olduğunu, ince film kalitesinin spin kaplama yöntemiyle benzer olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, titreşimli yüzey kaplama sistemi, spin kaplama yöntemlerine alternatif olarak düşük maliyetli bir seçenek sunacaktır ve çeşitli kaplama uygulamalarında kullanılabilir. Bu yöntem güvenilir ve uygun fiyatlı bir yüzey ince film kaplama çözümü sunar.

## Design of Vibrating Thin Film Coating System and Testing of Coated Surface

### Research Article

#### Article History:

Received: 18.04.2023

Accepted: 23.08.2023

Published online: 20.12.2023

#### Keywords:

Vibration coating

Spin coating

Thin film

UV-VIS

SEM

Hydroxyquinoline

### ABSTRACT

Coating systems for thin surfaces are used in many applications, such as electronic sensors, semiconductor devices, spectacle lenses, and observation telescopes. Numerous coating methods have been developed, depending on the thickness, quality of the thin film, and type of surface to be coated. Spin coating is one of the most commonly used and cost-effective coating methods. The coating process is carried out by dropping volatile organic solvents and the chemical compound to be coated onto the surface, which rotates at a speed of about 2000-3000 cycles/minute. Under the influence of evaporation and centrifugal force, a thin film layer is formed on the surface. This method does not require vacuum or evaporation systems, and thin films of different thicknesses can be produced by adjusting the rotating speed of motor. In this study, an affordable vibrating surface coating system was developed as an alternative to commonly used spin coating method. Depending on the evaporation rate of the volatile organic compound, thin films with different thickness can be prepared. The efficiency of the coating was evaluated by examining the coated surface using the SEM and UV-VIS

methods. The results showed that the surface coated with the vibrating surface coating system is homogenous and smooth, and the quality of the thin film is similar to that of the spin coating method. Thus, the vibrating surface coating system is a cost-effective alternative to spin coating methods and can be used for a wide range of coating applications. This method offers a reliable and affordable solution for thin film surface coating.

---

**To Cite:** Doğan M., Ökten S. Titreşimli İnce Film Kaplama Sistemi Tasarımı ve Yüzey Kaplamasının Test Edilmesi. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2023; 6(Ek Sayı): 328-338.

## **Giriş**

Polimer ince filmlerinin düz yüzeyler üzerinde uygulanması, mikroelektronik katmanlı yapıların oluşturulması ve elektronik cihazların üretilmesi aşamalarında büyük öneme sahiptir (Sukanek, 1991). Bu filmlerden üretilebilecek cihazlara örnek olarak gaz sensörleri, organik ışık yayan diyot (OLED), fotovoltaik (PV) hücreleri ve giyilebilir elektrik jeneratörleri gibi elektronik aygıtlar verilebilir (Doğan, 2021; Dissanayeke ve ark., 2020; Khan ve ark., 2019).

Alternatif olarak, bu kaplama sistemi yerine kullanılan kimyasal buhar biriktirme (CVDP) ve püskürtme (sputter) gibi sistemlerin çok pahalı olduğu ve spin kaplama sisteminin basit imkanlarla dahi kurulabilecek bir yapıda olması nedeniyle bu yöntemin kolaylık, performans ve maliyet açısından çok avantajlı bir konuma sahip olduğu görülmektedir (Doğan, 2021; Doğan ve ark., 2021).

Bir örnek çalışmada, polistren ince filmler spin kaplama yöntemi kullanılarak silikon wafer üzerine 2500 devirde 60 saniye süre ile kaplanmıştır. Bu filmler 130 derece sıcaklıkta vakum altında 12 saat kurutuldu ve kalınlıkları 42 nm ile 48 nm arasında ölçüldü (Ellis ve ark., 2009).

Farklı çalışmalarda kullanılan diğer kaplama yöntemleri arasında gümüş kaplama, sol jel kaplama, daldırma ile kaplama, püskürtme ile kaplama, sülfatlama ile kaplama ve elektro-iletken kaplama benzeri yöntemler yer almaktadır. Gümüş kaplama (Sırlama), gümüş tuzunun kimyasal olarak indirgenmesi sonucu, cam yüzeyinde gümüş birikimi sağlayarak gerçekleştirilen bir kaplamadır. Bu kaplama çeşidi, yansıtıcılığı sebebiyle aynalar ve termos şişelerinin iç yüzeylerinin kaplanmasında kullanılır (Karasu ve ark., 2018).

Sol jel kaplama ise, sol-jel solüsyonu ile jelleşme kelimelerinin kısaltılmış hali kullanılarak isimlendirilen bir kaplama yöntemidir (Karasu ve ark., 2018; Pathak ve ark., 2012). Bu yöntem, dökme kaplamaların korozyon koruma özelliklerini ve nanoteknoloji uygulamalarında cam, seramik, metal oksit kaplamasında kullanılır, ayrıca polimer arayüz kimyasına uygunluğu nedeniyle de tercih edilir. Organik-inorganik hibrit kaplamalarda ve organik polimerlerin özelliklerini (hidrofobiklik, esneklik) birleştirdikleri için de özel bir ilgi de görür (Pathak ve ark., 2012; Sakka ve ark., 2005; Livage, 1997).

Daldırma ile kaplama yöntemi, kaplanacak yüzeyin alt-taban kaplama çözeltisine daldırılarak ve çıkarılarak kaplanması işlemidir. Kaplamanın özellikleri tamamen sıvı viskozitesi, yerçekimi kuvveti, yoğunluk ve buharlaşma hızına bağlı olarak belirlenir (Brinker, 2013; Brinker, 1994; Scriven, 1988).

Sprey kaplama yöntemi ise bir nozuldaki püskürtülen tozların alt tabakaya püskürtülerek ve hızlandırılarak yapıştırılmasıdır. Bu yöntemde nano yapıları malzemeler de yüzeyde biriktirebilir. Bu

teknoloji içten yanmalı motorlardan güneş hücrelerine kadar birçok alanda kullanılmaktadır (Aziz, 2015; Moridi ve ark., 2014; Cao, 2000).

Sülfatlaşma ile kaplama yöntemi ise krom sülfat ve kobalt sülfat kullanılarak türbin kanatlarında korozyon önleme amaçlı kaplama yapımında kullanılır. Bu kaplama yöntemi, spreycaplama ve sol-jel yöntemi ile beraber yüzey kaplaması için uygulanır (Buelna ve ark., 2004; Aprigliano ve ark., 1989).

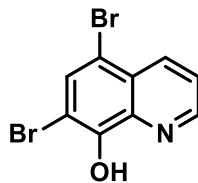
Bu çalışmada, daha önce literatürde yer almayan ve ilk defa kullanılan bir kaplama yöntemi geliştirilmeye çalışıldı. Ayrıntısı malzeme ve metot kısmında anlatılan; uçucu solvent ve içerisinde çözülebilen kinolin türevi bir malzeme bulunan bir kaplama solüsyonu hazırlandı. Titreşen yüzey üzerine, kaplama solüsyonu damlatıldığında yüzeyde buharlaşma sonucu oluşan ince kaplama filmleri incelendi.

### Materyal ve Metot

OLED veya PV güneş hücresi üretiminde, cam üzerine spin kaplama yöntemi ile ince film kaplama yapılabilmektedir. İndiyum kalay oksit (ITO) kaplı camlar 50-100  $\Omega$  yüzey direncine sahiptir. ITO camları Sigma Aldrich'ten temin edildi. Kaplama için alttaş olarak cam veya ITO kaplı cam yüzeyler kullanılabilir. Yüzey kaplama özelliğini incelemek için yüzeyi boş olan camlar ve ITO kaplı camlar kullanıldı. Kaplamanın yüzey homojenitesi ve kalitesini anlamak için taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve ultraviyole ve görünür bölge spektrometresi (UV-VIS) yöntemleri kullanıldı.

Titreşimin yüzeydeki karakteristik frekans ve gücünü anlamak için Good Will Instek marka, GDS 1102A-U model, 100 MHz osiloskop kullanıldı ve piezoelektrik kristal titreşen yüzeyden ölçüm almak için titreşim yapan yüzeye yapıştırıldı. Bu şekilde bir deney düzeneği oluşturuldu. Cihaz üzerinde bulunan ayar düğmesi ile her titreşim modunda frekans ve voltaj ölçümleri yapıldı. Cihazın ölçümleri sonucunda, camların zarar görmeden kaplanabildiği 1. kademe titreşim modu kaplama işlemi için seçildi. Spin kaplama işlemi için ise 220 volt çalışma voltajına sahip bir bilgisayar fanı ile elde yapılan manuel bir kaplama sistemi kullanıldı.

Kaplama amaçlı olarak daha önce OLED devresinde başarıyla kullanılmış (Doğan ve ark., 2021) olan 5,7-dibromo-8-hidroksikinolin türevi bir kristal (Şekil 1), ve stiren içeren organik çözücü kullanıldı. 5,7-dibromo-8-hidroksikinolin türevinin üretimi daha önceki çalışmalarda ayrıntılı olarak açıklandı (Doğan ve ark., 2021, Ökten ve ark., 2016; Ökten ve ark., 2017). Stiren çözücü için 75 ml kloroform içinde 2745 mg stiren, oda sıcaklığında kapalı bir balon jöje içinde manyetik karıştırıcı ile 1 saat boyunca devamlı karıştırılarak homojen bir solüsyon haline getirildi.



Şekil 1. Kinolin türevi olan 5,7-dibromo-8-hidroksikinolin'in moleküler yapısı

## **Bulgular**

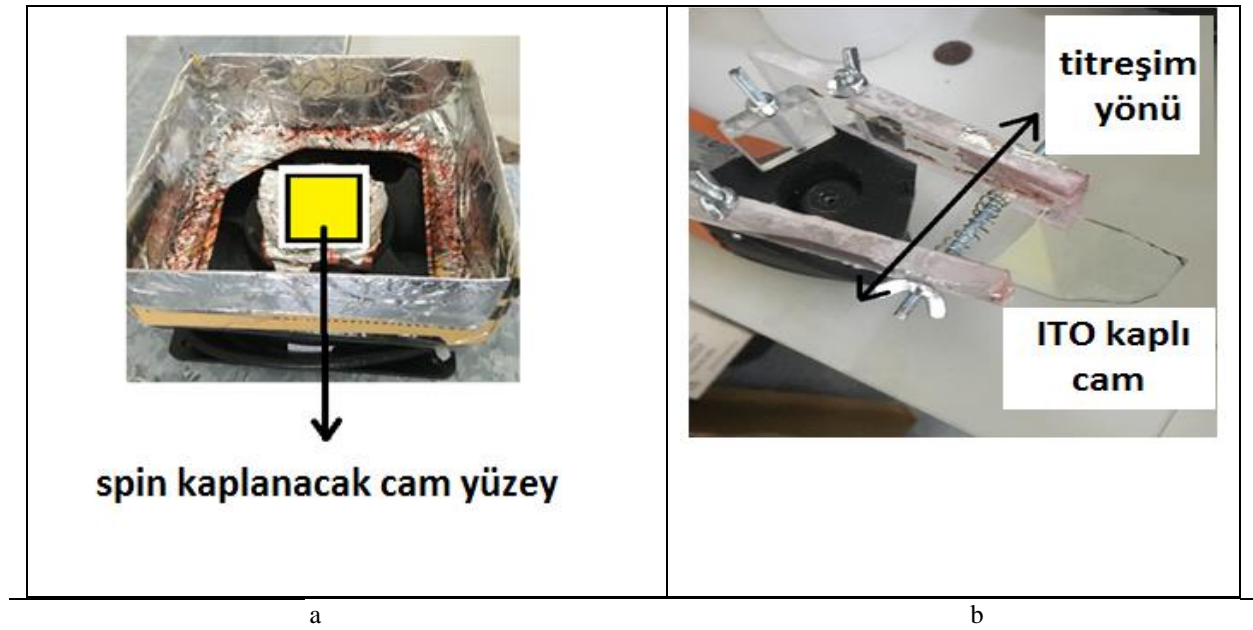
### **Titreşimli kaplama sistemi**

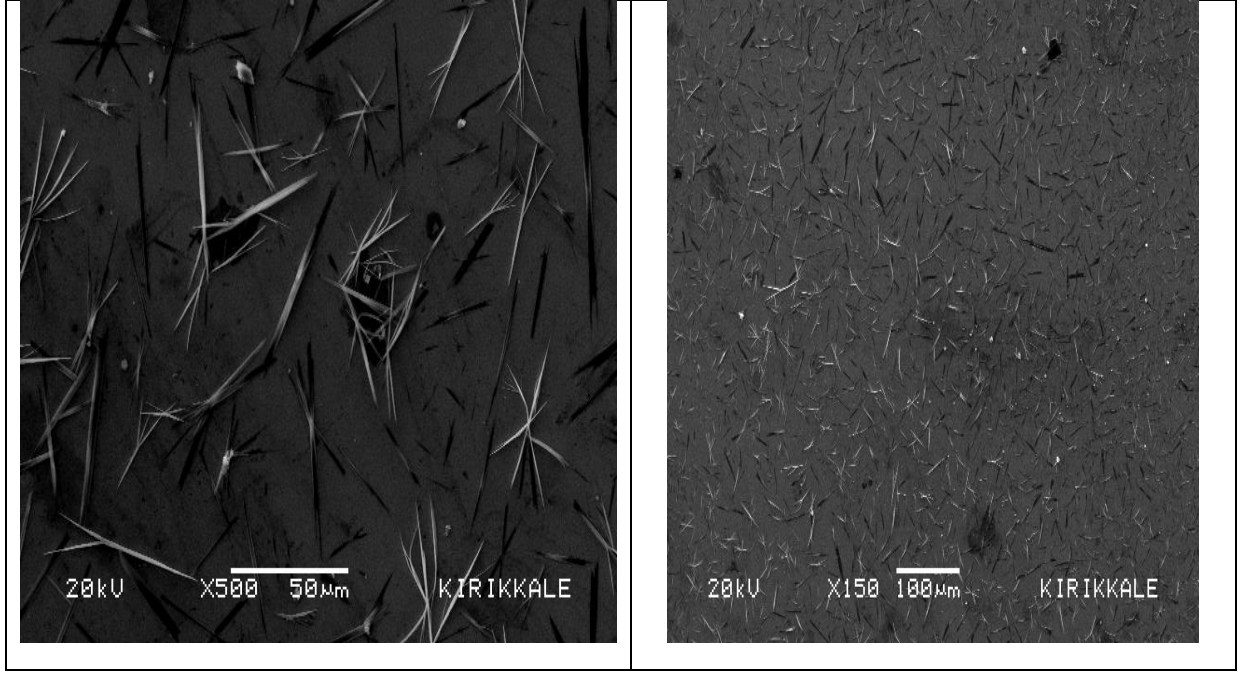
Titreşimli kaplama sistemi oluşturmak için titreşimli raspa aleti kullanıldı. Titreşim yapan cihaz Şekil 2b'de gösterildi. Raspa cihazının motoru, dakikada 11000-20000 devir/dakika arasında dönerek titreşebilen bir yüzey oluşturmaktadır. Cihaz, sağa ve sola 1,6 derecelik bir açı ile titreşim hareketi yaparak titreşim oluşturmaktadır. Titreşimli kaplama sistemi kullanılarak oldukça verimli bir kaplama çalışması yapıldı. Ancak cihaz kaplama amacı ile yapılmadığı ve çok kuvvetli titreştiği için yapılan deneylerde, ince 0,13 mm ve daha kalın 0,50 mm kalınlığındaki camların yüksek güçlü titreşim gücünün etkisiyle kolayca kırıldığı tespit edildi. Titreşimli kaplama cihazının titreşim frekansı ve voltaj genlikleri, osiloskop ve piezoelektrik kristal kullanılarak incelendi ve Tablo 1'deki veriler elde edildi. Çok güçlü titreşim modlarında, kaplama camı bu şiddete dayanamayarak parçalandı. Bu nedenle, cihazın en düşük titreşim kademesine (birinci kademe) alınması ve kaplama işleminin bu şekilde yapılması tercih edildi. Titreme hareketinin camı kırılmadan kaplama yapması için, cam lamel pleksiglass üzerine sabitlenen kauçuk tamponlarla sıkıştırıldı ve deney sırasında camın cihazdan çıkması engellendi. Bu da cam yüzeyin üzerine, cam kırılmadan kaplama yapılabilmesini sağladı. Pleksiglass'dan yapılan ve titreşim cihazına sabitlenen vidalı sistem, istenildiğinde gevşetilerek kaplama yapılacak camın kolayca yerleştirilebilmesini sağladı. Sistemde dikine olarak 3 adet pleksiglass duvar titreşen yüzeye dikine sabitlendi. 3 farklı boyutta pleksiglass prizma (110x25x5 mm, 110x25x5mm ve 20x20x5 mm) cam malzemeyi arasına sıkıştırılabilecek şekilde seçildi ve titreşen yüzeye sabitlendi. Çelik kulaklı somunla metrik 4 kısa sonsuz vida üzerinde bulunan çelik yay; pleksiglassların aralarındaki cam örnek tutucu aralığının kolayca ayarlanabilmesini sağladı. Pleksiglass prizmaların arasında kauçuk bantlar kullanılarak titreşimin camı dışarı atması engellendi. Spin kaplama sistemi de Şekil 2a'da görülmektedir. Bu sistem, 220 volt çalışma voltajı olan bilgisayar fanı kullanılarak tasarlandı. Dönen yüzeyin etrafına, malzemenin sıçramasını önlemek için belli bir yükseklikte alüminyum folyo kaplı bir duvar yapılmıştır. Henwee marka dijital göstergeli manyetik devir sayıcı kullanılarak; spin kaplama sisteminin devir sayısı ölçüldü. Dönme hızı sabit olan spin kaplama sisteminin devir sayısının 2277 devir/ dakika olduğu manyetik devir sayıcı ile tespit edildi.

Bu çalışmada farklı iki kaplama sistemi ve yüzey kaplama etkinliği incelendi. Titreşim yapan cihazın titreşim ile kesim ve zımparalama amaçlı olması ve güçlü titreşim modlarına sahip olması bu kaplama sistemi için bazı dezavantajlar oluşturmuştur. Dezavantajlı olan durumlar camın kırılması ve titreşim cihazından kaplanacak camın titreşim etkisi ile kolayca çıkabilmesidir. Bu sorunun çözümü titreşimle kaplama yapabilecek özel bir kaplama cihazı üretilmesidir. Ayrıca titreşim frekansları ve genlikleri ayarlanabilecek şekilde bir cihaz tasarlandığında yüzeye çok daha verimli bir kaplama yapılabilecektir. Titreşimli kaplama sistemi ile spin kaplama sisteminin yüzey kaplama etkinliği ve kaplamalar arasındaki farklar, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve UV-VIS spektrometre cihazları kullanılarak incelendi.

**Tablo1.** Titreşim raspaşının piezoelektrik kristal kullanılarak osiloskop üzerinden ölçülen titreşim frekansları ve titreşime bağı olarak oluşan voltaj genlikleri

Titreşim Raspaşısı Titreşim Değerinin Ölçümü	Raspa ayarı 1.kademe	Raspa ayarı 2.kademe	Raspa ayarı 3.kademe	Raspa ayarı 4.kademe
Ölçülen Frekans	115-120Hz	388-512 Hz	655 Hz	747 Hz
Ölçülen Voltaj	4,15V	4,07V	8,96V	6,15V
Açıklama	Kaplama için kullanılan titreşim frekansı			Sensör kristali titreşim şiddeti ile parçalandı





**Şekil 3.** Üretilen "5,7-dibromo-8-hidroksikinolin" malzemesinin 500X (a) ve 150X (b) büyütme altında çekilmiş ITO cam üzerine titreşimli kaplama ile kaplanmış örnek resimleri görülmektedir.

### **Tartışma**

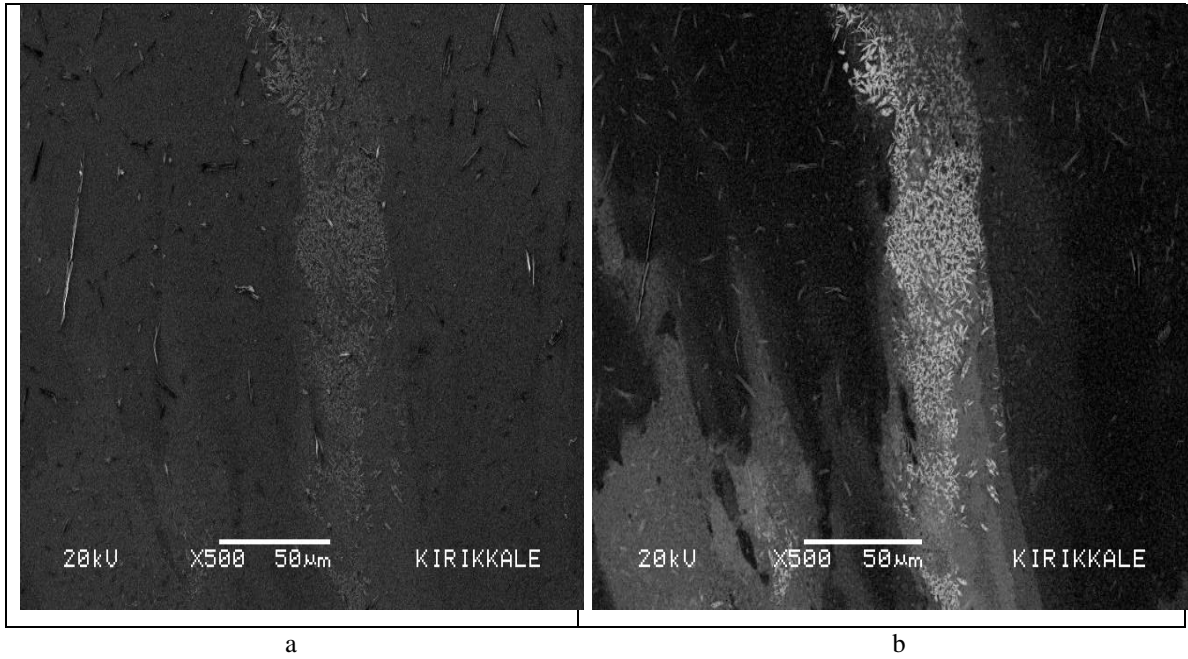
#### **Kaplama Sistemlerinin Karşılaştırılması**

Organik malzeme kaplama yapılan ITO yüzeyinin direnci multimetre cihazı ile ölçülmüş ve 36  $\Omega/cm$  olarak tespit edilmiştir. Benzer şekilde, spin kaplama sistemi kullanılarak kaplanmış organik kinolin türevi malzemenin direnci 40  $\Omega/cm$  olarak ölçülmüştür. Titreşimli kaplamada ise yüzeyin homojen ve düzgün bir dağılıma sahip olduğu, JEOL-3010 SEM cihazı kullanılarak yapılan inceleme sonucunda (Şekil 3a ve b) görüldü. Kaplanan kinolin türevinin kaplandıktan sonra oluşan çam iğnesi şeklindeki karakteristik kaplaması yüzey kaplamasının kaplama verimliliğini anlamamızı kolaylaştırdı. Bu kaplamada ise yüzey direnci 46  $\Omega/cm$  olarak ölçülmüştür. Kaplama yüzey kalitesi; yüzey direnci ölçülerek bazı çalışmalarda incelenmiştir. (Mazur ve ark.; 1966; Lee ve ark.;2016) Bu sonuçlar aynı zamanda titreşimli kaplama sisteminin yüzeyinin daha homojen olduğu ve kesintisiz kaplandığını da göstermiştir. Spin kaplama sisteminde ise, kaplanan malzemenin karakteristik özelliği merkezkaç kuvvetinin etkisiyle orta kısımlarda daha ince bir kaplama olmasıdır. Merkezden uzaklaştıkça kaplama kalınlığı artmaktadır. Bu durum Şekil 4'te gösterildi. Kaplama yapılan malzemenin yüzeyde tutunmadığı ve spin merkezkaç kuvveti sonucunda yüzeyden uzaklaştığı, bazı malzemenin ise hala yüzeyde kaplı olduğu Şekil 4a'da görüldü. Benzer çalışmalarda da kaplamanın homojen olmadığı bu durumla karşılaşıldı. (Britten ve ark., 1992; Vorotilov ve ark., 1995; Mandati ve ark., 2022).

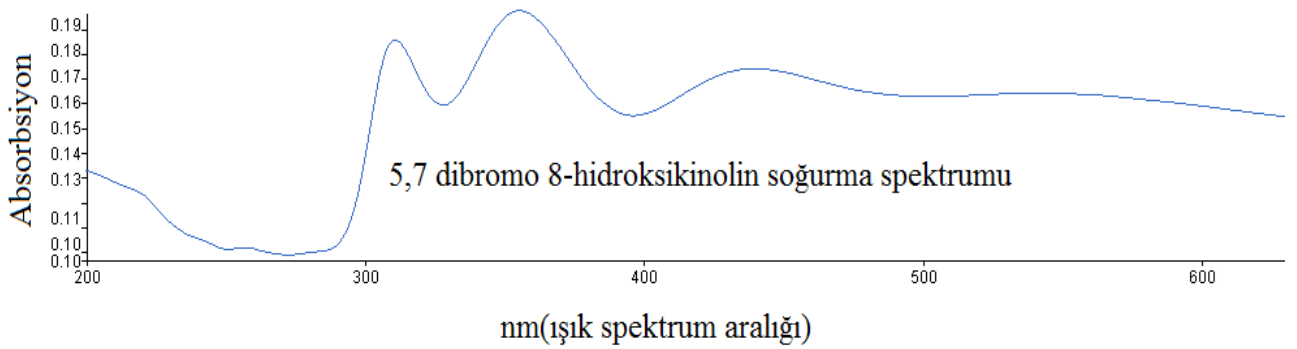
Parçacıklar ve kristaller küçük parçalara ayrılarak kaplamanın kesintili olarak yer aldığı gözlemlendi. Şekil 4b'deki geri saçılan elektron (BSE) görüntüsü, yüzeyin beyaz olan kısımlarının zayıf kaplanmış alanlar olduğunu ve yoğun siyah görülen kısımların ise düzensiz ve farklı kalınlıklarda

kaplanmış ITO alttaş tabakası olduğu görüldü. UV-VIS görünür bölge spektroskopi cihazı ile Şekil 5'te görülen kaplanacak olan kinolin türevinin karakteristik soğurma spektrumu elde edilmiştir. Bu kaplama yapıldığında bu spektrumun benzeri bir spektrum cam üzerinde alınan ölçümde ortaya çıkmalıdır.

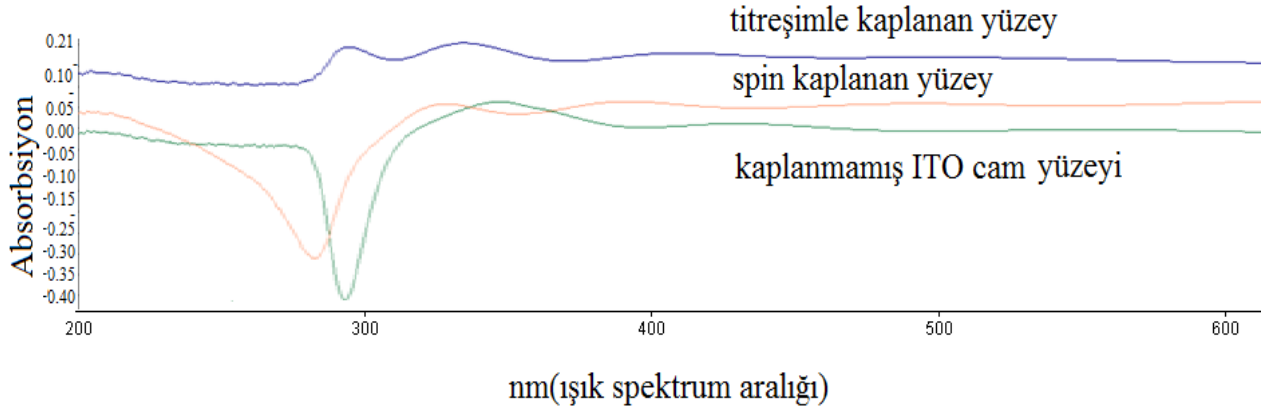
Kaplama spin kaplama yapıldığında SEM görüntülerinden elde edilen zayıf kaplama bilgisini destekleyecek şekilde kaplanmamış cam yüzey spektrumuna benzer bir spektrum vermiştir (Şekil 6). Titreşim ile yapılan kaplamanın spektrumu ise Şekil 5'te görülen kinolin türevine ait karakteristik pikle aynı özelliكتedir. Spektrum yaklaşık olarak 310nm, 350nm ve 450nm seviyelerinde pik vermiştir.



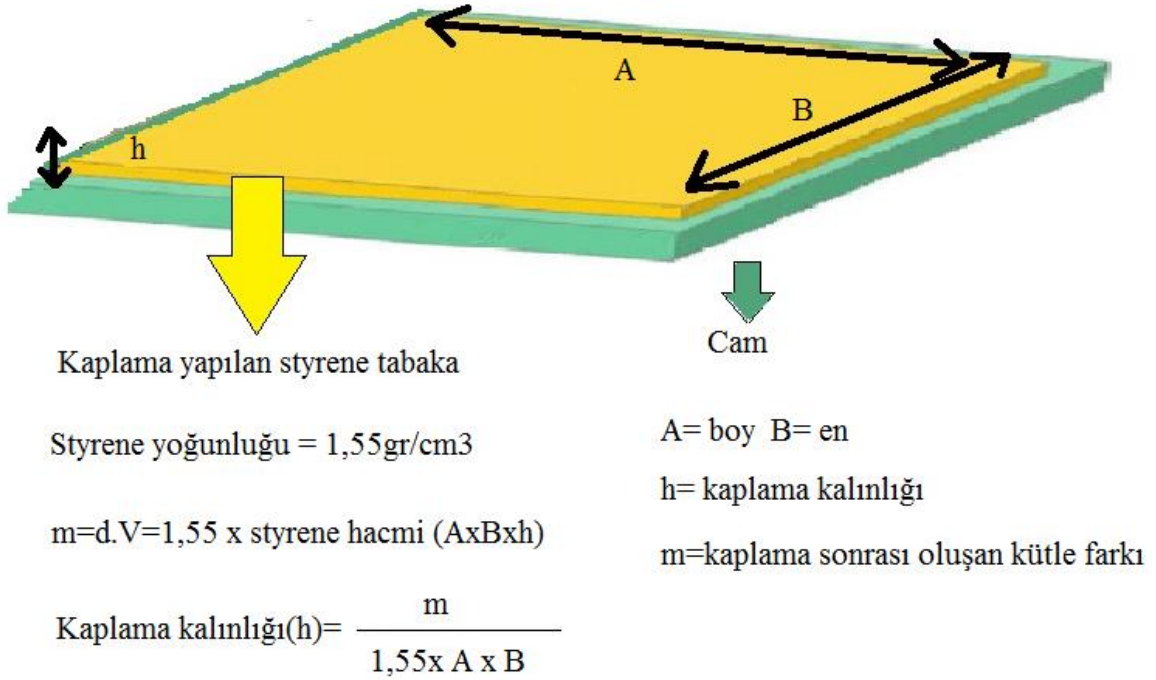
Şekil 4. Üretilen malzemenin 500X büyütme altında çekilmiş ITO cam üzerinde spin kaplama ile kaplanmış resimleri görülmektedir. (a) yüzey görüntüsü, (b) Backscatter görüntüsü görülmektedir.



Şekil 5. Burada 5,7-dibromo-8-hidroksikinolin organik malzemenin karakteristik UV-VIS soğurma spektrumu



Şekil 6. UV-VIS spektrumu ile kaplama yöntemlerinin karşılaştırılması



Şekil 7. Stiren kaplama kalınlığı hesaplamak için kütle farkından gidilerek yapılan hesap

Stiren plastik çözeltisi kullanılarak da titreşim ile kaplama yapıldı. Bu deneyle viskozitesi daha yüksek olan bir çözelti kullanılması ve çözünmüş bir plastiğin bu sistemle kaplanabileceği gösterildi. Kaplamanın kalınlığı kaplama öncesi ve sonrasında ağırlık ölçümleri yapılarak hesaplandı. Daha önceki kinolin kaplama sonuçlarının olumlu deneysel verileri ışığında kaplamanın tüm yüzeyde homojen olduğu kabul edildi. Kaplamanın kalınlığının hesaplaması Şekil 7’de gösterildiği gibi yapıldı. Kaplama kalınlığı, yüzeyin kütle farkından kaplama hacmi ve kalınlık ölçümünün hesabına geçilerek yaklaşık olarak yapıldı. Hesaplama sonucunda yüzeyde 1 mikron kalınlığında bir kaplama olduğu bulundu. Daha sonra kaplama kalınlığının tüm yüzeyde 1 mikron kalınlığında olduğu Dasqua model dijital mikrometre kullanılarak da doğrulanmıştır.



## **Sonuçlar**

Titreşimli kaplama sistemi kullanılarak kaplanan yüzeyin UV/VIS spektrumu alındığında, Şekil 6'da görülen bir spektrum oluştu. Bu spektrumda, kaplamanın UV bölgesinde soğurma yaptığı görüldü. Kaplanan yüzey güneş ışığında belli bir açıda göz ile kontrol edildiğinde, mor ve mavi renk tonlarında kaplamanın yüzeyde olduğu görüldü. Yüzeydeki kaplanma etkinliğini görmek için, yüzey kaplama işlemi spin kaplama ve titreşimli kaplama yapılarak, alınan spektrumların sonuçları karşılaştırıldı. Şekil 6 incelendiğinde, titreşimli kaplanan yüzeyin spektrumu ile spin kaplama yapılan cam yüzey birbirine göre farklılık gösterdi. Kinolin türevi üzerinden alınan spektrum ile titreşim kaplama sistemi ile kaplanan ITO' nun spektrumları birbiri ile uyumlu çıktı. Buradan da spin kaplamanın spektrumu incelendiğinde (Şekil 6 turuncu renk); ITO tabakanın spektrumuna (Şekil 6 yeşil renk) daha benzer olduğu görüldü. Spin ile yapılan yüzey kaplamasının titreşimli kaplamaya göre zayıf bir şekilde kaplandığı sonucuna ulaşıldı. Titreşimli kaplama sisteminde ise yüzeyin homojen kaplandığı ve karakteristik olarak sentezlenen malzemenin ışık soğurma spektrumu ile bütün bölgelerde örtüştüğü sonucuna ulaşıldı (Şekil 5, Şekil 6). Ayrıca, kaplamanın SEM ve UV-VIS sonuçları ile titreşimli kaplamada daha iyi bir seviyede olduğu sonucuna da ulaşıldı. Titreşim frekansları ve güçleri, piezoelektrik kristal yardımı ile osiloskop kullanılarak da ölçüldü. Bu frekanslarda titreşimli yüzey tasarlanarak yüzey kaplama cihazı tasarlanabileceği anlaşıldı. Ancak, cihazın kaplama cihazı olarak kullanılması, titreşim şiddetinin fazla olduğu üst frekanslarda (>747Hz) camların sabit tutulması problemini de oluşturdu. Ayrıca yüksek titreşim frekansları camların titreşim şiddeti ile kırılmasına sebep oldu ve kaplama işleminin başarılı sonuçlanmasını da engelledi.

## **Teşekkür**

Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğüne verdikleri destek ve yardımlar için teşekkür ederiz.

## **Çıkar Çatışması Beyanı**

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti**

Yazarlar eşit oranda hak sahibidirler.

## **Kaynaklar**

Aprigliano LF. Effect of sigma phase on CoCrAlY coating sulfation. In Corrosion and particle

erosion at high temperatures, 1989, David Taylor Research Center, Annapolis, MD (USA).

Aziz F., Ismail AF. Spray coating methods for polymer solar cells fabrication: A review. Materials Science in Semiconductor Processing, 2015; 39, 416-425.

Brinker CJ. Dip coating. In Chemical Solution Deposition of Functional Oxide Thin Films, 2013; 233-261, Springer, Vienna.

Brinker CJ., Hurd AJ. Fundamentals of sol-gel dip-coating. Journal de Physique III, 1994; 4(7): 1231-

- 1242.
- Britten JA., Thomas IM. Non-Newtonian flow effects during spin coating large-area optical coatings with colloidal suspensions. *Journal of Applied Physics*, 1992, 71(2): 972-979.
- Buelna G., Lin YS. Characteristics and desulfurization-regeneration properties of sol-gel-derived copper oxide on alumina sorbents. *Separation and purification technology*, 2004; 39(3): 167-179.
- Cao XQ., Vassen R., Schwartz S., Jungen W., Tietz F., Stöever D. Spray-drying of ceramics for plasma-spray coating. *Journal of the European Ceramic Society*, 2000; 20(14-15): 2433-2439.
- Doğan M. Polymer-layered oxygen sensor design and testing. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics* 2021; 32(17): 22506-22516.
- Doğan M., Erdem Ü., Ökten S. Production of organic light-emitting diode with fluorescence featured quinoline derivative . *International Journal of Chemistry and Technology* 2021; 5(2): 172-177.
- Dissanayake N., Abeysundara S., Wanasekara N. D. Investigating the feasibility of applying spin coating method for textiles. *Moratuwa Engineering Research Conference 2020*, 448-452, IEEE.
- Ellis JL., Coster HG., Chilcott TC., Tomasko DL., Dehghani F. Structure and characterization of polystyrene thin films. In *Proceedings of 9th International Symposium on Supercritical Fluids*. 2009.
- Karasu B., Sarıcaoğlu, B. Cam yüzey kaplama teknolojileri. *El-Cezeri* 2018; 5(2): 475-500.
- Khan SA., Rahman A. Efficiency of thin film photovoltaic paint: A brief review. *Int. J. Recent Technol. Eng.* 2019; 7, 163-169.
- Lee DY., Na SI., Kim SS. Graphene oxide/PEDOT: PSS composite hole transport layer for efficient and stable planar heterojunction perovskite solar cells. *Nanoscale* 2016, 8(3): 1513-1522.
- Livage J. Sol-gel processes. *Current Opinion in Solid State and Materials Science* 1997; 2(2): 132-138.
- Mandati S., Veerappan G., Ramasamy E. Large area bar coated TiO<sub>2</sub> electron transport layers for perovskite solar cells with excellent performance homogeneity. *Solar Energy* 2022, 240, 258-268.
- Mazur RG., Dickey DH. A spreading resistance technique for resistivity measurements on silicon. *Journal of the Electrochemical Society* 1966, 113(3): 255.
- Moridi A., Hassani-Gangaraj SM., Guagliano M., Dao M. Cold spray coating: review of material systems and future perspectives. *Surface Engineering*, 2014; 30(6): 369-395.
- Ökten S., Çakmak O., Saddıqa A., Keskin B., Özdemir S., İnal M. Reinvestigation of bromination of 8-substituted quinolines and synthesis of novel phthalonitriles. *Organic Communications* 2016; 9(4): 82-93.

- Ökten S., Çakmak O., Tekin Ş., Köprülü TK. A SAR Study: Evaluation of bromo derivatives of 8-substituted quinolines as novel anticancer agents. *Letters in Drug Design & Discovery* 2017; 14(12): 1415-1424
- Pathak SS., Khanna AS. Sol-gel nanocoatings for corrosion protection. In *Corrosion Protection and Control Using Nanomaterials* 2012 (pages. 304-329). Woodhead Publishing.
- Sakka S., Kozuka H. *Handbook of sol-gel science and technology*. 1. Sol-gel processing (Vol. 1), 2005; Springer Science & Business Media.
- Scriven LE. Physics and applications of dip coating and spin coating. *MRS Online Proceedings Library (OPL)* 1988; 121.
- Sukanek PC. Dependence of film thickness on speed in spin coating. *Journal of the Electrochemical Society* 1991; 138(6): 1712.
- Vorotilov K., Petrovsky V., Vasiljev, V. Spin coating process of sol-gel silicate films deposition: effect of spin speed and processing temperature. *Journal of Sol-Gel Science and Technology* 1995; 5, 173-183.