

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BAZI İNCE FİLM İLETKEN POLİMERLERİN BANT
ARALIKLARI VE YÜZEY İLETKENLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

Tülay TORAN AKYAZ

Fizik Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 03/02/2012

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Oğuz KÖYSAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

TÜLAY TORAN AKYAZ tarafından Doç. Dr. OĞUZ KÖYSAL yönetiminde hazırlanan “BAZI İNCE FİLM İLETKEN POLİMERLERİN BANT ARALIKLARI VE YÜZEY İLETKENLİKLERİNİN İNCELENMESİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Oğuz KÖYSAL

Danışman

Prof. Dr. Serhat ÖZDER

Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Fatma Aydın

Jüri Üyesi

Sıra No: 2012/02

Tez Savunma Tarihi: 03/02/2012

Prof. Dr. İsmet KAYA

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Tülay Toran Akyaz

TEŞEKKÜR

İlk olarak ellerindeki tüm olanakları benim için kullanan, hep bana inanan ve destekleyen annem Kamuran Toran ,eşim Kaan Akyaz'a ve yanımda olmasa da desteğini sürekli hissettiğim babam Hayrullah Toran'a ne kadar teşekkür etsem azdır.

Bu çalışma sırasında deney ortamının sağlanmasından teorik yardıma kadar her aşamada sabırla destek olan danışmanım Doç. Dr. Oğuz Köysal'a teşekkürü bir borç bilirim. Deneysel mantığı ve polimerleri anlamamda yardımcı olan hocam Uzman Ahmet Demir'e sonsuz teşekkür ederim.

Deneysel çalışmalarımı yapmam için bana laboratuvarlarını açan Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Fizik Bölümü hocalarına ve araştırma görevlilerine çok teşekkür ederim.

SİMGELER VE KISALTMALAR

PAc	Poliasetilen
LCD	Sıvı kristal ekran
PMMA	Polimetilmetakrilat
H	Hidrojen
E_g	Yasak band genişliği
HCl	Hidroklorik asit
NaOH	Sodyum hidroksit
V	Potansiyel
I	Akım
R	Direnç
g	Öz direnç
l	Örnek Uzunluğu
S	Kesit alanı
σ	İletkenlik
A	Soğurganlık
I_p	Elektromanyetik dalga şiddeti
n	Yük taşıyıcı sayısı
μ	Mobilite
e	Elektron
d	Film kalınlığı
α	Soğurma katsayısı
h	Planck sabiti
ν	Frekans
λ	Dalgaboyu
c	Işık hızı
LiClO ₄	Lityum perklorat
NO	Azot monoksit

NO ₂	Azot dioksit
H ₂ S	Hidrojen sülfür
NH ₃	Amonyak
P3HT	Poli(3-hekziltiyofen) Poly(3-hexylthiophene)
P3OT	Poli(3-oktiltiyofen) Poly(3-octylthiophene)
F8T2	Poli[(9,9-dioktilfluorene-2,7-diil)-ko-bitiyofen] Poly[2,2'-(9,9-dioctyl-9H-fluorene-2,7-diyl)-co-bithiophene]
ρ	Sıvının yoğunluğu
ω	Açısal hız
η	Sıvının viskozitesi
J	Akım yoğunluğu
E	Elektrik alan
DC	Doğru Akım
AC	Alternatif Akım
AFM	Atomik Kuvvet Mikroskobu Atomic Force Microscope
UV	Ultraviyole
kn	Kaynama Noktası

ÖZET

BAZI İNCE FİLM İLETKEN POLİMERLERİN BANT ARALIKLARI VE YÜZEY İLETKENLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Tülay TORAN AKYAZ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Oğuz KÖYSAL

03 / Şubat / 2012, 90

Bu tez çalışmasında politiyofen esaslı P3HT, P3OT ve F8T2 iletken polimerlerinden hazırlanan ince filmlerin yasak enerji bant aralıkları ve yüzey iletkenlerinin değişimi; kaplama hızı, kaplama süresi ve konsantrasyon parametrelerine bağlı olarak incelenmiştir. Kullanılan polimerlerden 5 mg/mL ve 10 mg/mL oranlarında hazırlanan çözelti cam yüzey üzerine döndürme yöntemi kullanılarak sırasıyla 1800 rpm ve 3600 rpm kaplama hızlarında kaplanmıştır. Hazırlanan polimer ince filmlerin kaplama süresi için 20 s, 40 s ve 60 s değerleri seçilmiştir. İnce film iletken polimerlerin yasak enerji bant aralıkları UV-vis Spektrofotometre ölçümleriyle elde edilen soğurma grafiklerinden hesaplanmıştır. Araştırmaya konu olan ince film polimerlerin yüzey morfolojileri Atomik Kuvvet Mikroskobu ile analiz edilmiş ve 10 mg/mL oranlarında hazırlanan çözeltiler için daha düzgün film yüzeyleri elde edildiği sonucuna varılmıştır. Hazırlanan iletken polimer ince filmlerin dört nokta ölçüm yöntemi ile elde edilen yüzey iletkenliklerinin konsantrasyon ile arttığı sonucu elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: İletken polimer, yasak enerji bandı, yüzey iletkenliği, ince film.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF BANDWIDTH AND SURFACE CONDUCTIVITY OF SOME THIN FILM CONDUCTIVE POLYMERS

Tülay TORAN AKYAZ

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Physics Thesis of M.Sc.

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Oğuz KÖYSAL

February / 03 / 2012, 90

In this thesis, the changes in bandwidth and surface conductivity of thin films made from Polithiophene based P3HT, P3OT and F8T2 conductive polymers were investigated depending on coating rate, coating duration and concentration parameters. The solution prepared with used polymers concentration of 5 mg/mL and 10 mg/mL was deposited on the glass substrate using spin coating technique at coating rates of 1800 rpm and 3600 rpm. The values of 20 s, 40 s and 60 s were chosen as coating duration of thin film polymers. Band gap values of the thin film polymers were derived from the absorption plots obtained by UV-vis Spectrophotometry measurements. Surface morphology of the studied thin film polymers was analyzed with Atomic Force Microscope, and it was concluded that better surface is obtained for thin films prepared with used polymers of 10 mg/mL. Results show that surface conductivity of prepared conductive thin film polymers obtained by four-point probe measurement technique decreases with increasing concentration.

Keywords: Conductive polymer, bandwidth, surface conductivity, thin film.

İÇERİK

	Sayfa
TEZ SINAV SONUÇ FORMU	i
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR	iv
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
BÖLÜM 1. – GİRİŞ	1
1.1. Polimer Kavramı	1
BÖLÜM 2. – ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	2
2.1. İletken Polimerler	2
2.2. İletken Polimerlerin Yapısı	3
2.3. İletkenlik Mekanizması	6
2.3.1. Yasak Enerji Bandı	6
2.3.2. Yalıtkanlar	8
2.3.3. Yarı İletkenler	9
2.3.4. Metallerde İletkenlik	10
2.3.5. Elektriksel İletkenlik	10
2.3.6. Yarı İletkenlerin Optik Özellikleri	11
2.4. Bazı İletken Polimerler	13
2.4.1. Politiyofen	13
2.5. Bazı Polimerlerin Özellikleri ve Kullanım Alanları	14
2.6. İletken Polimerlerin Özellikleri ve Kullanım Alanları	17
BÖLÜM 3 –MATERYAL VE YÖNTEM	19
3.1. Kullanılan Malzemeler ve Kimyasallar	19
3.2. Numune Hazırlanmasında Kullanılan cihazlar	20
3.3. İnce Film Kaplama Yöntemleri	22

3.3.1. Fiziksel Kaplama Yöntemleri	22
3.3.1.1. Buharlaştırma	22
3.3.1.2. Sputtering	22
3.3.2. Kimyasal Kaplama Yöntemleri	23
3.3.2.1. Sol-Jel Yöntemi	23
3.3.2.2. Anadizasyon	23
3.3.2.3. Kimyasal Buhar Birikimi	23
3.3.2.4. Elektro Kaplama	23
3.3.2.5. Kimyasal Banyo Birikimi	23
3.3.2.6. Termoforez Yöntemi	24
3.3.2.7. Elektroforez Yöntemi	24
3.3.2.8. Yerleştirme Yöntemi	24
3.3.2.9. Püskürtme Yöntemi	24
3.3.3 İnce Film Oluşturma Yöntemleri	24
3.3.3.1. Daldırma Yöntemi	24
3.3.3.2. Döndürme Yöntemi ile Film Kaplama	26
3.4. Ölçümlerde Kullanılan Cihazlar	28
3.4.1. UV-Vis Spektrofotometresi	28
3.4.2. Dört Nokta İletkenlik Ölçümü	29
3.4.3. Atomik Kuvvet Mikroskobu	30
3.5. Kullanılan Polimerler	32
3.6. Cam Altlığın Hazırlanması	33
3.7. Çözelti Hazırlanması	34
3.8. İnce Film Hazırlanması	34
3.9. Alınan Ölçümler	34
BÖLÜM 4. –ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	35
4.1. UV-Vis Soğurum Spektrumları ve Yorumları	35
4.1.1. P3HT'nin UV-Vis Soğurum Spektrumları	35
4.1.2. P3OT'nin UV-Vis Soğurum Spektrumları	41

4.1.3. F8T2'nin UV-Vis Soğurum Spektrumları	47
4.1.4. P3HT, P3OT ve F8T2'nin UV-Vis Soğurum Spektrumları	53
4.2. Yasak Enerji Grafikleri ve yorumları	57
4.2.1. P3HT'nin Yasak Enerji Grafikleri	57
4.2.2. P3OT'nin Yasak Enerji Grafikleri	61
4.2.3. F8T2'nin Yasak Enerji Grafikleri	65
4.3. Yüzey İletkenlik Grafikleri ve Yorumları	69
4.3.1. P3HT'nin Yüzey İletkenlik Ölçümleri	69
4.3.2. P3OT'nin Yüzey İletkenlik Ölçümleri	69
4.3.3. F8T2'nin Yüzey İletkenlik Ölçümleri	70
BÖLÜM 5.- SONUÇLAR VE ÖNERİLER	71
5.1. Yasak Enerji Sonuçlarının Değerlendirilmesi	71
5.2. AFM Görüntüleri ve Sonuçlarının Değerlendirilmesi	73
5.2.1. P3HT'nin AFM Görüntüleri	73
5.2.2. P3OT'nin AFM Görüntüleri	77
5.2.3. F8T2'nin AFM Görüntüleri	81
5.3. Yüzey İletkenlik Sonuçlarının Değerlendirilmesi	85
5.4. Genel Değerlendirme ve Öneriler	87
KAYNAKLAR	88
Çizelgeler	I
Şekiller	II
Özgeçmiş	X

BÖLÜM 1.**GİRİŞ****1.1. Polimer Kavramı**

“Poli” kelimesi, Latince de çok anlamına gelen “polus” ve parça anlamına gelen “meros” kelimelerinden türetilmiş, “çok parça” anlamına gelen bir kelimedir. Polimerler, bileşim ve yapı bakımından birbirlerinin aynı olan çok sayıda grupların (merlerin) bir araya gelmesi ve kendi aralarında kovalent bağlarla bağlanması ile meydana gelirler. Kimyasal bağlar ile birbirine bağlanarak polimeri oluşturan moleküllere “monomer”, polimer oluşturma işlemine de “polimerleşme” denir. Polimerlere bazen “yüksek moleküllü bileşikler” yada “makromoleküller” de denir. Bu polimerlerin molekül kütlelerinin çok büyük olmasıyla ilgilidir.

Aslında polimerler çevremizdeki canlı ve cansız doğada çok yaygın olarak bulunan maddelerdir. Bu maddelerin tarihi yerkürenin oluşumu, kullanımı ise insan toplumunun tarihi kadar eskidir. Çünkü insanlar yüzyıllardır bu maddelerin bileşimi ve yapısı hakkında en basit bilgiye bile sahip olmadan onlardan çeşitli amaçlarla yararlanmışlardır (Basan, 2001).

Polimerler fiziksel, kimyasal ve optik özelliklerinden dolayı araştırmalarda çok sık kullanılmaktadır. Polimerler kristal ve amorf yapıda bulunabilmektedirler.

BÖLÜM 2.**ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR****2.1. İletken Polimerler**

Polimerler, ilk kullanımlarından bu yana elektriksel yalıtkanlığı iyi maddeler olarak bilinirler ve bu özelliklerinden dolayı elektriksel yalıtkanlığın arandığı kabloların kılıflanması gibi alanlarda önemli kullanım alanı bulmuşlardır. Kolay işlenmeleri, esneklikleri, estetik görüntüleri, hafiflik ve kimyasal açıdan reaksiyona girmeyen madde olmaları da diğer bazı üstün özellikleridir.

Metaller elektriksel iletkenliği yüksek, üstün mekaniksel özelliklere sahip bir başka madde grubunu oluşturur. Ancak metaller polimerlerden ağır, pahalı ve polimerler gibi kolayca şekillendirilemezler. Korozyon metaller için önemli bir başka sorundur. Metallerin elektriksel iletkenlik ve mekaniksel özelliklerini, polimerlerin esneklik, hafiflik vb. özellikleriyle birleştirerek bir tek malzemede toplayabilmek her zaman ilgi çeken bir araştırma noktası olmuştur.

Bu amaçla yapılan ilk yaklaşımlar polimerlerin uygun iletken maddelerle karışımlarının hazırlanmasına yöneliktir. Denenen yollardan birisi polimerlere metal tozları gibi parçacıkların katılması ve iletkenliğin polimer örgüsüne sokulan metal faz üzerinden sağlanması olmuştur (Saçak, 2004). Polimer içerisinde uygun bir tuz çözünme iyonik iletkenlikten yararlanmak bir başka yaklaşımdır. Bahsedilen iki yaklaşımda da polimerin kendisi yalıtkanlık özelliğini korur ve yalnız iletkenliği sağlayan diğer bir bileşen için taşıyıcı faz işlevi yapar. Bir polimerin kendisinin doğrudan elektriği elektronlar üzerinden iletebileceği ilk kez poliasetilen üzerine yapılan çalışmalarla anlaşılmıştır (Saçak, 2004).

Mc Diarmid, Shirakiwa, Heeger ve çalışma arkadaşlarının, iyot doplanmış poliasetilenin (PAC) iletkenliğinin arttığını (Chiang ve ark., 1977) gözlemelerinden sonra, iletken polimerler çok büyük ilgi görmüş ve birçok uygulama alanında önemli yer bulmuştur. Heeger ve arkadaşları bu buluşlarından dolayı 2000 yılında Nobel (Kimya) ödülüne layık görülmüşlerdir (Heeger ve ark., 2000).

Poliasetilen, Shirakawa ve arkadaşları tarafından 1974 te, Ziegler Natta (K. Ziegler ve G. Natta; Nobel 1966 kimya ödülü) katalizini kullanarak sentezlenmiştir. Asetilen daha gümüş renkli, parlak görünümlü bir film hazırlanana kadar siyah bir toz olarak bilinirdi. Bununla birlikte, 1977 de, Shirakawa, MacDiarmid ve Heeger klor (chlorine) brom (bromine) veya iyot (iodine) buharı ile yükseltgenme (oxidation) yaptıkları polimer

filmlerinin, orijinal hallerinden, 10^9 kez daha iletken olduklarını buldular (Shirakawa ve ark., 1977). Bu değer yalıtkan karakterli teflonun iletkenliği olan 10^{-18} S/cm den çok yüksek olmakla beraber gümüş, bakır gibi metallerinin iletkenliği olan 10^6 S/cm düzeyine de yakındır.

Günümüzde polipirol, polianilin, politiyofen, polifuran, poli(N-vinilkarbozol) gibi çok sayıda polimerin iletken olduğu bilinmekte, bazılarının toz, süspansiyon, film veya levhalar halinde ticari üretimi yapılmaktadır. Ana bileşimi polipirol olan lifler, polipirol ve polianilin kaplı karbon tozları, polipirol kaplı lifler diğer ticari ürünlere örneklerdir. İletken polimerler içerisinde polipirol ve polianilin özel bir yeri vardır ve bu iki polimer organik metal olarak adlandırılırlar.

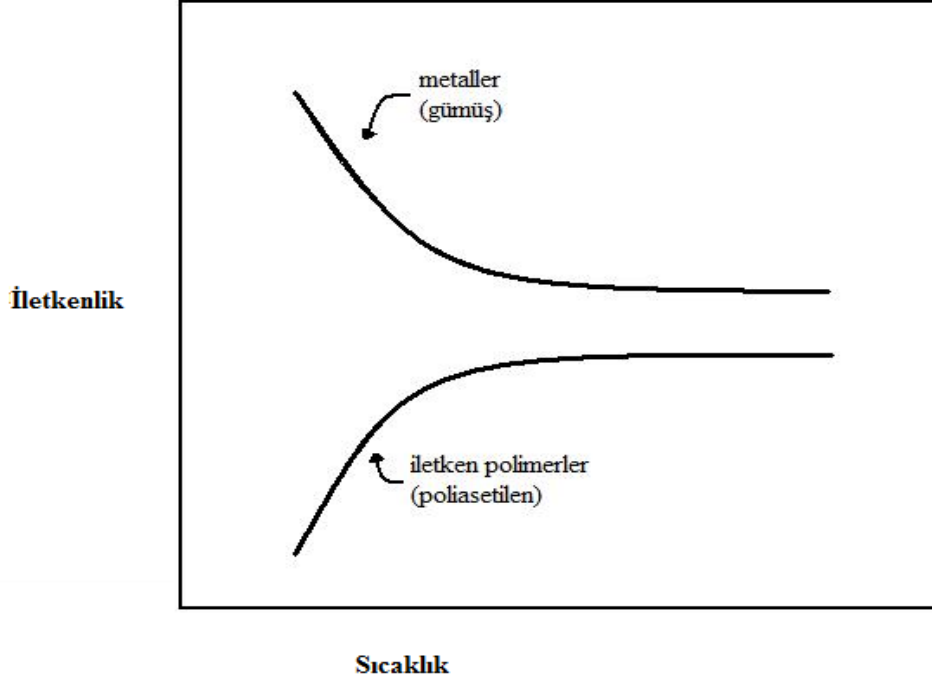
İletken polimerlerin kullanılabilecekleri diğer alanlar arasında yarı iletken çipler, entegre devreler, hafif pil bileşenleri, sensörler, antistatik kaplama, antistatik ambalaj ve paketlenme malzemelerinin yapımı sayılabilir. Ayrıca transistör, diyot, LCD televizyon ekranı ve güneş paneli türü malzemelerin yapımına da uygundur. Ancak iletken polimerlerin erimez ve çözünmez oluşları istenilen amaca yönelik şekillendirilmelerini engeller ve kullanım yerlerini sınırlar (Saçak, 2004).

Korozyona dayanıklı oldukları için ince polimer filmler koruyucu yüzey yapımında kullanılır. Optik fiber iletiminde (Yimsiri ve Mackley, 2006), bataryalarda, elektrik malzemelerinde yalıtkan oldukları için tercih edilirler. Isık yayan polimer diyotlar, görüntüleme sistemlerinde kullanılır (Smarsly ve Granweiter, 2003). Sert ve sağlam molekül yapılarından dolayı inşaat sektöründe kullanılırlar (Karunagaran ve ark., 2005). Çözünürlükleri sınırlandırılabilirdiği için metal katkı polimerler (PMMA-polymethymethacrylate) katı boya lazerlerinde kullanılır (Sukuraman ve Ramalingan, 2006).

2.2. İletken Polimerlerin Yapısı

İletken polimer kavramı, kendi örgüsü içerisindeki elektronlarla yeterli düzeyde elektriksel iletkenliği sağlayan polimerler için kullanılır (Saçak, 2004). İletken polimeri sentezlemek için kimyasal ya da elektrokimyasal polimerizasyon yaygın olarak kullanılır (Kumar ve Sharma, 1998).

Polimerlerin elektronik iletkenlik gösterebilmesi için polimer örgüsünde elektronların zincir boyunca taşınmasını sağlayan uygun yerlerin bulunması gerekir. Bu koşulu ana zincirde konjuge çift bağları bulunan polimerler sağlar (Saçak, 2004).

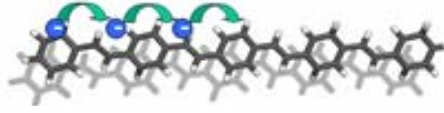


Şekil 2. 1. Sıcaklığın, iletken polimerlerin ve metallerin iletkenlikleri üzerine etkisi.

Sıcaklığın değişmesiyle birlikte termal etkiyle iletkenlik bandına geçen elektronların sayısı değişir. Sonuç olarak yalıtkan ve yarı iletkenlerin elektriksel iletkenliği sıcaklık ile artar, tam tersine metallerin iletkenlikleri artan sıcaklık ile düşer (Rainde ve Diaz-Calleja, 2004). İletken polimerlerde ise metallerden farklı olarak iletkenlik sıcaklık ile üstel olarak artar.

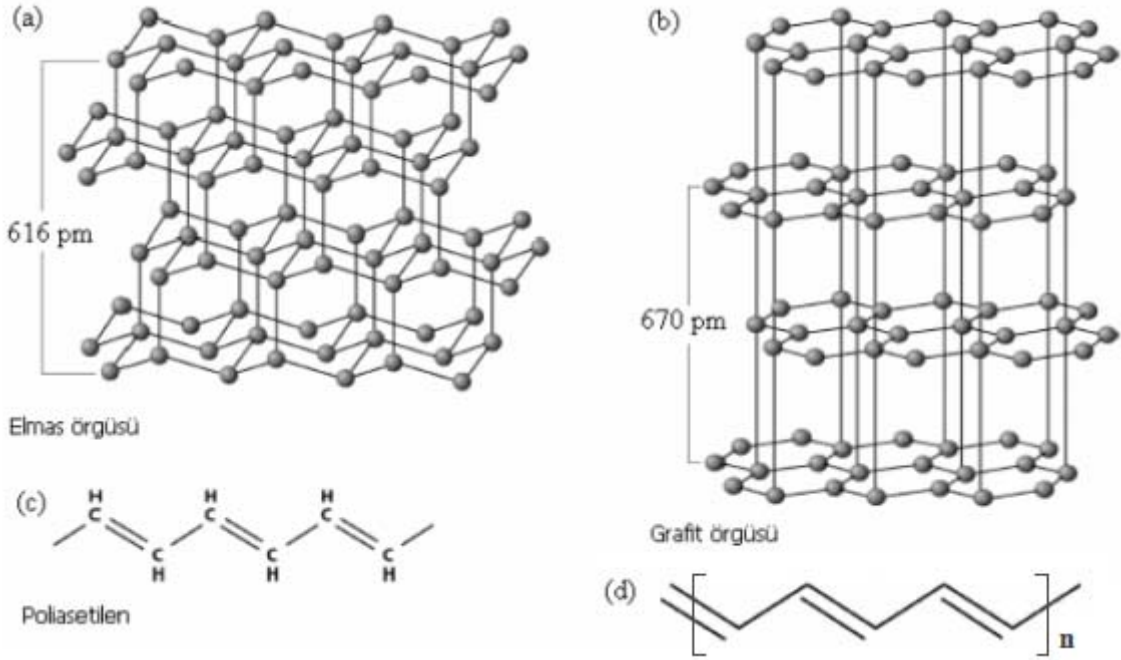
Konjugasyon yüksek düzeyde iletkenlik için yeterli değildir. Konjuge çift bağlı polimerlerin iletkenliği katkı işlemiyle artırılır. Katkı işlemiyle polimer yapısına iletkenliği sağlayacak olan elektronlar verilir veya elektronlar alınarak polimer örgüsünde artı yüklü boşluklar oluşturulur. Polimerlerin yük taşımalarını sağlamak için polimere uygulanan işleme dopant denir. Polimeri herhangi bir dopanta maruz bırakılırsa dop etmiş oluruz. İletken polimerlerde iletkenliğin nasıl sağlandığı çok basit bir yaklaşımla bu boşluklar üzerinden açıklanabilir. Artı yüklü bir boşluğa başka bir yerden atlayan elektron geldiği yerde de artı yüklü boşluk oluşturacaktır. Bu işlemler ardı ardına zincir boyunca veya zincirler arasında yinelenerek elektrik iletilir.

Bazı maddelerin özellikleri genellikle yönetime bağlıdır. Bunlara “anizotropik” malzemeler denir.



Şekil 2.2. Polimerde zincir boyunca yük iletimi.

Şekil 2.3’de karbon atomları içeren üç farklı malzeme (elmas, grafit, poliasetilen) görülmektedir.



Şekil 2.3. a) elmas, b) grafit, c) ve d) poliasetilen.

Elmas (sp^3 hibritleşmesi), sadece σ bağlarını içerdiği için bir yalıtkandır. Aynı zamanda yüksek derecede simetrik yani izotropiktir. Grafit ve poliasetilen (sp^2 hibritleşmesi) ise π bağları da içerdiklerinden dop edilerek iletken haline getirilebilirler. Grafit halkarındaki iletkenlik, bu halkalara dik olan düzlemden 10^6 kat daha büyüktür. Fakat halkadaki iletkenlik halka boyunca kısa devre yapabileceğinden grafit makroskobik olarak iyi bir iletken olmayabilir. Poliasetilen ise böyle halkalar içermediği için makroskobik düzeyde iletken olabilir. Ama onunda iletkenliği yönetime bağlıdır. Bu yüzden elektriksel iletkenlik için grafit ve poliasetilenin anizotropik olduğunu söyleyebiliriz.

Polimerler, üst üste binmiş sp^2 hibrit orbitalleri sonucu oluşan ve kimyasal olarak oldukça kararlı σ bağlarına sahiptirler. Her çift bağda bu güçlü bağa ek olarak daha zayıf bir bağ vardır. Bu bağa da π bağı denir.

Konjüge polimerler, iki nedenden dolayı iyi iletkenlerdir. Birincisi, her tekrarlayan yapı bir redox bölgesidir ve bu bölgedeki dopant sayesinde, elektronik yapıda yük taşıyıcıları oluşturulur. İkincisi ise oluşturulan bu yük taşıyıcılarının komşu birimden çekilmesi ile zincir boyunca bir yük taşıyıcısı delokalizasyonuna ve bu durum da yük taşıyıcısı transferine neden olur. Polimer zincirindeki herhangi bir düzensizlik, yük taşıyıcısı hareketini, yani elektriksel iletkenliği kısıtlar (Heeger, 2001).

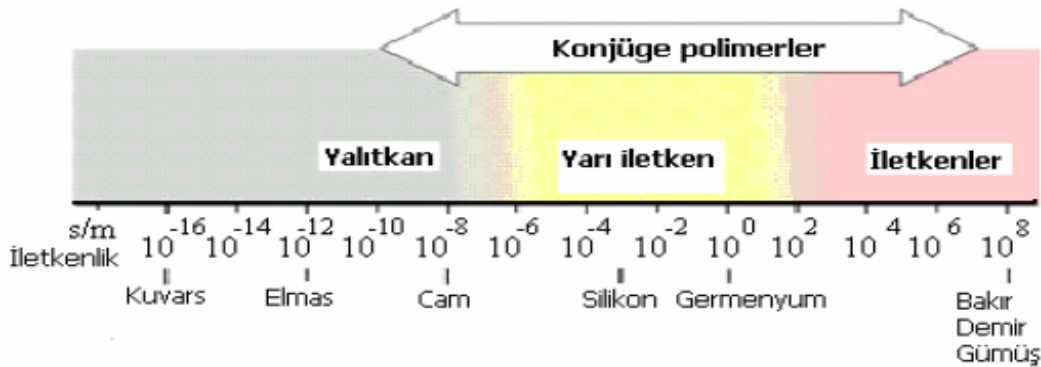
Poliasetilende zincir boyunca iyi olan elektriksel iletim, zincirlere dik yönde zayıflar. Poliasetilen filmler çekme ile yönlendirilerek anizotropik özelliği artırılırsa, iletkenliğinin 100 kat kadar arttığı görülmüştür (Saçak, 2004).

2.3. İletkenlik Mekanizması

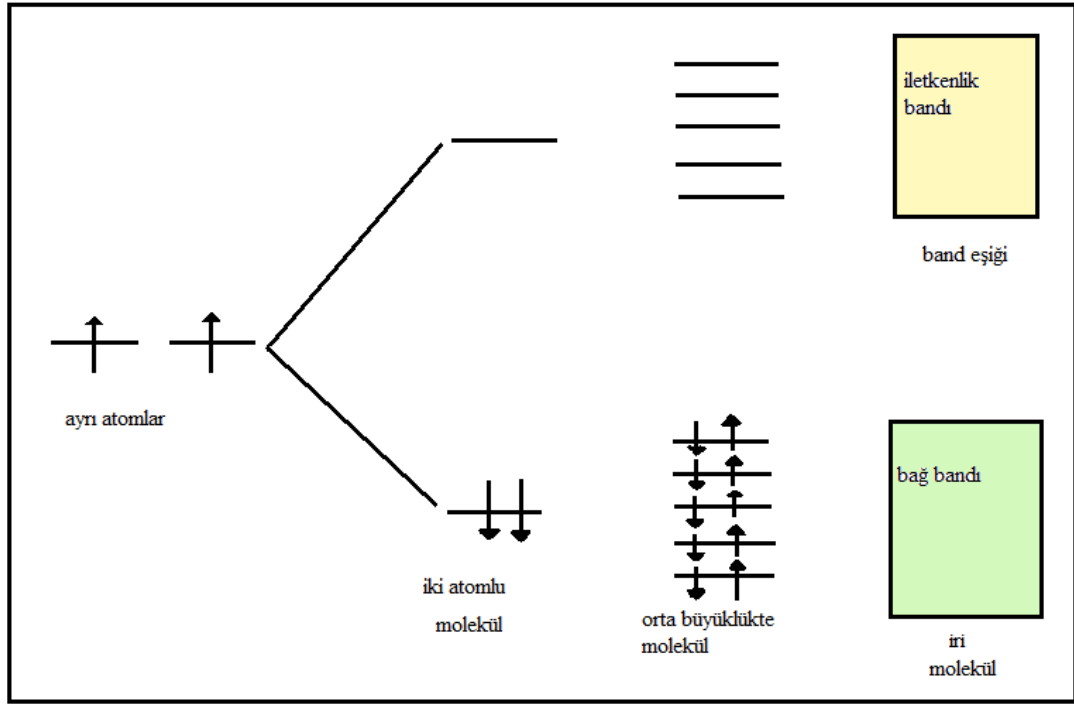
Elektriği, elektronik yolla ileten poliasetilen, polianilin, polipirol gibi polimerlerde iletkenlik mekanizması henüz tam olarak aydınlatılamamıştır. Elektriksel devrelerde diğer metaller veya bakır teller yerine hafif olduğu için poliasetilen lifleri kullanmak mümkündür. Ayrıca bataryalarda ve yakıt hücrelerinde de hafif elektrotlar olarak poliasetilenin kullanılması uygundur. Polianilin'in ise diğer polimerlere göre hızlı ve kolay hazırlanabilmesi, neme ve yükseltgenmeye karşı kararlı oluşu gibi sahip olduğu avantajlardan dolayı kuru ve nemli pil yapımında kullanılabileceği önerilmiştir (MacDiarmid ve ark., 1987).

2.3.1. Yasak Enerji Bandı

Birer elektronu bulunan benzer iki atomun bir araya gelerek oluşturduğu iki atomlu bir bileşiğin (H_2), bağ yapmadan önceki ve bağ yaptıktan sonraki elektron enerjisi Şekil 2.5 de görülmektedir.



Şekil 2.4. İletkenliğin maddelere göre değişimi.



Şekil 2.5. Farklı büyüklükteki moleküllerin oluşumunda elektronların buldukları enerji düzeyleri.

Bağ oluşumu sırasında iki yeni enerji düzeyi ortaya çıkar. Bunlar, iki elektronun bulunduğu bağ enerji düzeyi (bağ orbitali) ve boş olan antibağ enerji düzeyidir (antibağ orbitali). Bağ enerji düzeyindeki elektronlar, ısı veya ışık etkisiyle yeterli enerji alarak daha yüksek enerjili antibağ enerji düzeyine çıkabilirler.

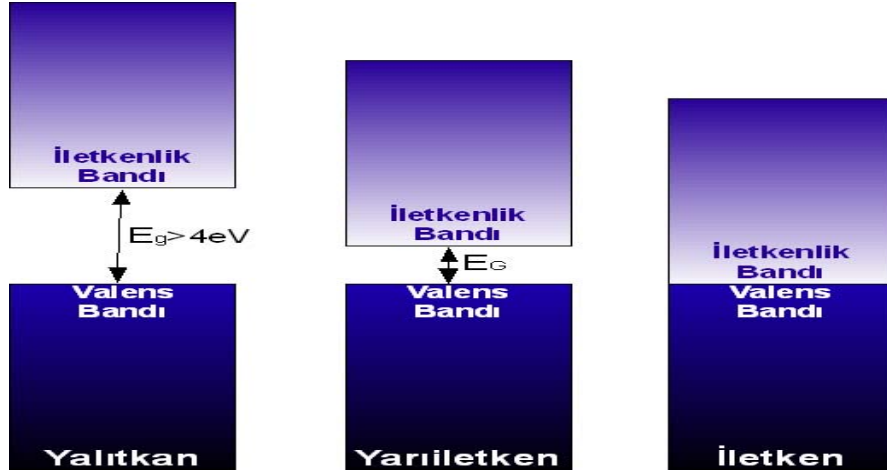
Daha karmaşık moleküller (birden fazla elektronu olan moleküller) arasındaki bağ oluşumu da aynı şekilde açıklanabilir. Moleküle her yeni atom katılmasında, molekülün elektronik yapısına yeni bir bağ ve antibağ enerji düzeyi eklenir. Bu durum, yine Şekil 2.5 de orta büyüklükteki bir molekül için gösterilmiştir.

Molekül büyüklüğü arttıkça bağ orbitallerinin sayısı artar ve orbital enerji düzeyleri arasındaki fark azalır. Bir noktada birbirinden net ayrılmış enerji düzeyleri yerine sürekli görünümdeki bir enerji bandı oluşur. Bu banda bağ bandı veya değerlik (valens) bandı denilir. Bağ bandı içerisinde bulunan elektronlar kolayca yerlerini değiştirerek bant içerisinde hareket edebilirler.

Bağ bandı oluşumuna benzer şekilde sayıları sonsuza yaklaşan antibağ orbitalleri de başka bir enerji bandı (iletkenlik bandı) oluşturur. Yüksek mol kütleli polimerlerde yüzlerce, binlerce atom bulunacağı için molekül orbitallerinin sayısı oldukça fazladır.

Bağ bandı ve iletkenlik bandı arasındaki aralığa bant eşiği (veya bant aralığı), bu aralığın geçilmesi için gerekli enerjiye ise bant eşik enerjisi adı verilir. Maddelerin

yalıtkan, yarı-iletken, iletken şeklinde elektriksel iletkenlikleri açısından gruplandırılmasında bant eşik enerjisinin büyüklüğü önemlidir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Yalıtkan, yarı-iletken ve iletken maddelerde bant aralığını gösteren şematik gösterim.

2.3.2. Yalıtkanlar

Elektriksel iletkenlikten; iletkenlik bandında, bağ bandında veya bant eşikindeki yeni bir enerji düzeyinde bulunan çiftleşmemiş elektronlar sorumludur. Bu tür serbest elektronlar, sisteme uygulanan potansiyele bağlı olarak uygun yönde hareket ederler (Saçak, 2004).

Maddelerin elektriksel özellikleri elektronik band kuramına ve bandlardaki elektron dağılımına bağlıdır. Bandlar tamamen dolu ya da boş olduğunda hiçbir iletim meydana gelmez (Şekil 2.6). Eğer band aralığı termal harekete geçme enerjisine (bant eşik enerjisi) göre darsa, elektronlar iletkenlik bandına geçerler ve iletkenlik yükselir. Band aralığı çok geniş olduğunda termal hareketlilik elektronların iletkenlik bandına geçmesi için yeterli olmaz ve madde yalıtkan özellikte olur (Smyrl ve ark., 1993).

Bağ bandı enerji düzeyleri tamamen elektronlarca dolu olduğunda elektronların bir yöne akımını sağlamak zordur. Böyle bir sistemde ısı veya ışık uyarısıyla serbest elektronlar oluşturulabilir. Yeterli enerjiye ulaşan bağ bandının en üst düzeyindeki elektronlar, bant eşikini geçerek iletkenlik bandının en alt düzeyindeki enerji seviyesine yerleşirler. Yalıtkanlarda bant eşik bu geçişe izin vermeyecek kadar geniştir. Geleneksel polimerlerin çoğu benzer davranış gösterdikleri için yalıtıcıdır.

Bazı yalıtkan maddelerin iletkenlikleri üzerine sıcaklık veya voltajın etkisi bant eşik kavramıyla açıklanamaz. Bu nedenle maddelerin yalıtkan ve yarı-iletken şeklinde

ayırımında bant eşik enerjisinin büyüklüğü yeterli değildir. Yalıtkanlarda bant aralığının yüksek olması, yalıtkanlar ve yarı-iletkenler arasındaki farklardan yalnızca birisidir (Saçak, 2004).

Yalıtkan maddelere iyi bir örnek elmadır. Elmadı karbon atomları birbirlerine tetrahedral olarak bağlıdır. Karbon atomlarının değerlik orbitallerinin birbirleri ile etkileşimi sonucu, elmadı tamamen dolu bir band ile tamamen boş bir band oluşur. Karbonun bağ yapan orbitalleri dolu bandı oluştururken, antibağ orbitalleri boş bandı oluşturur. Dolu band ile boş band arasındaki enerji farkı $E_g = 6 \text{ eV} = 579 \text{ kJ/mol}$ 'dür. Normal sıcaklıklarda termal enerji düşük bandaki elektronları üstteki banda uyarımayaya yetmeyeceğinden, elmadı bir yalıtıktır (Tunalı ve Özkar,1999).

2.3.3. Yarı iletkenler

Yarı iletkenlerde bant eşik enerjisi, yalıtkanlardan daha küçüktür ve iletkenlikleri $10^{-6} - 10^2 \text{ S/cm}$ aralığında değişir. Bu düzeydeki elektriksel iletkenlik düşük gibi gözükse de, yeterli elektrik akımı sağlayacak büyüklüktedir. Ana zinciri üzerinde ardarda tek ve çift bağ sıraları içeren konjuge polimerler yarıiletkenlik gösterebilirler.

Yarı iletken polimerlerde valens bandı ve iletkenlik bandı arasındaki enerji seviyesi yeterince düşük olduğunda, ısı veya ışık etkisiyle serbest elektronlar iletkenlik bandının en düşük enerji düzeyine geçebilirler. Bu elektronlar iletkenlik bandı içerisinde hareket ederek yük taşıyıcı işlevi yapar ve zincir boyunca ilerleyerek artı yüklü yöne doğru yönlendirir. Bu sırada bağ bandı içerisinde kalan artı yük boşluğu, polimer zinciri üzerinde elektrona ters yönde hareket eder. Elektriği bu yolla ileten maddelere intrinsik yarıiletkenler denir ve iletkenlikleri sıcaklık ya da ışık yoğunluğunun artışıyla yükselir.

Serbest elektron oluşturma yollarından ikincisi, dışarıdan yapılan bir etkiyle polimerden elektron almak veya polimere elektron vermektir. İndirgen ya da yükseltgen kimyasallar veya elektrokimyasal yöntemler bu amaçla kullanılabilir.

Polimere uygun yöntemlerle elektron verilmesine veya elektron uzaklaştırılmasına doplama veya dop etme denir. Doplama amacıyla kullanılan kimyasal maddelere dopant adı verilir. Polimer sentezinde kullanılan dopantın türü polimerin iletkenlik düzeyini etkiler (çizelge 2.1). Dop işlemiyle yük taşıyıcılarının sayısı artırılır. Polimere elektron verilmiş ise, bu elektronlar bant eşiginde yeni bir enerji düzeyine yerleşebilir ve bant eşik enerjisini düşürür.

Çizelge 2.1. Değişik asitlerle dop edilmiş polianilin'in iletkenlik değerleri.

Asit	İletkenlik (S/cm)
Hidroklorik asit	1.7×10^{-1}
Fosforik asit	4.5×10^{-2}
Formik asit	3.3×10^{-4}
p-toluen sülfonik asit	4.6×10^{-6}

İletken polimerler dop edilmiş halinden andop edilerek yeniden yalıtkan şekline dönüştürülebilir. Örneğin, sentezinde HCl kullanılarak klor iyonlarıyla (dopant) dop edilmiş iletken durumdaki polianilin, 2 M NaOH içerisinde bekletildiğinde dopant uzaklaşır ve polimer iletkenliğini kaybeder (Saçak, 2004).

2.3.4. Metallerde İletkenlik

Çoğu metal atomu çiftlenmemiş elektrona sahiptir ve komşusu bir başka metal atomuyla da kovalent bağ yapmaz. Bu nedenle metallerin bağ bandı kısmen dolu, iletkenlik bandı ise boştur. Ayrıca, elektron hareketi için engel oluşturan bir bant eşiği de söz konusu değildir. Metal elektronları, değerlik bandın düşük enerjili orbitallerinde yüksek olasılıkla bulunurlar ve aynı bant içerisinde veya aynı bant ile örtüşmüş iletkenlik bandında geçebilecekleri daha üst enerji düzeyli boş yerler her zaman vardır. Elektron iletimi kısmen dolu değerlik ya da iletkenlik bandı üzerinden kolayca sağlanır.

Sodyum atomlarının 3s yörüngesinde tek elektron bulunur ve valens bandı dolu değildir. Metalik sodyumda molekül orbitali söz konusu olmadığı için, 3s yörüngesindeki tek elektron, aynı valens band içindeki daha yüksek enerjili boş yerlere kolayca hareket ederek elektrik iletimini sağlar.

2.3.5. Elektriksel İletkenlik

Ohm yasasına göre potansiyel (V) ve akım (I) arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir. $V = I \times R$

(2.1)

Eşitlikte yer alan potansiyelin birimi Volt, akımın ise Amperdir. Orantı katsayısı olan R ise ohm (Ω) biriminden direnci gösterir, direncin tersi iletkenlik olarak bilinir.

Ohm yasasına göre elektiriği ileten maddelerin dirençleri örnek uzunluğu (ℓ) ile doğru, kesit alanı (S) ile ters orantılı olarak değişir.

$$R = \frac{g\ell}{S} \quad (2.2)$$

Denklem (2.2)'deki g , Ω cm biriminden özdirençtir; özdirençin tersine öziletkenlik (σ) denir.

$$\sigma = \frac{1}{g} \quad (2.3)$$

Öziletkenlik birimi bu durumda $1/\Omega$ cm dir. $1/\Omega$ birimi için ayrıca Siemens (S) tanımı da kullanılır ve öziletkenlik birimi S türünden S/cm olur.

Bir maddenin iletkenliğinin büyüklüğü, örgüsündeki yük taşıyıcıların sayısı (n) ve bunların hareket yetenekleriyle (μ) yakından ilişkilidir. Bu ilişki, e^- elektron yükünü

göstermek üzere,

$$\sigma = n\mu e \quad (2.4)$$

şeklindedir. Artı yük taşıyıcıların (kation veya artı yük boşluklar) bulunduğu tuz çözeltilerinde ve yarı iletkenlerde, artı yük taşıyıcıların iletkenliğe olan katkısı yukarıdaki bağıntıya eklenmelidir.

Sıcaklığın artırılmasıyla metallerin iletkenliği azalır, iletken polimerlerin iletkenliği ise artar. Bazı metaller yeterince düşük sıcaklıklarda süper iletken davranışa geçebilir (Saçak, 2004).

2.3.6. Yarıiletkenlerin Optik Özellikleri

Bir yarı iletken üzerine foton gönderildiğinde; atomların elektronları ile fotonların etkileşmesi sonucu soğurma (absorption), geçirgenlik, yansımaya ve kırılma gibi bazı optik olaylar meydana gelir (Askeland, 1998). Soğurma bir malzemenin içerisindeki elektriksel yüklerin malzeme üzerine düşürülen elektromanyetik dalgalarla etkileşmesi sonucunda ortaya çıkan enerji kaybı olarak tanımlanmaktadır. Bu enerji kaybı materyalin atomları tarafından kullanılır. t kalınlığında herhangi bir materyal, elektromanyetik dalga ile etkileştiğinde, soğurma

$$I_p = I_{p_0} e^{-\alpha t} \quad (2.5)$$

eşitliği ile verilir. Burada, I_{p_0} ; malzeme üzerine gönderilen elektromanyetik dalganın şiddetini, I_p ; t kalınlığındaki materyalden geçen elektromanyetik dalganın şiddetini ve α ; soğurma katsayısını ifade etmektedir.

$$A = \log_{10} \left(\frac{I_{p_0}}{I_p} \right) \quad (2.6)$$

$$\alpha = 2.303 \frac{A}{t} \quad (2.7)$$

eşitlikleri ile bulunur. A soğurganlık olup, α soğurma katsayısı, elektromanyetik dalganın dalga boyuna, malzemenin yoğunluğuna ve malzemenin yasak enerji aralığına bağlı olarak değişir (Nadeem ve Ahmed, 2000). Bir numuneden yayınlanan bir karakteristik ışının dalga boyu bu materyale özgü bir özellik olduğu gibi, soğurma sınırının dalga boyu da soğurucu numunenin bir karakteristiğidir. Yarıiletkenlerin bant yapılarının araştırılmasında en yaygın olarak optik soğurma yöntemi kullanılır. Bir yarıiletkenin sahip olduğu bant tipi ve yasak enerji aralığı hakkında bilgiyi bu yöntemle elde etmek mümkündür (Cullity, 1996). Değerlik ve iletim bantları arasındaki geçişler soğurma kenarına yol açar ve direkt geçişler için yasak enerji aralığının altında soğurma olayı beklenmez (Natsume ve Sakata, 2000). Soğurma olayında, yarıiletken malzeme üzerine gelen bir foton enerjisi, yarıiletkenin yasak enerji aralığına eşit veya ondan daha büyük olduğunda, yarıiletkenin değerlik bandındaki bir elektron bu fotonu soğurur ve elektron değerlik bandından iletim bandına geçer. Bu geçişin ardından elektron ardında bir delik bırakır, böylece elektron delik çifti oluşturulur. Temel soğurma olayında frekansı ν olan bir fotonun enerjisi $h\nu$ olmak üzere,

$$h\nu \geq E_g \quad (2.8)$$

$$E_g = \frac{hc}{\lambda_g} \quad (2.9)$$

şeklinde verilir. Bu eşitlikte, λ_g yarıiletkenin yasak enerji aralığının enerji değerine karşılık gelen fotonun dalga boyunu, c ise ışığın boşluktaki hızını göstermektedir. Bu dalga boyu değerinden daha küçük dalga boylu fotonlar yarıiletken tarafından soğurulurken, daha büyük dalga boylu fotonlar soğurulmadan geçerler (Bedeaux ve Vlieger, 2001).

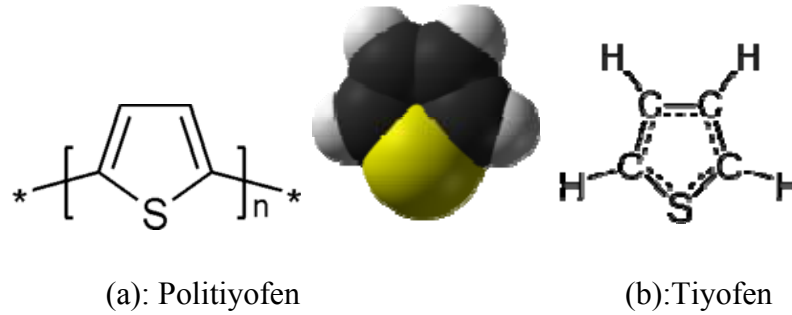
Yarıiletken malzemelerin optik ölçüm sonuçlarından biri de yasak enerji aralığının belirlenebilmesidir. Yarıiletkenlerin yasak enerji aralığı temel soğurma spektrumunun ölçülmesiyle bulunur. Temel soğurma spektrumu kullanılarak çizilen $(\alpha h\nu)^2 \sim h\nu$ değişim

grafığıyle yasak enerji aralığı hesaplanabilir. Bu grafığın lineer kısmından $h\nu$ eksenine çizdiğimiz doğrultunun, $h\nu$ eksenin $(\alpha h\nu)^2 = 0$ 'da kestiği noktanın enerji değeri yarıiletkenin yasak enerji aralığını vermektedir (Natsume ve Sakata, 2000) (Kösemen, 2009).

2.4. Bazı İletken Polimerler

2.4.1. Politiyofen

Politiyofen, tiyofenden hem kimyasal hem de elektrokimyasal yöntemle sentezlenen bir diğer iletken polimerdir. Ancak, iletkenliği diğer iletken polimerlere göre daha düşüktür. (10^{-3} - 10^{-4} S/cm) ve atmosfer koşullarında kararsızdır (Saçak, 2004).



Şekil 2.7. (a)Politiyofen, (b) tiyofen'in morfolojik gösterimleri.

Polytiyofenler gösterildiği gibi, onların konjuge zincirlerinden kaynaklanan ilginç optik özellikleri gösterirler.

Politiyofen ve türevlerini iletken polimerler içerisinde ilgi çekmesinin en önemli iki nedeni kararlılıkları ve organik çözücülerde çözünür olmalarıdır. Bu özellikler iletken polimerlerin pratik uygulamaları için önemlidir. En önemlisi, politiyofofen hem yükseltgenmiş (p-doping) hem de nötral (undoped) formlarında suda ve havada kararlıdır. Poli-3-alkiltiyofen gibi bazı politiyofofen türevleri organik çözücüler içerisinde çözünürler. Böylece, bu polimerler klasik teknikler kullanılarak kolaylıkla işlenebilir.

Politiyofofen sülfürik asit katalizörlüğünde yaklaşık 100 yıl önce kimyasal olarak sentezlenmiştir. Polimerizasyon hidrojen florür, demir III klorür, alüminyum klorür, trifloroasetik asit veya Ziegler katalizörleri kullanılarak gerçekleştirilebilir. Ancak bu metod ile tetrahidrotiyofen ünitelerini içeren politiyofofen zincirlerini meydana getirir. Politiyofofen sentezi için diğer bir alternatif yol Grignard reaksiyonlarıdır. Elektrokimyasal

polimerizasyon ile daha kaliteli ve saf polimerler elde edildiğinden bu yöntem daha çok tercih edilmektedir (Sığırcık, 2011).

2.5. Bazı Polimerlerin Özellikleri ve Kullanım Alanları

Çizelge 2.2. Bazı polimerlerin özellikleri ve kullanım alanları (Saçak, 2004).

Polimerler	Özellik	Kullanım Alanı
Fenolik reçineler	Kimyasal korozyona karşı yüksek dirençli, iyi ısısal kararlılık, düşük nem geçirgenliği ve kolay işlenebilirlik.	Yapıştırıcılar, elektrik aletleri parçaları, kalıplanmış malzemeler, levha ve plakalar, fren astar ve balatasında.
Amino reçineleri	Kimyasal direnç, üstün yüzey sertliği, iyi ısısal kararlılık ve iyi renk koruma.	Dekoratif malzeme, yapıştırıcılar, levha ve plakalar, tekstil işlemlerinde kalıplanmış malzemeler, kontrplak ve kağıt kaplama.
Poliesterler	Alevlenmeye ve kimyasallara karşı üstün direnç, düşük fiyat, üstün mekaniksel ve elektriksel özellik, üstün ısısal kararlılık.	Yapı malzemeleri, levha ve plaka, hava ve deniz taşıt parçaları, lif dekoratif malzeme, misina ve kayak malzemesi.
Alkit reçinleri	Kimyasal direnç, üstün elektriksel ve ısısal özellik ve geniş esneklik-sertlik aralığı.	Elektriksel yalıtkan, boyalar, cam macunu, elektronik alet parçaları ve cam lifi takviyeli parçalar.
Polikarbonat	Şeffaf, iyi sürünme direnci, lekelenmeye karşı direnç, yüksek kırılma indisi, iyi boyutsal kararlılık ve üstün	Yalıtkan malzeme, metal malzeme yerine, lens, elektrik aletleri parçaları, fotoğraf filmi, döküm kalıplama ve emniyet

	kimyasal ve elektriksel özellik.	baretleri.
Poliamit	Kimyasal direnç, sertlik, iyi aşınma direnci, kolay kalıplanabilirlik, hafiflik ve düşük sürtünme katsayısı.	Şişe, lastik, lif, paketleme, dikiş ipliği, çeşitli aletler, dişli ve misina.
Poliüretan	İyi kimyasal fiziksel ve elektriksel özellikler, diğer reçinelerle kullanıldığında üstün ürün çeşitliliği.	Roket yakıtı bileşeni, izolasyon, köpük ve elastomer.
Polieter	Değişik biçim ve boyutta kolay işlenebilirlik, çoğu asit alkali ve tuzlara karşı üstün direnç.	Su saati parçaları, vana, pompa dişlileri ve tabakalar.
Epoksi	İyi yapışma özelliği, üstün elektriksel özellik, iyi ısı yalıtımı, setlik, düşük büzülme ve sütn kimyasal direnç.	Yer döşemesi, yapıştırıcılar, ince levha ve plakalar, yüzey kaplamaları ve astarlar.
Silikon	Esneklik, inert, oksidasyona direnç, üstün elektriksel özellik ve iyi ısıl özellik.	Kauçuk, su itici malzeme, levhalar, köpüklenmeyi önleyici ve kapsülleme malzemesi.
Polietilen	Dış ortamda neme karşı iyi direnç, esneklik, zayıf mekaniksel kuvvet ve üstün kimyasal direnç.	Kap ve kutular, oyuncak, mutfak eşyaları, kaplamalar, boru ve tüp, kablolarda yalıtkan tabakalar ve paketleme ve ambalaj filmi.

Polipropilen	Kokusuz ve şeffaf düşük yoğunluk, iyi ısı direnç, üstün yüzey sertliği, kırılmazlık, üstün kimyasal direnç ve iyi elektriksel özellik.	Levha ve tabakalar, lif boru ve tüp, elektronik alet parçaları, oyuncak, mutfak eşyaları, tıbbi malzeme(steril edilebilir.) ve çeşitli aletler.
Poli(vinil klorür)	Üstün fiziksel ve kimyasal özellik, işleme kolaylığı, nispeten düşük fiyat diğer polimerlerle iyi uyum ve üstün kimyasal direnç.	Boru ve tüp, yapıştırıcı, inşaat malzemesi, atık su deposu, su tesisat malzemesi ve yağmurluk.

Çizelge 2.3. Bazı polimerlerin özellikleri ve kullanım alanları (Hazer, 1993).

Polimerler	Özellik	Kullanım Alanı
Aromatik poliamidler	Yüksek sıcaklık dayanıklılığı.	Organik malzemeye takviye malzemeler.
İyonomerler	Mükemmel sertlik, aşınmaya dayanıklılık, esnek, düşük sıcaklık malzemeleri.	Paketleme, topuk yükseltme, kayak botları, oto tamponları, golf topu dış yüzeyleri.
Furanlar	Asit ve boyalara mükemmel dayanıklılık, iyi yapıştırıcılık.	Levhalar, yüzey kaplayıcıları, taban döşemeleri roket yakıt tankları için kaplamalar.
Florokarbonlar	Düşük sürtünme, düşük geçirgenlik, düşük nem, absorpsiyonu, Mükemmel kimyasal inertlik, düşük dielektrik sabiti.	Elektrik yalıtımı, mekanik yapıştırıcılar, çok düşük sıcaklıkta kullanılan aletler, kızartma tavası, kimyasal cihazlara yüzey

		kaplama .
Polibutilen	Aşınmaya dayanıklılık, sertlik, iyi kimyasal direnç, polietilenden daha iyi ısıya dayanıklılık.	Boru, filmler, karışımlar.
Fenoksiler	Kolay kalıplama, iyi ısıya dayanım yanmaz malzeme.	Yüzey kaplama, yapıştırıcı, bağlayıcı, elektronik parçalar.

2.6. İletken Polimerlerin Özellikleri ve Kullanım Alanları

İletken polimerlerin pratik uygulamaları genellikle doplanmış polimerin elektriksel özellikleriyle, nötral yarı iletken formunun elektronik özelliklerine veya dop edilmiş ve nötral formu arasındaki elektrokimyasal tersinir özelliğine bağlıdır.

İletken polimerlerin ilk pratik uygulamalarından biri organik bataryalarda yük depolayıcı olarak yer almasıdır. Birincil ve ikincil hücreler kimyasal veya elektrokimyasal olarak hazırlanmış politiyofenlerden yapılmıştır. Politiyofen hücrelerden yüksek voltaj ve enerji sağlanmasına rağmen kendiliğinden deşarj olması önemli bir sorun oluşturmuştur. Katı hal lityum hücreler, polietilen oksit-LiClO₄ elektrolit ve politiyofen katot ile oluşturulmuştur. Ancak bu batarya sadece elektrolitin faz geçiş sıcaklığının ötesinde çalışabilmektedir. Birçok fonksiyonel grup içeren politiyofenler uygun elektrot materyali olarak da çalışılmıştır. İletken polimerler kapasitör ve süper kapasitörlerin yapımında da kullanılırlar.

İletken polimerlerin bir diğer uygulama alanı ışık saçan diyotlardır. İletken polimerler içerisinde politiyofen en çok tercih edilenidir. Bazı iletken polimerler yükseltgenme ve indirgenme sırasında renk değiştirirler. Bu özelliklerinden dolayı iletken polimerler görüntülü cihazlarda ve elektrokromik pencerelerde kullanılırlar. Poli-3-metiltiyofenin platin elektrot üzerine sentezlenmesi ile çarpıcı sonuçlar elde edilmiştir. Polimerin, iyi bir optik kontrast, düşük yanıt zamanı ve yüksek bir tesinirliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Sensör uygulamalarında da iletken polimerler sahip oldukları özellikleri nedeniyle kullanılırlar. Bu özellik, nötral halde iletken olmayan polimerin yükseltgen maddeler varlığında iletkenliğinin artması ile açıklanır. Aynı zamanda, politiyofenin

iletkenliği de NO, NO₂ gazlarına maruz bırakıldığında artarken H₂S ve NH₃ varlığında azalır. İletken polimerlerin gaz sensörü olarak kullanımının yanı sıra enzim, pH sensörü olarak da kullanımı mevcuttur. Ortamdaki hidrojen iyonu derişimine bağılı olarak iletkenliği değişebildiğinden polianilin pH sensörü olarak kullanılmaktadır.

İletken polimerler yükseltgenme işlemi (doping) sırasında şişme özelliğı gösterirler. Farklı iyonların polimerlerin yapısına dahil olması ile polimerin iskeletinde yapısal değişiklikler meydana gelebilir ve hacmi %30'lara kadar artabilir. Böyle elektromekaniksel özelliklerinden ötürü polimer esaslı yapay kasların üretilmesine olanak sağlar.

İletken polimer kaplamalar, metalik malzeme yüzeyinde bariyer etkisi oluşturarak metalin korozif ortam ile etkileşimini azalttıklarından metalleri korozyona karşı korumak içinde kullanılabilirler. Ayrıca metalin korozyonuna karşı anodik koruma etkisi yaptığı da bilinmektedir. Kendisi indirgenebilen polimer film, metalin yükseltgenmesini kolaylaştırarak, elektronca zengin yapısı sayesinde kararlı oksit oluşumuna yardımcı olmaktadır.

İletken polimerler sahip oldukları gözenekli yapılarından dolayı membran olarak düşünölebilmektedirler. İletken polimer filmlerin geçirgenliğı indirgenmiş ve yükseltgenmiş halleri arasında önemli bir farklılığa sahiptir. Bu durum iletken polimerin sahip olduğı yapısal ve hidrofilik özelliklerinin değişimiyle açıklanabilir (Sığırcık, 2011).

İletken polimerlerin en önemli özelliğı sadece elektrik iletmesi değil, aynı zamanda belirli merkezleri arasında yük alış verişi yaparak redoks dengesi kurabilmesidir. Bu özelliğı ile bu tür polimerler birçok metalin redoks dengeleri arasına girmekte ve metal yüzeyine kaplandığı zaman aralarında bir galvanik eşleme oluşarak, sentetik bir metal ile doğal metal arasında yük alışverişi gerçekleşebilmektedir. Bunun dışında polimere dışarıdan uygulanacak potansiyelle redoks dengelerinin yanı sıra istenilen yöne değiştirilebilir ve polimerin indirgenmiş ya da yükseltgenmiş formunun oluşturulması sağlanabilir. Metal yüzeyinde iletken polimerin denetimli bir biçimde istenilen kalınlıkta oluşturulabilmesi de ayrı bir avantajdır.

Polimerlerin redoks dengesi kurabilmeleri bunların enerji teknolojilerinde kullanılmalarına olanak sağlamaktadır. Örneğın, poly(thiophene), poly(aniline), poly(pyrole) gibi polimerler doldurulabilen bataryalarda kullanılan polimerlere en iyi örneklerdir (Erbil ve ark., 2008).

BÖLÜM 3.**MATERYAL VE YÖNTEM****3.1. Kullanılan Malzemeler ve Kimyasallar**

- Uygun ebatlarda kesilmiş cam altlık
- Mikropipet
- Petri kabi
- Cam tüp
- Manyetik balıklar
- Etanol
- Metanol
- Aseton
- Saf su
- Klorobenzen
- P3HT – Poli(3-hekziltiyofen)
- P3OT – Poli(3-oktiltiyofen)
- F8T2 – Poli[(9,9-dioktilfluorene-2,7-diil)-ko-bitiyofen]

3.2. Numune Hazırlanmasında Kullanılan Cihazlar

- Kimyasal malzemeleri tartmak için;



Şekil 3.1. “Radwag” hassas tartı.

- Temizleme aşamasında altlıkları titreştirdiğimiz ultrasonic titreştirici;



Şekil 3.2. “TRANSSONIC TS 540” ultrasonic titreştirici.

- Çözelti hazırlamada sıcaklık kontrollü manyetik karıştırıcı kullanıldı.



Şekil 3.3. “Yellowline” manyetik karıştırıcı.

- Numunelerin kaplanmasında kullanılan Spin coater cihazı;



Şekil 3.4. “Spin coater VTC-100”.

- Hazırlanan ince filmin tavlama için kullanılan fırın;



Şekil 3.5. “Aldrich” fırın.

3.3. İnce Film Kaplama Yöntemleri

İnce film kaplama yöntemleri kimyasal ve fiziksel yöntemler olmak üzere ikiye ayrılır.

3.3.1 Fiziksel kaplama yöntemleri

3.3.1.1. Buharlaştırma

• Vakum içinde buharlaştırma

Sistem tamamen basınca ve ısıya dayanıklı kapalı bir kap içinde bulunur. Genel olarak camdan yapılmış kap kullanılır. Önce mekanik olarak sonrada turbo pompa kullanılarak basınç 10^{-6} Torr'a kadar düşürülür. Kapalı kabın alt kısmına yerleştirilen film yapımında kullanılacak olan malzeme elektriksel yöntemlerle ısıtılır. Böylece malzemenin buharlaşması sağlanır. Buharlaşan malzeme taşıyıcıya yapışarak üzerinde birikir. Vakum içinde buharlaştırma yönteminde film kalınlığını etkileyen üç faktör vardır:

- Buharlaşma hızı,
- Buharlaşan malzemenin bulunduğu kap ile taşıyıcı arasındaki uzaklık,
- Buharlaşma basıncı.

• Reaktif buharlaştırma

Sistem yine kapalı bir kap içinde bulunur. Film yapımında kullanılacak malzeme ısı verilerek buharlaştırılırken ortama 10^{-2} Torr basınç altında oksijen verilir. Böylece buharlaşan malzemenin oksitlenmesi sağlanır. Metal malzemelerin optiksel ölçümlerini yapabilmek için, saydam filmlerini oluşturmada kullanılır.

3.3.1.2. Sputtering

Yüksüz bir gazın bulunduğu ortamlarda uygulanabilen bir yöntemdir. Bu ortamın içine yerleştirilen yüzey, yüksek enerjili parçacıklarla bombardıman edilerek yüzeyden atom sökülmesi sağlanır. Böylece ortamdaki yüksüz gazda pozitif iyonlar oluşur. Elektrik devresinin katoduna yerleştirilen hedef metalin yüzeyine gönderilen pozitif iyonlar taşıyıcının malzeme ile kaplanmasını sağlar.

3.3.2. Kimyasal kaplama yöntemleri

3.3.2.1. Sol-Jel yöntemi

Sol-jel yöntemi özellikle organik olmayan ince film kaplamalarında kullanılmaktadır. Bu yöntem, geleneksel yöntemlere nazaran 100-600 °C gibi düşük sıcaklıklarda kullanılabilir. Geleneksel yöntemlerde ise sıcaklıklar 1500-1600 °C'ye kadar çıkabilir. Bu kimyasal yöntemde başlangıçta kaplama yapılacak malzeme solüsyon şeklindedir. Bu solüsyon kullanılarak jel şeklinde bir madde elde edilir. Böylece çözelti katılaşmadan önce daldırma, döndürme ve püskürtme gibi yaygın yöntemlerle ince film şeklinde kaplanır.

3.3.2.2. Anadizasyon

Özellikle madeni kaplamalarda kullanılır. Madeni çözeltinin iyon iletkenliği kullanılır. Kaplanacak malzeme devrenin anotuna yerleştirilir ve devreye akım verildikten bir süre sonra iyon durumundaki malzeme anota yapışarak kaplamayı oluşturur.

3.3.2.3. Kimyasal buhar birikimi

Bu yöntemde vakum içine yerleştirilen malzemenin buharlaştırılarak taşıyıcı malzeme üzerine yoğunlaşması temel alınır. Kaplaması yapılacak malzemenin buharı kimyasal tepkimeler sonucu oluşturulur. Böylece çok benzediği fiziksel kaplama yöntemlerinden vakumda buharlaştırmadan ayrılır. Vakumda buharlaştırmada buhar ısı verilerek elde edilir.

3.3.2.4. Elektro kaplama

Bu yöntem metal taşıyıcının kaplanmasında kullanılır. Kaplanacak metal devrenin katotuna, kaplama malzemesi ise anotuna yerleştirilir. Devreye akım verildiğinde zamanla katottaki metal malzeme kaplanır. Kaplanan malzemenin kalınlığının kolay kontrol edilebilir olması ve kaplanacak taşıyıcının çözeltinin içerisine daldırıldığında şeklinin öneminin olmaması nedeniyle sanayide ve araştırmalarda yaygın olarak kullanılır.

3.3.2.5. Kimyasal banyo birikimi

Çözeltisi hazırlanan kaplama malzemesinin içerisine kaplanacak malzeme yerleştirilir. Kaplama zamanla kimyasal tepkimeler sonucu oluşur. Dışarıdan akım veya gerilim uygulanmaz.

3.3.2.6. Termoforez (Thermophoresis) yöntemi

Çözeltisi hazırlanan kaplama malzemesinin içerisine taşıyıcı daldırılır. Çözelti içerisindeki bölgelere farklı sıcaklıklar uygulanarak parçacıkların soğuktan sığağına doğru hareket etmesi sağlanır. Böylece iletken bir taşıyıcıya ihtiyaç duymadan kaplama sağlanır.

3.3.2.7. Elektroforez (Electrophoresis) yöntemi

Kaplaması yapılacak malzemenin çözeltisi hazırlanır. Bu çözeltiye dışarıdan uygulanan elektrik alan etkisiyle çözelti içindeki yüklü parçacıklar harekete geçirilir. Elde edilen film kalınlığı elektrik alanın uygulama zamanı ile değışir.

3.3.2.8. Yerleştirme yöntemi

Yatay olarak yerleştirilen taşıyıcının üzerine belirli bir yükseklikten kaplama yapılacak malzemenin çözeltisi dökülür. Film kalınlığı, taşıyıcı ile çözeltinin dökülme yüksekliği arasındaki uzaklığa bağlıdır.

3.3.2.9. Püskürtme yöntemi

Çözeltisi hazırlanan kaplama malzemesi taşıyıcı üzerine püskürtme tabancasıyla püskürtülür. Kaplamanın kalınlığı ve kalitesi şu özelliklere bağlıdır;

- Tabancanın ucundaki delik sayısına,
- Deliklerin çapına,
- Püskürtme uzaklığına,
- Çözeltinin yoğunluğuna,
- Püskürtme hızına.

3.3.3. İnce film oluşturma yöntemleri

3.3.3.1. Daldırma yöntemi

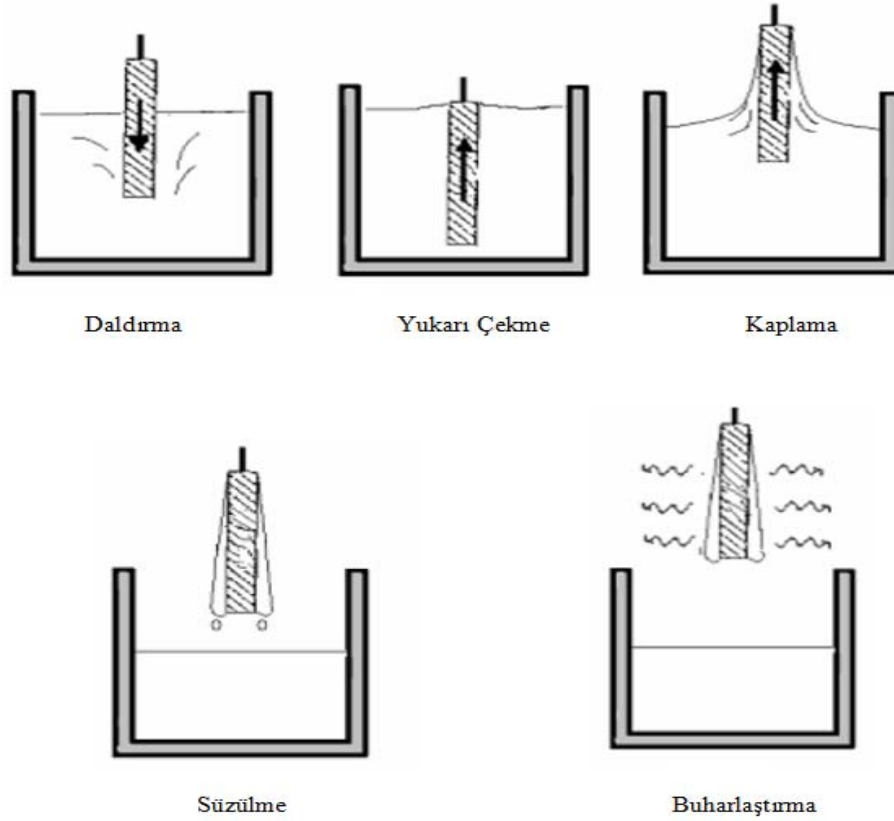
Taşıyıcının hazırlanan çözeltiye belirli bir hız ile daldırılması ve aynı hızla çıkarılması kuralına dayanır. Bu yöntem çoğunlukla saydam tabakalar üretmek için kullanılır. Daldırma yönteminin diğere yöntemlere göre bazı avantajları şunlardır;

- Düzgün bir kaplama elde edilir.
- Kaplama kalınlığı kolayca edilebilir.
- Çok katlı kaplama yapılabilir.

- Değişik optik özellikleri olan bir yöntemdir.
- Kaplanan cismin geometrisi ne olursa olsun aynı özellikte kaplama elde edilebilir.

Scriven'e göre daldırma ile film kaplama yöntemi beş aşamada gerçekleşir (Çoban, 2007).

1. Daldırma
2. Çıkarma (yukarı çekme)
3. Kaplama
4. Akıtma (süzülme); Alkole benzer çözücülerle yapılan kaplamalarda, bu maddelerin uçucu özelliğinden dolayı süzülme basamağına gerek yoktur.
5. Buharlaştırma



Şekil 3.6. Daldırma yönteminin aşamalarının şematik gösterimi.

Hareketli taşıyıcı, çözeltiliye daldırıldığı an taşıyıcının çözeltili içinde kalan kısmı üzerinde akışkanlar mekaniği gereği çözeltili ihtiva eden bir sınır tabaka oluşur. Hareketli taşıyıcı solüsyon içinden dışarıya çıkarken sıvının bir kısmını kendisiyle beraber dışarı sürükler. Süzülme aşamasında, kaplama aşamasında meydana gelen sınır tabaka iç tabaka ve dış tabaka olmak üzere ikiye ayrılır. İç tabaka taşıyıcı ile birlikte yukarı hareket ederken dış tabaka çözeltiliye geri döner. Yukarı ve aşağı hareket eden bu iki tabakayı ayıran ana

akıntı (streamline) şiddeti film kalınlığını belirler. İşlemler sırasında ana akıntıyı belirleyen başlıca altı kuvvet vardır (Şekil 3.2) (Kaya, 2002).

Bu kuvvetler şunlardır;

1. Hareketli taşıyıcının yukarı doğru çekilme kuvveti.
2. Yerçekimi kuvveti.
3. Sıvının konkav meniskus eğrisinde yüzey gerilimi bileşke kuvveti.
4. Kaplama bölgesine gelen sıvının sınır tabakasının eylemsizlik kuvveti
5. Yüzey gerilim gradyanı
6. Ayırma ve birleştirme basıncı (kalınlığı 1µm'den ince filmler için).

3.3.3.2. Döndürme yöntemi ile film kaplama

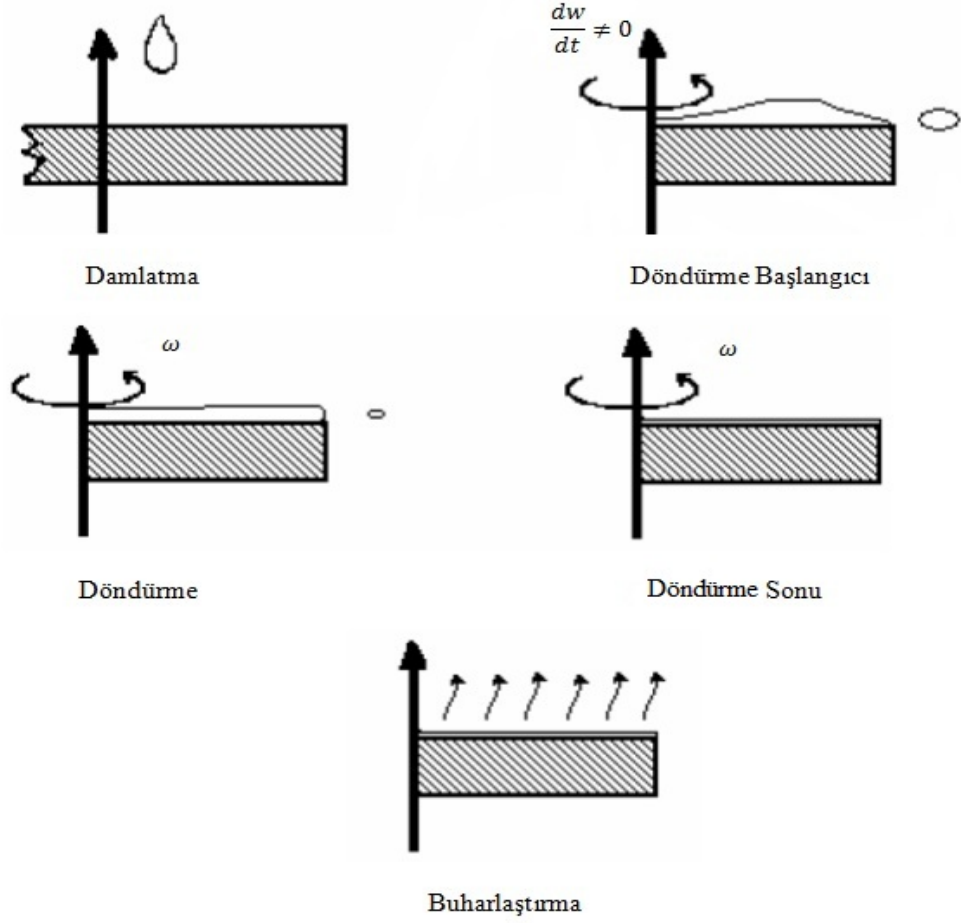
Bu yöntem sert yüzeyler veya hafif pürüzlü taşıyıcılar üzerinde ince filmler oluşturmak için kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde taşıyıcılar, çok yüksek dönme hızında, örneğin 1500-4000 devir/ dakika hızla döndürülürler.

Döndürme yöntemi ile film kaplama işlemi 5 aşamaya ayrılabilir (Bornside ve ark., 1997).

Bu beş aşama birbirini takip eden süreçlerdir (Şekil 3.7);

1. Birikim (Damlatma)
2. Döndürme Başlangıcı
3. Döndürme
4. Döndürme sonu (Durdurma)
5. Buharlaştırma

Birikim aşamasında filmi kaplayabilecek çözeltilen daha fazlası duran veya yavaşça dönen taşıyıcı üzerine damlatılır. Daha sonra taşıyıcı yüksek bir devirle (2000-2500 devir/dakika) döndürülür. Sıvının fazlası film üzerinde merkezci kuvveti yenerek dışarı doğru ilerler ve taşıyıcıyı damlalar halinde terk eder. Üçüncü ve dördüncü aşamada taşıyıcının üzerindeki ıslak film, taşıyıcı üzerine homojen olarak dağılır. Film incelidikçe kalan sıvının akışkanlığı azalır. Beşinci aşamada, film buharlaşmadan dolayı daha da incilir. Bu aşamada gaz haline dönüşmeyen çözeltilenin koyulaşması, durdurma sürecinin sonuna kadar devam eder. Film kalınlığı durdurma sürecinden sonra değişimi devralan buharlaşma sürecinin oluşturduğu incelmeye sonucudur. Buharlaşmayan bileşenlerden ne kadar kalırsa kalsın, film oldukça incelmiş ve yapışkanlık akısı durduğu zaman ince film oluşturulmuş olur.



Şekil 3.7. Döndürme yöntemi ile film kaplama şematik gösterimi.

Film kalınlığının düzgün olmasını sağlayan iki kuvvet vardır; merkezci kuvvet ve buna ters yönde sürtünme kuvvetidir (Türhan, 2000).

Döndürme sonunda oluşan film kalınlığı şu ifade ile verilir:

$$h(t) = \frac{h_{(0)}}{\sqrt{1 + \frac{4\rho\omega^2 h_0^2 t}{3\eta}}} \quad (3.1)$$

Buradaki $h(t)$; ρ yoğunluğundaki, viskozitesi η olan ve ω açısal hızıyla döndürülen filmin t süre sonraki kalınlığıdır.

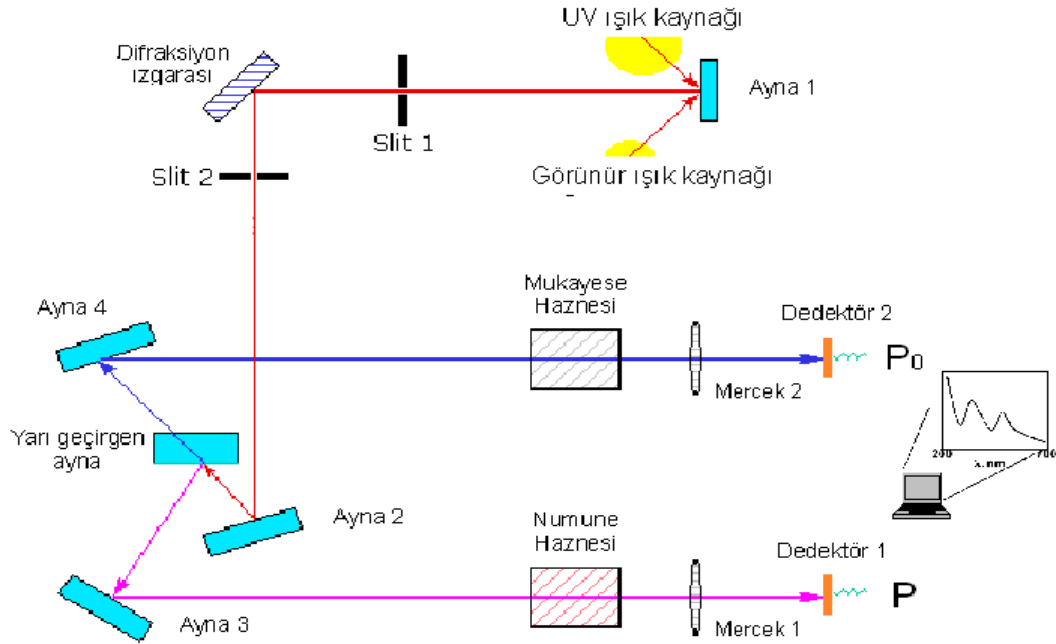
3.4. Ölçümlerde Kullanılan Cihazlar

3.4.1. UV-Vis Spektrofotometresi

Hazırlanan ince filmlerin soğurma grafikleri “SCINCO S-3100” cihazı ile alınmıştır. Polimer ince filmlerin soğurma grafiklerinden bant aralıkları hesaplanmıştır.



Şekil 3.8. “SCINCO S-3100” spektrofotometresi.



Şekil 3.9. Spektrofotometre sisteminin şematik gösterimi.

3.4.2. Dört Nokta İletkenlik Ölçümü

Bir polimerin elektriksel iletkenliği; akım yoğunluğunun (J), elektrik alanına (E) oranı şeklinde tanımlanır.

$$\sigma = \frac{J}{E} \quad (3.2)$$

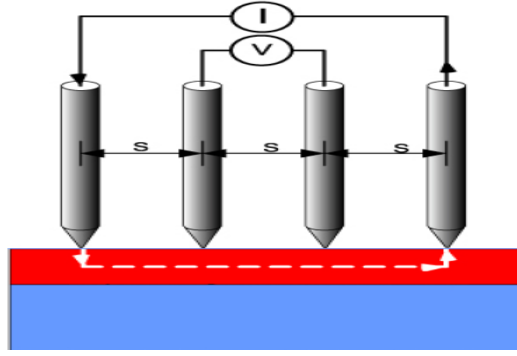
İletkenlik ölçümleri için çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Polimerin iletkenliği hem doğru akım (DC) hem de alternatif akım (AC) kullanılarak iki nokta (two probe) veya dört nokta (four probe) tekniği ile ölçülmektedir. Doğru akım (DC) iletkenlik ölçümlerinde, polimerin içinden geçen net yük ölçülürken, alternatif akım (AC) iletkenlik ölçümlerinde elektriksel iletkenlik, değişen elektrik alanının frekansının bir fonksiyonu olarak ölçülmektedir. Van der Pauw tarafından geliştirilen dört nokta tekniğinde; sıkıştırılarak pellet haline getirilen veya belirli kalınlık ve yüzey alanlarında hazırlanan polimere dört adet elektrot yerleştirilir, elektrotların ikisine belirli potansiyeller uygulanırken diğer ikisinden de akım ölçülür. (Syed ve Dinesan, 1991)

Hazırladığımız ince filmlerin iletkenlik ölçümleri dört nokta ölçüm tekniği ile yapıldı. Dört nokta ölçüm tekniğinin iletken polimerlerin elektriksel özelliklerini ölçmek için birkaç avantajı vardır. Kontak dirençte oluşan hatayı azaltır. Örneğe karşı iki farklı noktadan durgun akım uygulanıp, iki nokta arasında voltajın azalması ölçülür. İkincisi, geniş akım aralıklarına uygulanır, genellikle iletken polimerler için bu aralık $1 \mu A$ ve $1 mA$ 'dır. Dört nokta tekniğinde eşit uzunluk aralıklarda osmiyum başlıklar kullanılır (Aydın, 2007).

İletkenlik aşağıdaki eşitlik ile verilir;

$$\sigma = \frac{\ln 2}{\pi d \times \left(\frac{I}{V}\right)} \quad (3.3)$$

Burada σ : iletkenlik (S/cm), V : polimere uygulanan potansiyel (Volt), I : pellet içinden geçen akım (Amper), d : pellet kalınlığı (cm).



Şekil 3.10. Akım-Voltaj (I-V) uygulamasına ait dört-nokta kontaklı ölçüm sisteminin şematik gösterimi.



Şekil 3.11. “Jandel Universal Probe System” dört nokta iletkenlik ölçüm sistemi.

Dört nokta iletkenlik ölçüm cihazı ile yarıiletken polimer ile kaplanmış olduğumuz ince filmlerin yüzey iletkenlik değerleri ölçüldü ve hesaplandı. Kullandığımız tiyofen bazlı polimerlerin derişim değişimi ile yüzey iletkenlik değişimi araştırıldı.

3.4.3. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM)

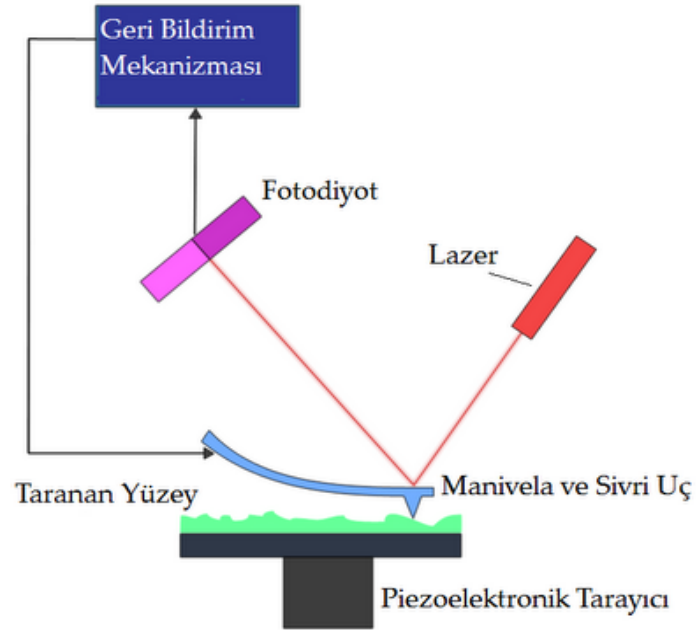
Kullandığımız Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) cihazıyla;

- Yüksek çözünürlükte malzeme yüzeylerinin incelenmesi (Metal,seramik, polimer),
- Nano boyutta sertlik ölçümü, Nano Aşınma,
- Malzemelerde magnetik kuvvet ölçümü,
- Malzemelerin termal iletkenliğinin ölçümü,
- Elektriksel özelliklerin incelenmesi,

• Hazırlanan numunelerin yüzey pürüzlüğü kalınlığının ilgili ölçüm ve fotoğrafları, alınabilir. Hazırladığımız ince filmlerin yüzey pürüzlülüğü ve morfolojisine AFM cihazında bakılarak elde ettiğimiz yüzey bilgelerinin, filmlerin kaplama ve tavlama sürecinden sonra UV-vis bölgede soğurum ve geçirgenliklerini nasıl etkilediğini araştırılmıştır.



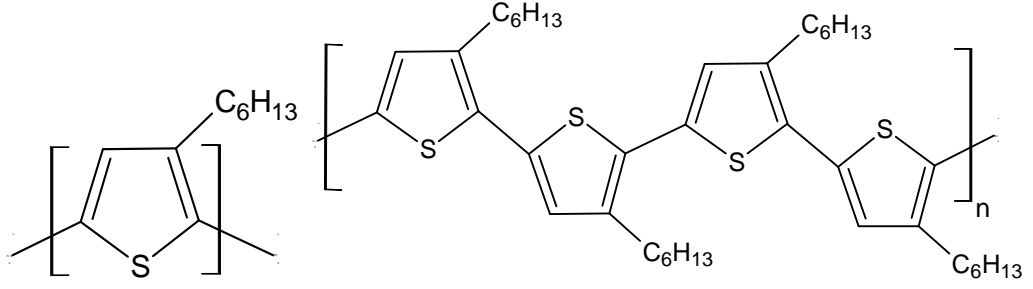
Şekil 3.12. Atomik Kuvvet Mikroskobu sisteminin görüntüsü.



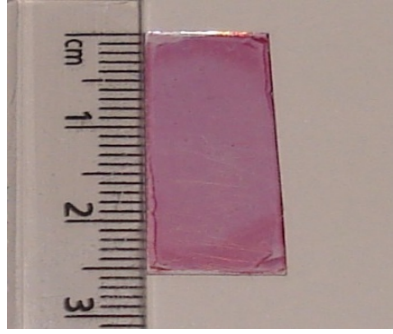
Şekil 3.13. Atomik Kuvvet Mikroskobu sisteminin şematik gösterimi.

3.5. Kullanılan Polimerler

P3HT : Poli(3-hekziltiyofen)

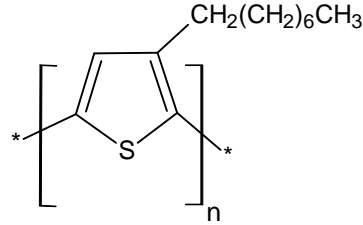


Şekil 3.14. P3HT'nin kimyasal bağ oluşum şeması.

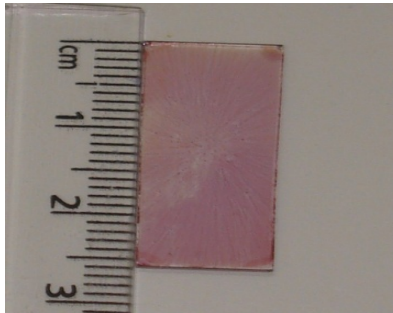


Şekil 3.15. P3HT ile kaplanmış ince filmin görünümü.

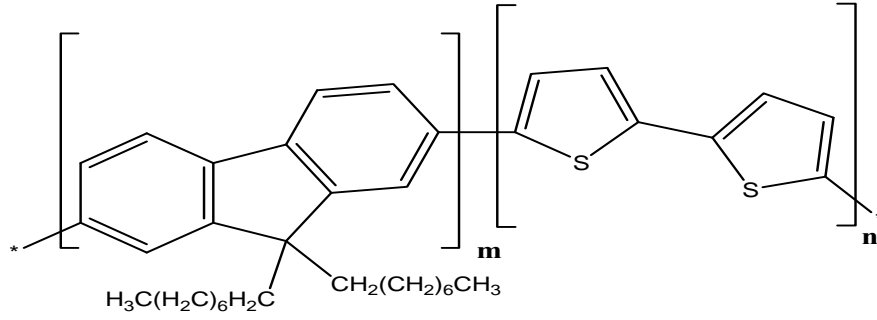
P3OT: Poli(3-oktiltilyofen)



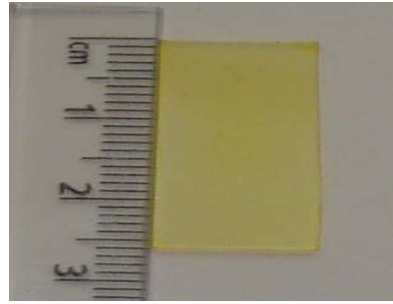
Şekil 3.16. P3OT'nin kimyasal bağ oluşum şeması.



Şekil 3.17. P3OT ile kaplanmış ince filmin görünümü.

F8T2 : Poli[(9,9-dioktilfluorene-2,7-diil)-ko-bitiyofen]

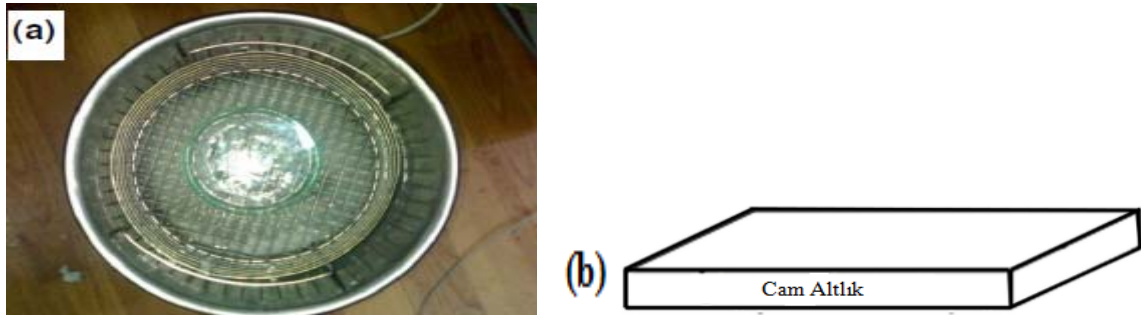
Şekil 3.18. F8T2'nin kimyasal bağ oluşum şeması.



Şekil 3.19. F8T2 ile kaplanmış ince filmin görünümü.

3.6. Cam Altlığın Hazırlanması

İnce film hazırlamak ilk önce cam uygun ebatlarda kesildikten sonra yüzey teknik çözücüler ile sırasıyla; aseton (*Kaynama noktası* (kn)= $56^{\circ}C$), ethanol ($kn=79^{\circ}C$), methanol ($kn=65^{\circ}C$), 2-propanol ($kn=82^{\circ}C$) ve saf su ile sonik titreştiricide 15'er dakika tutularak temizlendi (Şekil 3.20.a). Cam yüzeyden tüm çözücülerini uzaklaştırabilmek için argon gazı geçirildi ve ince film kaplamalarına hazır hale getirilmiş olur (Şekil 3.20.b). Burada amaç cam altlığın teknik çözücüler kullanarak tamamen en saf ve en temiz halini almasını sağlamaktır.



Şekil 3.20. (a) Sonik titreştirici içinde cam altlıkların çözücüler ile temizlenmesi, (b) temizlenmiş camın şematik gösterimi.

3.7. Çözelti Hazırlanması

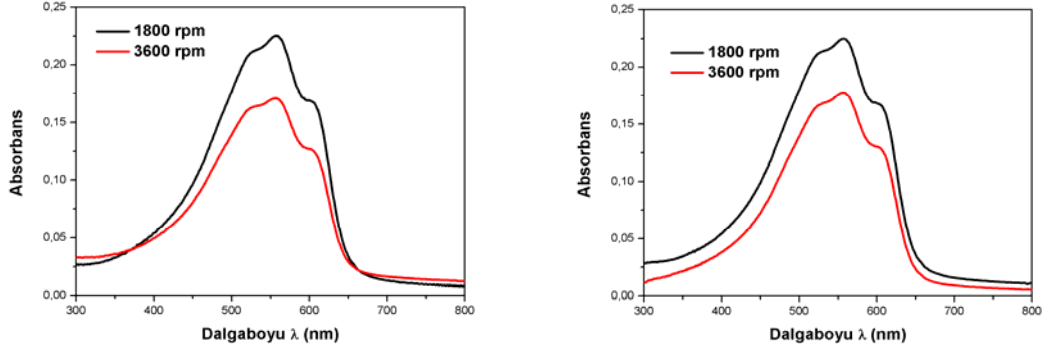
Çözelti hazırlama aşamasında ilk önce P3HT iletken polimeri kullanıldı. P3HT 10 mg/mL ve 5 mg/mL oranı klorobenzen içinde 50°C 'de, 1 saat süreyle manyetik karıştırıcı kullanılarak çözüldü. Karıştırma esnasında ışık almaması için cam tüplerin etrafı folyo ile kapatıldı. Konsantrasyonları farklı iki P3HT çözeltisi elde edildi. P3HT için yapılan bu işlemlerin hepsi P3OT ve F8T2 için de aynı ağırlık oranları, sıcaklık, süre kriterleri kullanılarak çözeltilerinin hazırlanması sağlandı.

3.8. İnce Film Hazırlanması

Hazırlanan tüm çözeltiler cam altlığın üzerine mikropipetle yüzeye tam olarak dağıtıldı ve döndürerek kaplama (spin-coater) yöntemi ile kaplandı. İlk olarak P3HT'nin 5 mg/mL olarak klorobenzende hazırlanan çözeltisi için spin-coater yardımıyla 1800 rpm de 60 sn, 40 sn, 20 sn döndürerek ölçüm numuneleri hazırlandı. Aynı P3HT çözeltisi için yine spin-coater yardımıyla 3600 rpm de 60s, 40s, 20s döndürerek yeni numuneler hazırlandı. Numunelerin yüzeyden kalkmaması ve çözücünün tamamen uçması için kaplamalar 150°C de 5 dakika süreyle fırında tavlandı. P3HT iletken polimeri için yapılan numune hazırlama işlemlerinin tümü P3OT ve F8T2 için de tekrarlanarak yeni numuneler hazırlandı.

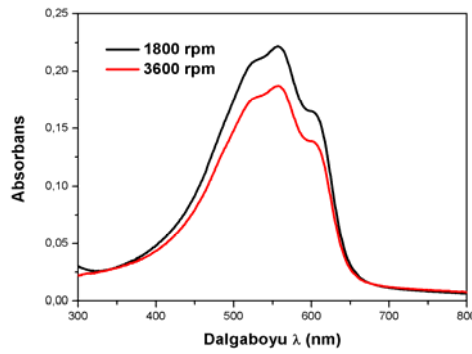
3.9. Alınan Ölçümler

P3HT, P3OT,ve F8T2 ile hazırlanan tüm ince filmlerin soğurma grafikleri “SCİNCO S-3100” spektrofotometre cihazı ile alındı. Polimer ince filmlerin soğurma grafiklerini kullanarak bant aralıkları hesaplandı, ikinci olarak atomik kuvvet mikroskobuyla (AFM) yüzeyleri pürüzlülükleri incelendi. Son olarak polimer ince filmlerin jandel dört nokta iletkenlik ölçüm sistemi ile akım-voltaj grafikleri alındı. Polimer ince filmlerden elde edilen akım-voltaj grafikleriyle yüzey iletkenlikleri hesaplandı.

BÖLÜM 4.**ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA****4.1. UV-Vis Soğurum Spektrumları ve Yorumları****4.1.1. P3HT'nin UV-Vis Soğurum Spektrumları**

(a): P3HT (60 s)

(b): P3HT (40 s)

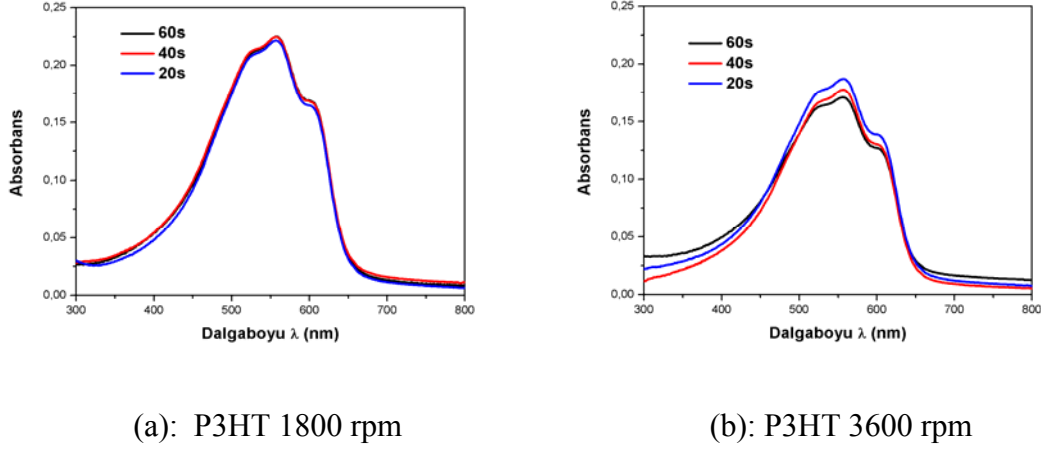


(c): P3HT (20 s)

Şekil 4.1. Kaplama hızı ve süresi değiştirilerek hazırlanan P3HT (5 mg/mL) ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s.

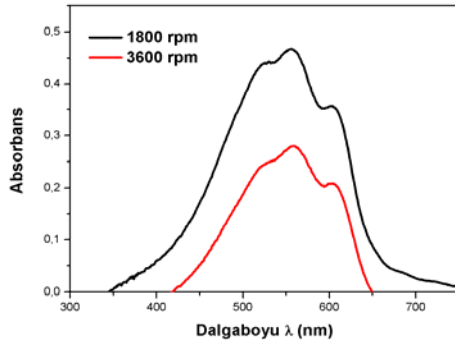
5 mg/mL oranında hazırlanan P3HT çözeltisi ile 1800 rpm ve 3600 rpm'de çeşitli sürelerde kaplama yapılmış ve süreler kaplama hızları değiştirilecek şekilde sabit tutulmuştur. Böylece kaplama hızının kalınlığa ve dolayısıyla soğurma oranına etkisi incelenmiştir. Şekil 4.1 (a), şekil 4.1 (b) ve şekil 4.1 (c) sırasıyla 60 s, 40 s ve 20 s kaplama süreleri sabit tutularak farklı kaplama hızlarının, dalga boyuna karşı soğurma spektrumlarını göstermektedir. Şekil 4.1'e göre kaplama hızı düşükken daha kalın bir film

oluşmaktadır. 1800 rpm hızla kaplanan ince film 3600 rpm ile kaplanan ince filmde daha kalındır ve bu yüzden de soğurum değeri daha yüksek çıkmıştır.

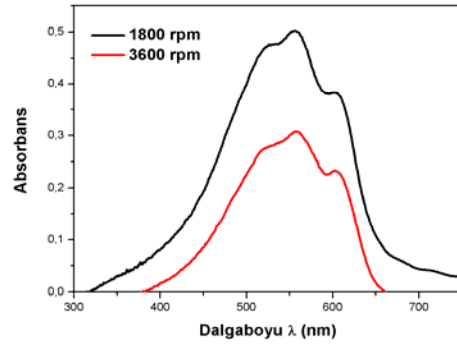


Şekil 4.2. Kaplama süresi ve hızı değiştirilerek hazırlanan P3HT (5 mg/mL) ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.

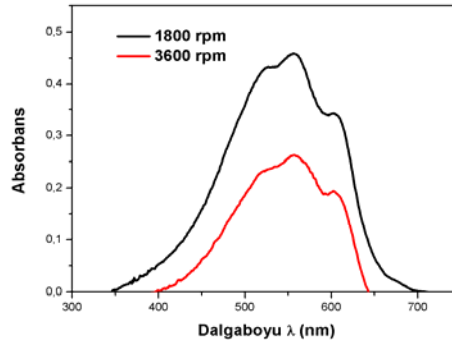
5 mg/mL oranında hazırlanan P3HT çözeltisinin, süre olarak 60 s, 40 s ve 20 s döndürülerek ince filmleri hazırlanmış ve soğurma spektrumları 1800 rpm ve 3600 rpm için elde edilmiştir. Şekil 4.2'ye göre 60 s ve 40 s süreyle kaplanan ince filmlerin kalınlıklarının hemen hemen birbirine çok yakın olduğu anlaşılmaktadır. 20 s süreyle kaplanan filmin ise 60 s ve 40 s süreyle kaplanan filmlere göre soğurması çok az düşüktür. Aslında hem kaplama hızı hem de kaplama süresi kalınlığa etken faktörlerdir. Şekil 4.1 ve şekil 4.2'ye bakıldığında kaplama hızının kalınlığa etkisinin, kaplama süresinin kalınlığa etkisinden daha fazla olduğu görülmektedir. Dolayısıyla kaplama süresinin değişimi soğurma oranını çok fazla değiştirmemektedir. Kaplama hızının daha yüksek olduğu kaplamalarda soğuruma daha belirgin bir etkisi vardır. Bunun sebebi ise kaplama hızı arttığında çözeltinin yüzeyinde meydana gelen merkezci kuvvetin, hızın karesi ile orantılı olmasıdır. Merkezci kuvvet kaplamaya ne kadar az süre etkirse kalınlık da o kadar fazla olacaktır. Bu yüzden 3600 rpm de yapılan ince filmlerin kaplama süreleri değiştirildiğinde soğurma etkisinin 1800 rpm'e göre daha fazla olduğu görülmektedir (şekil 4.2 (a) ve şekil 4.2 (b)).



(a): P3HT (60 s)



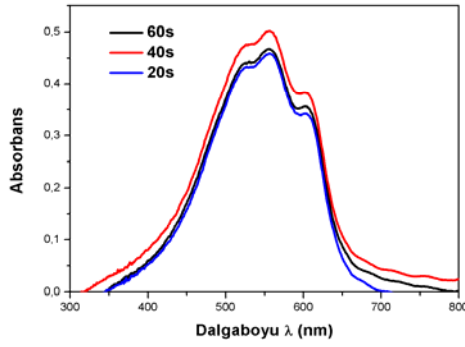
(b): P3HT (40 s)



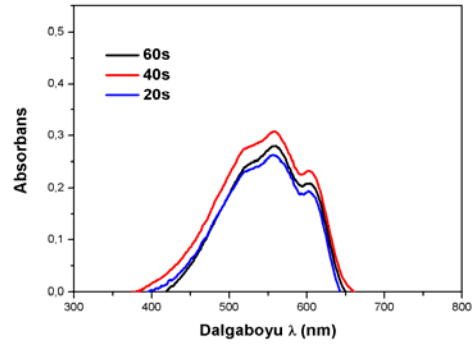
(c): P3HT (20 s)

Şekil 4.3. Kaplama hızı ve süresi değiştirilerek hazırlanan P3HT (10 mg/mL) ince filmine ait soğurma spektrumları (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s.

10 mg/mL oranında hazırlanan P3HT çözeltisi ile 1800 rpm ve 3600 rpm’de çeşitli sürelerde ve süreler kaplama hızları değiştirilecek şekilde sabit tutularak ince filmler hazırlanmıştır. Şekil 4.3’te de şekil 4.1’de görüldüğü gibi kaplama hızı düşükken daha kalın bir film oluşmaktadır, yani 1800 rpm hızla kaplanan ince film 3600 rpm ile kaplanan ince filmden daha kalındır ve bu yüzden de soğurma değeri daha yüksek çıkmıştır. Buna göre hazırlanan ince filmlerin kalınlığı, derişim değişimi ile doğru orantılı olarak değişirken, kaplama hızıyla ters orantılı olarak değişmektedir. Ancak çözelti derişimi kaplama hızına oranla kalınlığa daha az etki etmektedir.



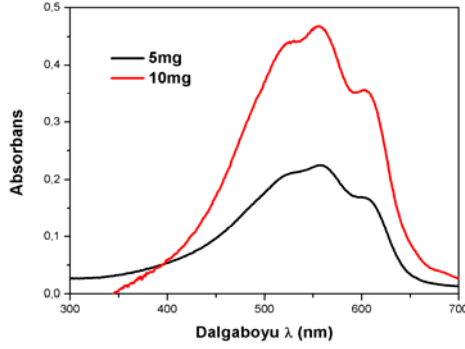
(a): P3HT 1800 rpm



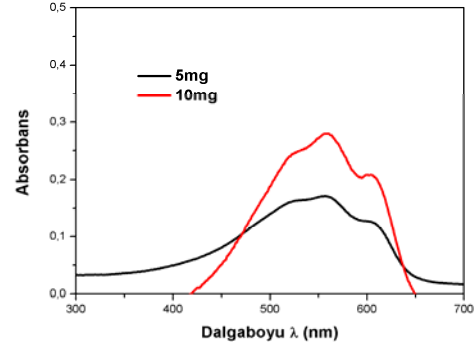
(b): P3HT 3600 rpm

Şekil 4.4. Kaplama süresi ve hızı değiştirilerek hazırlanan P3HT (10 mg/mL) ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.

10 mg/mL oranında hazırlanan P3HT çözeltisi için 1800 rpm ve 3600 rpm de ayrı ayrı 60 s, 40 s, 20 s süreyle döndürülerek ince filmler hazırlanmıştır. Bu ince filmlerin soğurma spektrumlarından, 60 s ve 20 s süreyle kaplanan ince filmlerin kalınlıklarının birbirine çok yakın olduğu görülmektedir (şekil 4.4. (a)). 40 s süreyle kaplanan filmin ise 60 s ve 20 s süreyle kaplanan filmlere göre soğurması daha yüksektir. Normal olarak, kaplama süresi ile kalınlığın da ters orantılı olması ve bu yüzden de soğurma spektrumunun kalınlığa göre tespit edilebilmesi beklenir. Ancak burada 40 s süre ile kaplanan ince film 20 s ile kaplanandan daha ince 60 s ile kaplanan ince filmde de daha kalın olmasına karşın soğurma değerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Yine de soğurma spektrumunda büyük bir fark yoktur. Burada ele alınması gereken durum, kaplama hızının ve çözelti derişiminin ince film kalınlığına, kaplama süresinden daha çok etki ettiği olmalıdır. Bu durum göze alınırsa; şekil 4.3 ve şekil 4.4 incelendiğinde derişimi 5 mg/mL olan ince filmdeki gibi derişimi 10 mg/mL olan ince filmlerde de aynı durum görülmektedir.



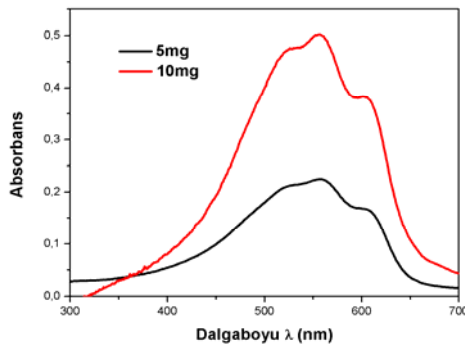
(a): P3HT 1800 rpm



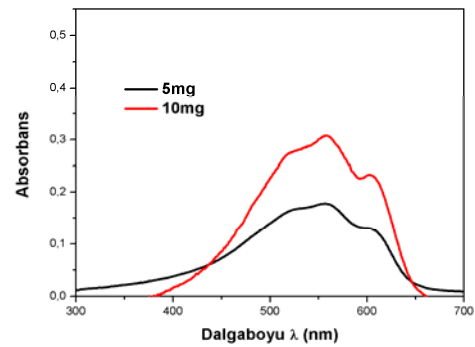
(b): P3HT 3600rpm

Şekil 4.5. Kaplama hızı ve derişimi değiştirilerek 60 s sürede hazırlanan P3HT ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.

5 mg/mL ve 10 mg/mL oranında hazırlanan P3HT çözeltilisi ile 1800 rpm ve 3600 rpm’de 60 s sürede kaplama yapılmıştır. Burada derişim değişiminin kalınlığa etkisi incelenmiştir. Şekil 4.5 (a) ve şekil 4.5 (b) de görüldüğü gibi derişimi 10 mg/mL olan ince filmlerin kalınlıkları fazladır ve bu yüzden de soğurum değerleri yüksek çıkmıştır. Bu durum soğurum spektrumlarında da açıkça görülmektedir. 1800 rpm hızla hazırlanan ince filmlerin soğurum seviyesi 0,4’den daha yüksek değere kadar yükselirken 3600 rpm hızla hazırlanan ince filmlerin soğurumu 0,3 seviyesinde kalmıştır. Buna göre kaplama hızı değişse de çözeltilinin derişimi artıkça kalınlığının da artığı görülmektedir.



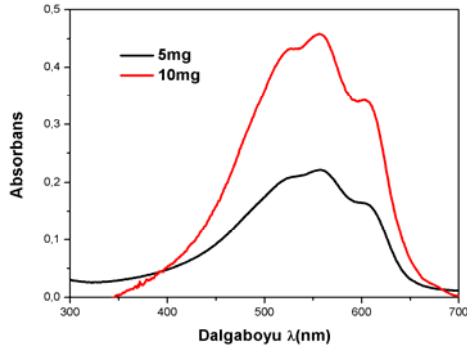
(a): P3HT 1800 rpm



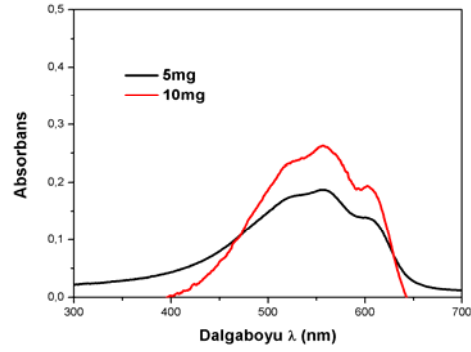
(b): P3HT 3600 rpm

Şekil 4.6. Kaplama hızı ve derişimi değiştirilerek 40 s sürede hazırlanan P3HT ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.

5 mg/mL ve 10 mg/mL oranında hazırlanan P3HT çözeltisi ile 1800 rpm ve 3600 rpm'de 40s sürede kaplama yapılmış ve süre sabit tutularak kaplama hızları değiştirilmiştir. Şekil 4.6 da şekil 4.5 de olduğu gibi derişimi ağırlıkça %10 olan ince filmlerin kalınlıkları fazladır. Burada da ince filmin derişimi artıkça kalınlığının da artığı görülmektedir.



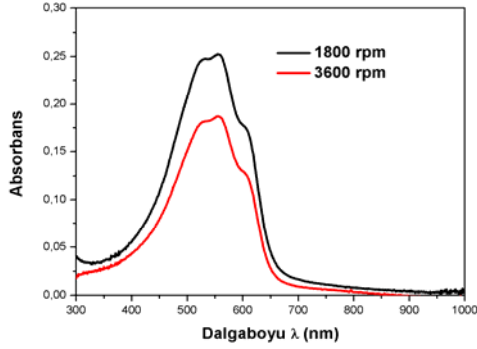
(a): P3HT 1800 rpm



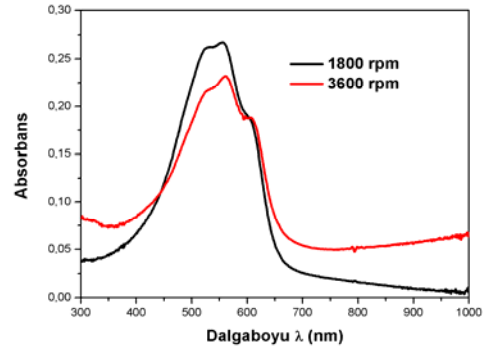
(b): P3HT 3600rpm

Şekil 4.7. Kaplama hızı ve derişimi değiştirilerek 20 s sürede hazırlanan P3HT ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.

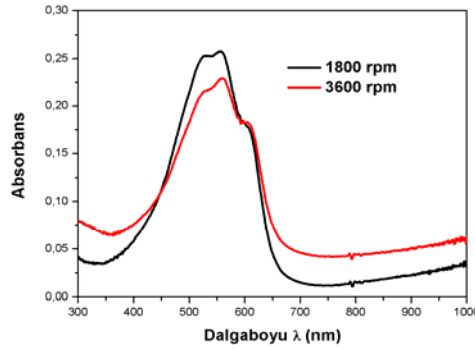
5 mg/mL ve 10 mg/mL oranında hazırlanan P3HT çözeltisi ile 1800 rpm ve 3600 rpm'de 20 s sürede kaplama yapılmış ve süre sabit tutularak kaplama hızları değiştirilmiştir. Şekil 4.7'de şekil 4.5 ve şekil 4.6'da da olduğu gibi derişimi ağırlıkça %10 olan ince filmlerin kalınlıkları fazladır. Buna göre kaplama hızı ve süresi değışse de ince filmin derişimi artıkça kalınlığının da artığı görülmektedir. Şekil 4.5, şekil 4.6 ve şekil 4.7 incelendiğinde süreninde soğurum değıerine etkisi açık bir şekilde görülmektedir. Daha önceden de bahsedildiğı gibi bu sürelerin etkisi hız ve derişim gibi parametrelerin yanında oldukça düşük kalmaktadır.

4.1.2. P3OT'nin UV-Vis Soğurum Spektrumları

(a): P3OT (60 s)



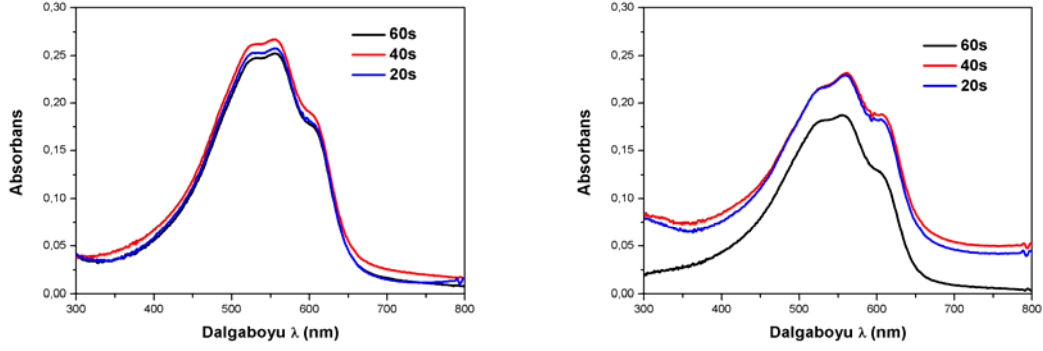
(b): P3OT (40 s)



(c): P3OT (20 s)

Şekil 4.8. Kaplama hızı ve süresi değiştirilerek hazırlanan P3OT (5 mg/mL) ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s.

5 mg/mL oranında hazırlanan P3OT çözeltisi ile 1800 rpm ve 3600 rpm'de çeşitli sürelerde kaplama yapılmış ve süreler kaplama hızları değiştirilecek şekilde sabit tutulmuştur. Böylece kaplama hızının kalınlığa ve dolayısıyla soğurma oranına etkisi incelenmiştir. Şekil 4.8'e göre kaplama hızı yüksek iken daha ince bir film oluşmaktadır. Bu yüzden de soğurumu daha düşük çıkmıştır. Şekil 4.1'de de kaplama hızı artıkça ters orantılı olarak kalınlığın azaldığı hatırlanmalıdır.

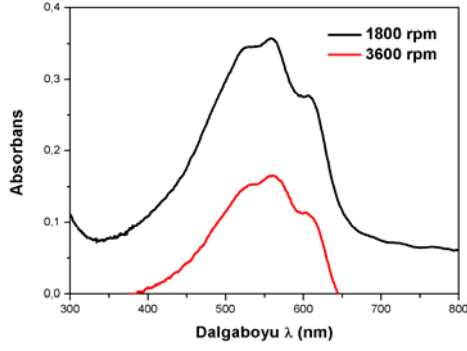


(a): P3OT 1800 rpm

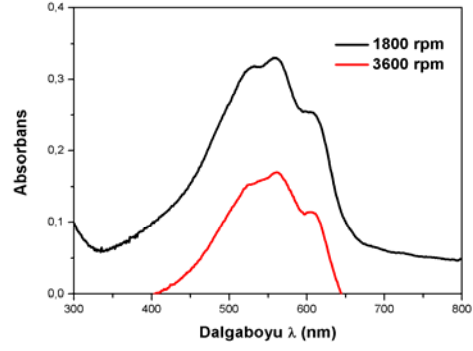
(b): P3OT 3600 rpm

Şekil 4.9. Kaplama süresi ve hızı değiştirilerek hazırlanan P3OT (5 mg/mL) ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.

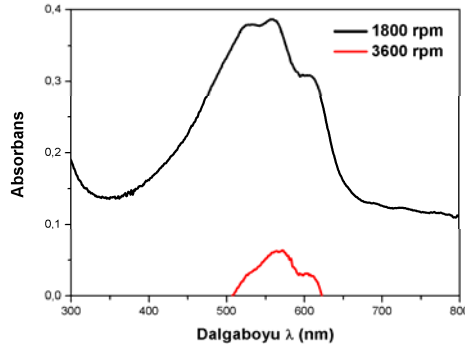
5 mg/mL oranında hazırlanan P3OT çözeltisinin, süre olarak 60 s, 40 s ve 20 s döndürülerek ince filmleri hazırlanmış ve soğurma spektrumları 1800 rpm ve 3600 rpm için elde edilmiştir. Spektrumlara göre; 1800 rpm hız ile hazırlanan ince filmlerin soğurma değerleri birbirine oldukça yakındır. Diğer taraftan 3600 rpm hız ile hazırlanan ince filmlerin soğurma değerlerine bakıldığında 20 s ve 40 s birbirine oldukça yakın sonuçlar verirken 60 s süre ile hazırlanan ince filmin soğurumu daha düşüktür. Şekil 4.2’de de olduğu gibi kaplama süresinin, çok daha hızlı yapılan kaplamalarda soğuruma daha belirli bir etkisi vardır. P3HT için hazırlanan ince filmlerin soğurma spektrumlarına dikkat edilecek olunursa, P3OT için kalınlık-soğurma ilişkilerinin P3HT’ye göre oldukça farklı olduğu görülmektedir.



(a): P3OT (60 s)



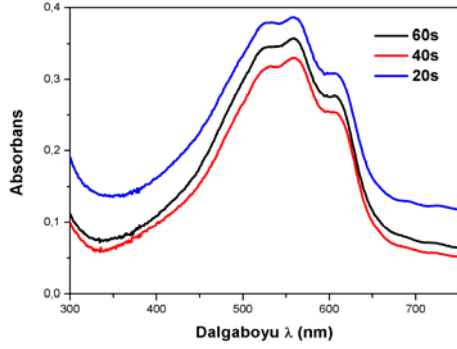
(b): P3OT (40 s)



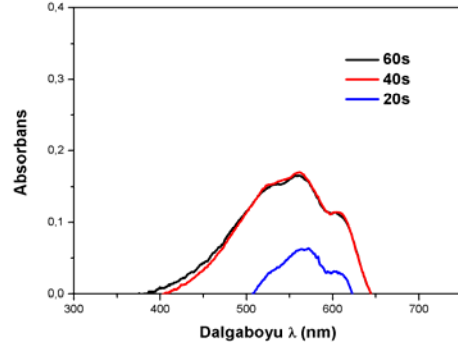
(c): P3OT (20 s)

Şekil 4.10. Kaplama hızı ve süresi değiştirilerek hazırlanan P3OT (10 mg/mL) ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s.

10 mg/mL oranında hazırlanan P3OT çözeltisi ile 1800 rpm ve 3600 rpm’de çeşitli sürelerde kaplama yapılmış soğurma spektrumları yukarıda görüldüğü gibi elde edilmiştir. Şekil 4.10’da şekil 4.8’de görüldüğü gibi kaplama hızı yüksek iken daha ince bir film elde edilmiştir. Yani 3600 rpm hızla kaplanan ince filmin kalınlığı 1800 rpm ile kaplanan ince filmin kalınlığından daha azdır ve bu yüzden de soğurumu daha düşüktür. Şekil 4.3’de de değinildiği gibi hazırlanan ince filmlerin kalınlığı, derişim değişimine bağılı olmasının yanı sıra, aynı zamanda kaplama hızıyla da ters orantılı olarak değiştiği görülmektedir.



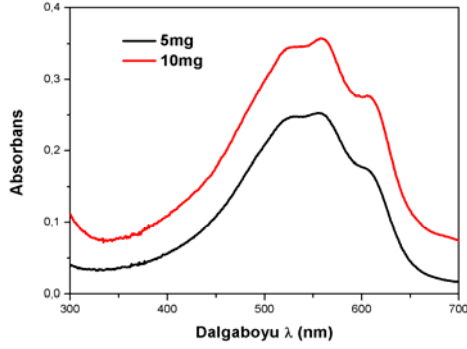
(a): P3OT 1800 rpm



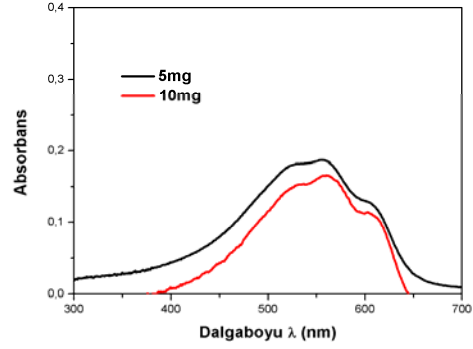
(b): P3OT 3600 rpm

Şekil 4.11. Kaplama süresi ve hızı değiştirilerek hazırlanan P3OT (10 mg/mL) ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.

10 mg/mL oranında hazırlanan P3OT çözeltisinin, süre olarak 60 s, 40 s ve 20 s döndürülerek ince filmleri hazırlanmış ve soğurma spektrumları 1800 rpm ve 3600 rpm için elde edilmiştir. Şekil 4.11'e göre, 60 s ve 40 s süreyle kaplanan ince filmlerin kalınlıklarının birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Şekil 4.11 (a)'da 20 s süreyle kaplanan filmin kalınlığının 60 s ve 40 s süreyle kaplanan filmlerin kalınlığından daha fazladır ve bu yüzden de soğurumu daha yüksek çıkmıştır. Şekil 4.11 (b) de ise 20 s süreyle kaplanan filmin soğurumu diğerlerinden daha düşüktür. Bunun sebebi yüksek hızda hazırlanan P3OT ince filminin özellikle de kısa süreli kaplamalarda düzgün bir morfoloji oluşturamaması olarak yorumlanabilir. Bu da P3OT'nin molekül ağırlığının P3HT'nin molekül ağırlığına göre daha yüksek olması ve çözünürlüğünün daha az olması olarak değerlendirilebilir. Çünkü uzun süreli kaplamalarda çözelti yüzeyde kendisini daha iyi yaymakta ve daha düzgün bir morfolojiye sahip olmaktadır. Böylelikle yüzeyin her yerinde soğurma birbirine çok yakın çıkmaktadır. Bu durum grafiklerden de açıkça görülmektedir.



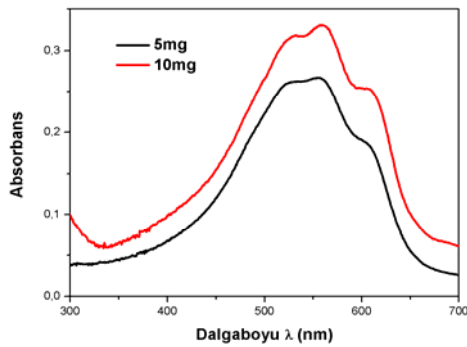
(a): P3OT 1800 rpm



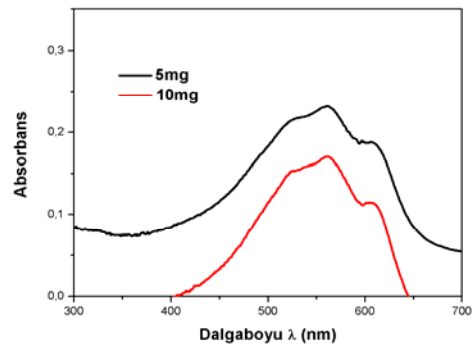
(b): P3OT 3600 rpm

Şekil 4.12. Kaplama hızı ve derişimi değiştirilerek 60 s sürede hazırlanan P3OT ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.

5 mg/mL ve 10 mg/mL oranında hazırlanan P3OT çözeltilisi ile 1800 rpm ve 3600 rpm’de 60 s sürede kaplama yapılmıştır. Burada derişim değişiminin kalınlığa etkisi incelenmiştir. Şekil 4.12 (a)’da derişimi 10mg/mL olan ince filmin soğurumunun daha fazla olduğu görülürken, şekil 4.12 (b)’de ise derişimi 5 mg/mL olan ince filmin soğurumunun daha fazla olduğu görülmektedir. Yine burada P3OT için yüksek hızlı kaplamanın kötü bir yüzey morfolojisi verdiğini görmekteyiz. Bu durum için şekil 4.11’deki yorumlar hatırlanmalıdır. Morfolojinin etkisi olsa da bu durumdan kaynaklanan soğurum değişimi göz ardı edilebilecek kadar küçüktür.



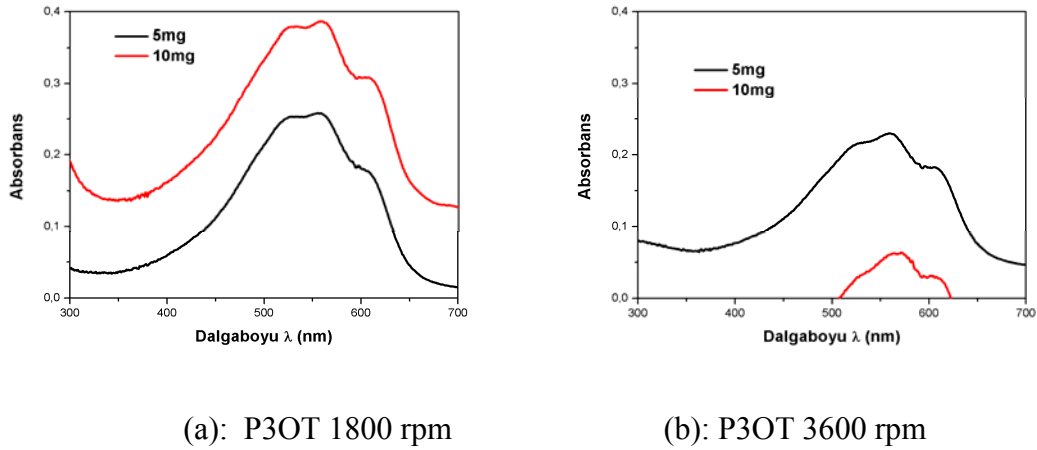
(a): P3OT 1800 rpm



(b): P3OT 3600 rpm

Şekil 4.13. Kaplama hızı ve derişimi değiştirilerek 40 s sürede hazırlanan P3OT ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.

5 mg/mL ve 10 mg/mL oranında hazırlanan P3OT çözeltisi ile 1800 rpm ve 3600 rpm'de 40 s sürede kaplama yapılmış ve süre sabit tutularak kaplama hızları değiştirilmiştir. Şekil 4.13 (a)'da şekil 4.12 (a)'da olduğu gibi derişimi 10 mg/mL olan ince filmin soğurumunun daha fazla olduğu görülmüştür. Şekil 4.13 (b)'de şekil 4.12 (b) olduğu gibi derişimi 5 mg/mL olan ince filmin soğurum değerinin daha fazla olduğu görülmektedir. Burada da şekil 4.11 ve şekil 4.12'deki benzer durumlar söz konusudur. Yani kaplama hızı ile P3OT'nin morfolojisinin etkilenmesi durumu ortaya çıkmaktadır.



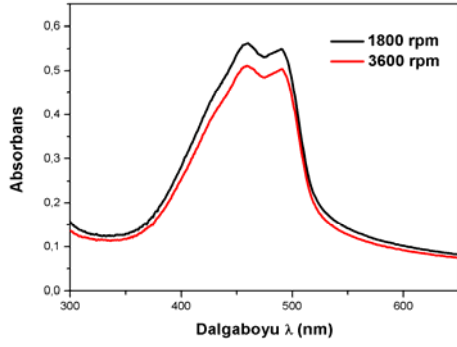
Şekil 4.14. Kaplama hızı ve derişimi değiştirilerek 20 s sürede hazırlanan P3OT ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.

5 mg/mL ve 10 mg/mL oranında hazırlanan P3OT çözeltisi ile 1800 rpm ve 3600 rpm'de 20 s sürede kaplama yapılmış ve süre sabit tutularak kaplama hızları değiştirilmiştir. Şekil 4.14 (a) da şekil 4.12 (a) deki gibi derişimi 10 mg/mL olan ince filmin soğurum değerinin daha fazla olduğu görülmüştür. Şekil 4.14 (b)'de şekil 4.12 (b) olduğu gibi derişimi 5 mg/mL olan ince filmin soğurum değerinin daha fazla olduğu görülmektedir.

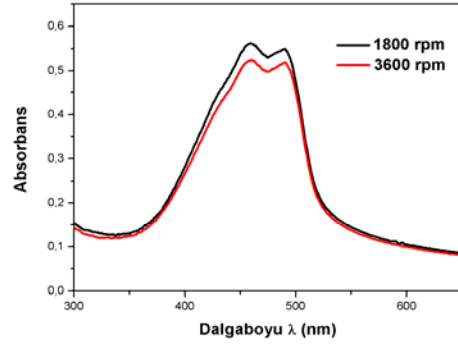
Şekil 4.11, şekil 4.12, şekil 4.13 ve şekil 4.14 bir arada incelendiğinde yüksek hızlarda P3OT çözeltisi için süre ve derişim değişiminin morfolojik yapıya fazla bir etkisinin olmadığını görmekteyiz. P3OT moleköl ağırlığı olarak P3HT'den daha yüksek bir değere sahip olmasının yanı sıra P3HT ince filmleriyle karşılaştırıldığında daha açık bir renge sahiptir. Bu da bize ince filmin renginin doğru soğurum değerini vermede önemli bir etken olduğunu göstermektedir. Ayrıca P3OT ince filmlerin yüzeye tutunma özellikleri P3HT ince filmlerinki ile karşılaştırıldığında çok düşüktür. Bu durum P3OT ince film hazırlamak için bir dezavantajdır. Bu yüzden P3OT ile hazırlanan bir ince film soğurum değerlerinin beklenen durumla ters gibi gözükmesi normal olarak karşılanabilir, çünkü

kaplama yapılırken elde etmeyi beklediğimiz kalınlık bu dezavantajdan dolayı oluşmamaktadır. Bu dezavantajından dolayı P3OT ince filmleri daha düşük hızlarda hazırlanmalıdır.

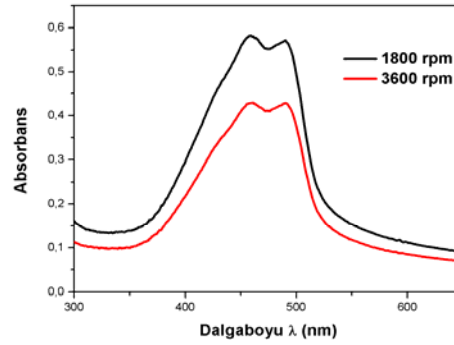
4.1.3. F8T2'nin UV-Vis Soğurum Spektrumları



(a): F8T2 (60 s)



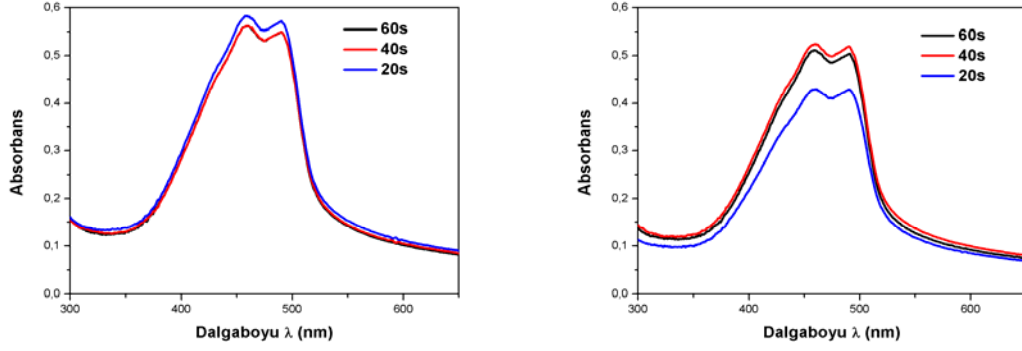
(b): F8T2 (40 s)



(c): F8T2 (20 s)

Şekil 4.15. Kaplama hızı ve süresi değiştirilerek hazırlanan F8T2 (5 mg/mL) ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s.

5 mg/mL oranında hazırlanan F8T2 çözeltisi ile 1800 rpm ve 3600 rpm'de farklı sürelerde kaplama yapılmış ve süreler kaplama hızları değiştirilecek şekilde sabit tutulmuştur. Şekil 4.15'e göre kaplama hızı düşükken daha kalın bir film oluşmaktadır, yani 1800 rpm hızla kaplanan ince film 3600 rpm ile kaplanan ince filmde daha kalındır ve bu yüzden de 1800 rpm de hazırlanan ince filmlerin soğurumu daha yüksek çıkmıştır. Şekil 4.15te de şekil 4.1 ve şekil 4.8 deki gibi süre sabit tutulup kaplama hızı arttırıldıkça kalınlığın azaldığı görülmektedir.

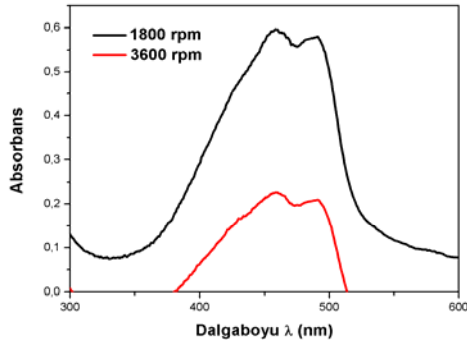


(a): F8T2 1800 rpm

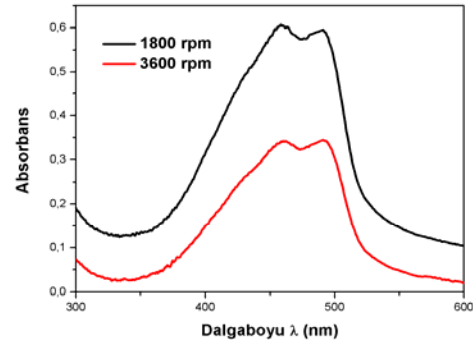
(b): F8T2 3600 rpm

Şekil 4.16. Kaplama süresi ve hızı değiştirilerek hazırlanan F8T2 (5 mg/mL) ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.

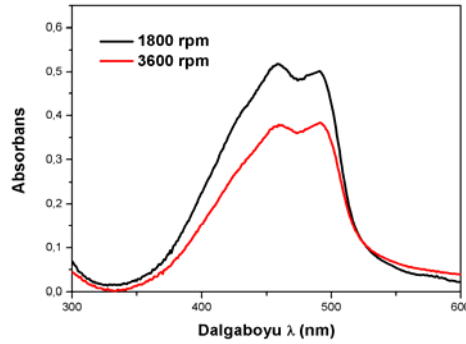
5 mg/mL oranında hazırlanan F8T2 çözeltisinin, süre olarak 60 s, 40 s ve 20 s döndürülerek ince filmleri hazırlanmış ve soğurum spektrumları 1800 rpm ve 3600 rpm için elde edilmiştir. Bu spektrumlara göre, 60 s ve 40 s süreyle kaplanan ince filmlerin soğurumlarının hemen hemen aynı olduğu görülmektedir. Şekil 4.16 (a) 60 s ve 40 s süreyle kaplanan filmlerin soğurması 20 s süreyle kaplanan filmin soğurmasına göre çok az düşüktür. Şekil 4.16 (b) ise 20 s süreyle kaplanan filmin soğurum değeri diğerlerinden daha düşüktür. Burada da P3OT ince filmlerinde ortaya çıkan bir dezavantaj söz konusudur. F8T2 hem P3OT den hem de P3HT den molekül ağırlığı olarak daha fazla olmasının yanı sıra, renkli olmasına rağmen bu iki polimerden de daha şeffaf bir film oluşturmaktadır. Bu yüzden yine yüksek hızlı kaplama burada da dezavantaj oluşturmaktadır.



(a): F8T2 (60 s)



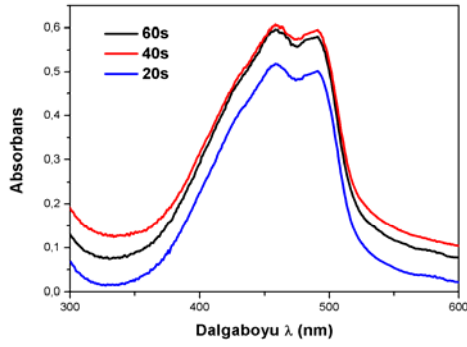
(b): F8T2 (40 s)



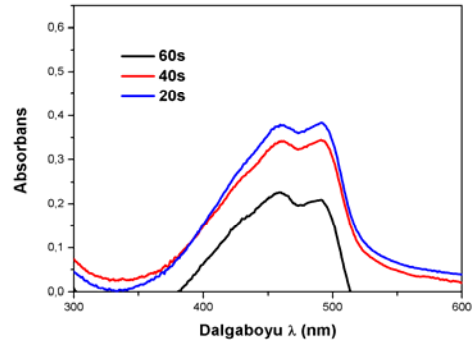
(c): F8T2 (20 s)

Şekil 4.17. Kaplama hızı ve süresi değiştirilerek hazırlanan F8T2 (10 mg/mL) ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s.

10 mg/mL oranında hazırlanan F8T2 çözeltisi ile 1800 rpm ve 3600 rpm’de çeşitli sürelerde kaplama yapılmış ve süreler kaplama hızları değiştirilecek şekilde sabittir. Şekil 4.17’de de şekil 4.15’de görüldüğü gibi kaplama hızı düşükken daha kalın bir film oluşmaktadır. 1800 rpm deki soğurum 3600 rpm deki soğurumdan daha yüksek çıkmıştır. Şekil 4.3 ve şekil 4.10 da olduğu gibi burada da hazırlanan ince filmlerin kalınlığı, derişim değişiminden bağımsız olduğu ve kaplama hızıyla ters orantılı değiştiği görülmektedir. Şekil 4.16 ve şekil 4.17 karşılaştırıldığında dikkate alınması gereken durum diğer iki polimerde de olduğu gibi hız faktörünün daha etkili olduğudur.



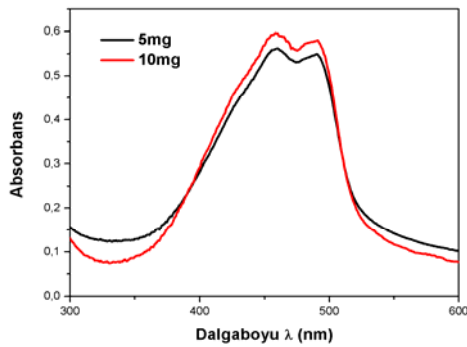
(a): F8T2 1800 rpm



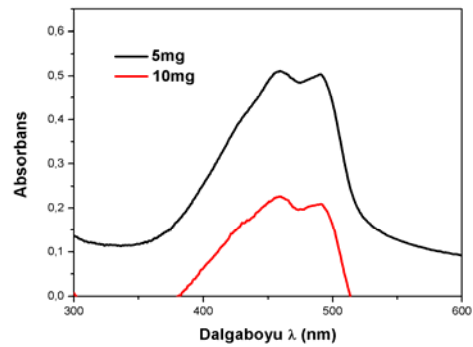
(b): F8T2 3600 rpm

Şekil 4.18. Kaplama süresi ve hızı değiştirilerek hazırlanan F8T2 (10 mg/mL) ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.

10 mg/mL oranında hazırlanan F8T2 çözeltisinin, süre olarak 60 s, 40 s ve 20 s döndürülerek ince filmleri hazırlanmış ve soğurma spektrumları 1800 rpm ve 3600 rpm için elde edilmiştir. Bu spektrumlara göre, 60 s ve 40 s süreyle kaplanan ince filmlerin soğurma değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Şekil 4.18 (a) da 1800 rpm de 20 s süreyle kaplanan filmin soğurumunun 60 s ve 40 s süreyle kaplanan filmlerin soğurumundan daha az olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 4.18 (b) de 3600 rpm de 20 s süreyle kaplanan filmin soğurumu diğerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Burada da yine şekil 4.16'daki değerlendirmeler hatırlanmalıdır.



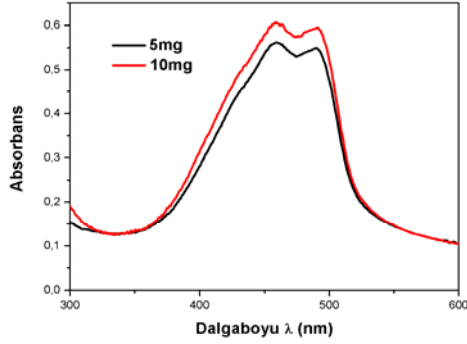
(a): F8T2 1800 rpm



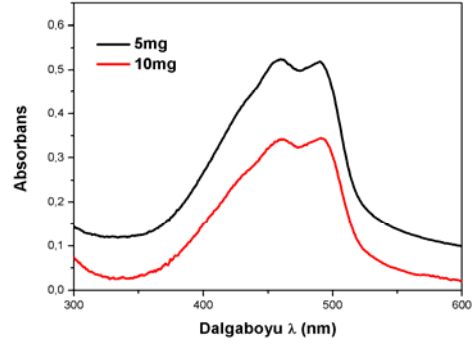
(b): F8T2 3600 rpm

Şekil 4.19. Kaplama hızı ve derişimi değiştirilerek 60 s sürede hazırlanan F8T2 ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.

5 mg/mL ve 10 mg/mL oranında hazırlanan F8T2 çözeltisi ile 1800 rpm ve 3600 rpm'de 60 s sürede kaplama yapılmış, süre sabit tutularak kaplama hızları değiştirilmiştir. Burada derişim değişiminin soğuruma etkisi incelenmiştir. Şekil 4.19 (a) da derişimi 10mg/mL olan ince filmin soğurum farkının daha az olduğu görülürken, şekil 4.19 (b) de ise derişimi 5 mg/mL olan ince filmin çok daha kalın olduğu görülmektedir. Yüksek hızlarda elde edilen sonuç yine beklentilerin tersinde çıkmıştır.



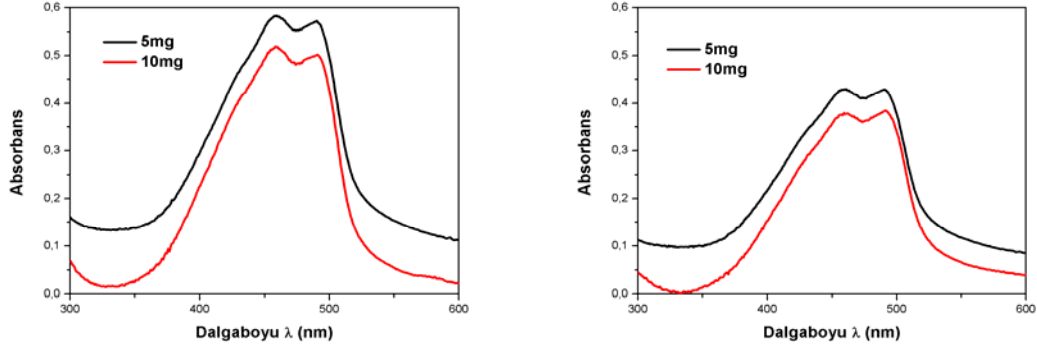
(a): F8T2 1800 rpm



(b): F8T2 3600 rpm

Şekil 4.20. Kaplama hızı ve derişimi değiştirilerek 40 s sürede hazırlanan F8T2 ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.

5 mg/mL ve 10mg/mL oranında hazırlanan F8T2 çözeltisi ile 1800 rpm ve 3600 rpm'de 40 s sürede kaplama yapılmış, farklı hızlarda süre sabit tutulmuştur. Şekil 4.20 (a) da şekil 4.19 (a) deki gibi derişimi 10 mg/mL olan ince filmin soğurumunun daha fazla olduğu görülmüştür. Şekil 4.20 (b)'de şekil 4.19 (b) olduğu gibi derişimi 5 mg/mL olan ince filmin daha yüksek soğuruma sahip olduğu görülmektedir.



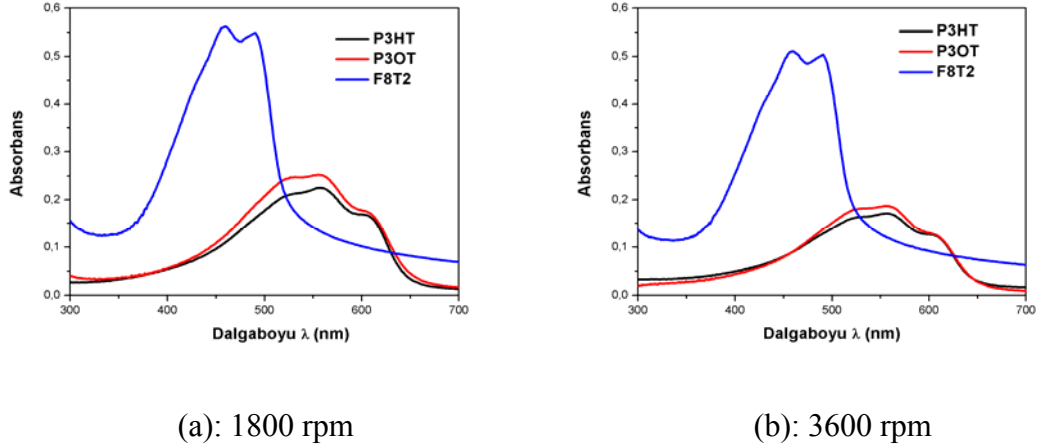
(a): F8T2 1800 rpm

(b): F8T2 3600 rpm

Şekil 4.21. Kaplama hızı ve derişimi değiştirilerek 20 s sürede hazırlanan F8T2 ince filmine ait soğurma spektrumları (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.

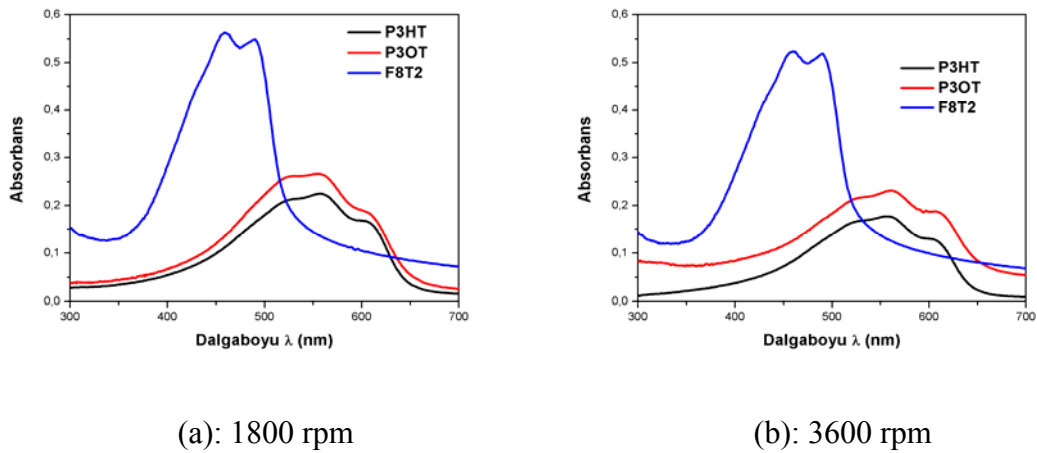
5 mg/mL ve 10 mg/mL oranında hazırlanan F8T2 çözeltisi ile 1800 rpm ve 3600 rpm’de 20 s sürede kaplama yapılmış, hızlar değiştirilerek süre sabit tutulmuştur. Şekil 4.21 (a) ve şekil 4.21 (b) de derişimi 5 mg/mL olan ince filmin soğurumunun, derişimi 10 mg/mL olan ince filminden daha fazla olduğu görölmektedir. Burada kaplama hızı değişse de ince filmin derişimi azaldıkça kalınlığının da artığı görölmüştür. Bunun sebebi daha öncede değindiğimiz gibi, P3OT’de olduğu gibi F8T2’nin de yüzeye tutunma açısından bir dezavantajının olmasıdır. Burada, 20 s süre ve 3600 rpm de hazırlanan filmin beklenen şekilde çıkması ise film hazırlama süresi boyunca yüzeyden tam olarak polimerin kopmamasıdır.

Şekil 4.18(b), şekil 4.19(b), şekil 4.20(b) ve şekil 4.21 incelendiğinde şekil 4.16’daki durumun her zaman için karşımıza çıktığını görmekteyiz. Daha önce P3OT için yapılan açıklamalar da incelendiğinde yüzeye tutunma kabiliyeti az olan polimerlerin ince filmleri, mümkün olan en düşük hızda daha uzun sürede hazırlanmalıdır. Üstelik P3OT ve F8T2 polimerleri P3HT polimerine göre daha açık bir renge sahiptir. Bu yüzden de iletkenliklerinin birbirlerine çok yakın olmasına rağmen güneş pili uygulamalarında P3HT’nin Polythiophene türevleri içerisinde en çok kullanılan polimer olması oldukça mantıklıdır. P3HT hem morfolojik açıdan hem de yüzeye tutunma açısından birçok ince film uygulamasında ve iletken polimer tabanlı yarı iletken aygıt üretiminde tercih edilmektedir. Polythiophene’nin diğer türevleri içerisinde oldukça kullanışlı bir polimer olmasının yanı sıra sahip olduğu renginden dolayı da soğurum özellikleri açısından birçok uygulamada değerlendirilmektedir.

4.1.4. P3HT, P3OT ve F8T2'nin UV-Vis Soğurum Spektrumları

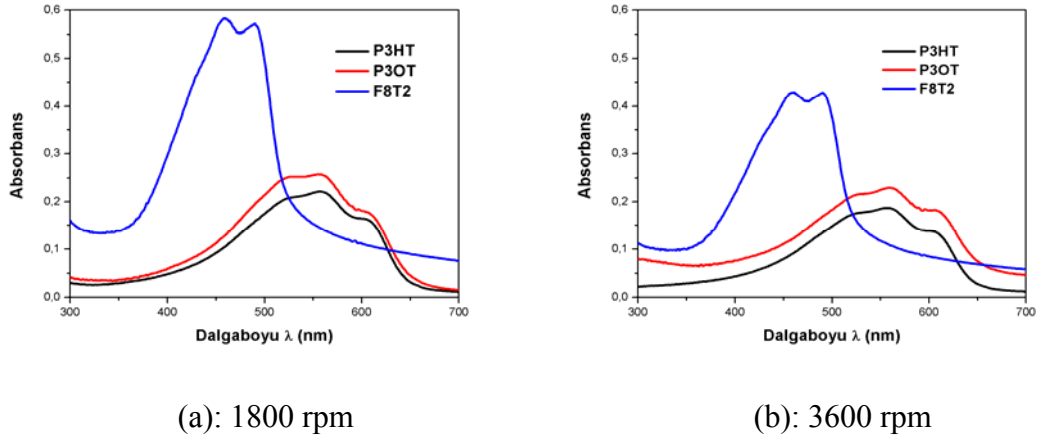
Şekil 4.22. Kaplama süresi 60 s sabit tutularak, P3HT, P3OT ve F8T2 (5 mg/mL) deki değişik kaplama hızlarına ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.

5 mg/mL oranında hazırlanan P3HT, P3OT ve F8T2 çözeltileri ile 1800 rpm ve 3600 rpm'de 60 s sürede kaplama yapılmıştır. Böylece kaplama hızının kullanılan polimerlerin kalınlığına ve dolayısıyla soğurma oranına etkisi incelenmiştir. P3HT ve P3OT ile kaplanan ince filmlerin soğurma değerlerinin birbirine çok yakınken, F8T2 ile kaplanan filmin ise diğer filmlere göre daha yüksek soğurma değerine sahip olduğu görülmektedir. Şekil 4.22'ye göre P3HT, P3OT ve F8T2 ile hazırlanan ince filmlerin soğurma oranlarını kıyasladığımızda kaplama hızının değişiminin soğuruma etkimeydiğini sadece kaplanan malzeme türünün etkilediği görülmektedir



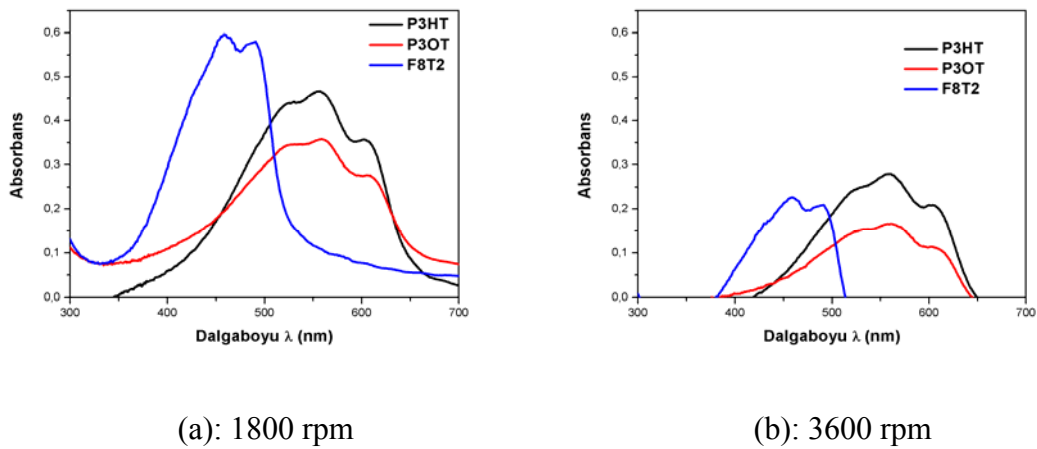
Şekil 4.23. Kaplama süresi 40 s sabit tutularak, P3HT, P3OT ve F8T2 (5 mg/mL) deki değişik kaplama hızlarına ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.

5 mg/mL oranında hazırlanan P3HT, P3OT ve F8T2 çözeltileri ile 1800 rpm ve 3600 rpm'de 40 s sürede kaplama yapılmıştır. P3HT ve P3OT ile kaplanan ince filmlerin soğurum değerlerinin hemen hemen birbirine çok yakın olduğu ve F8T2 ile kaplanan filmin ise diğer filmlere göre daha yüksek soğurum değerine sahip olduğu görülmektedir. Şekil 4.23'de şekil 4.22 deki gibi P3HT, P3OT ve F8T2 ile hazırlanan ince filmlerin soğurumuna sadece kaplanan malzeme türünün etkidiği görülmektedir.



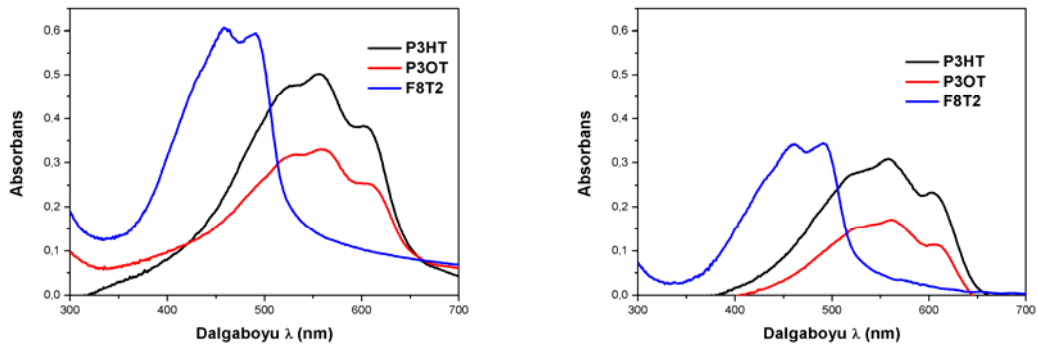
Şekil 4.24. Kaplama süresi 20 s sabit tutularak, P3HT, P3OT ve F8T2 (5 mg/mL) deki değişik kaplama hızlarına ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.

5 mg/mL oranında hazırlanan P3HT, P3OT ve F8T2 çözeltileri ile 1800 rpm ve 3600 rpm'de 20 s sürede kaplama yapılmıştır. Şekil 4.24 de, şekil 4.23 ve şekil 4.22 deki gibi hazırlanan ince filmlerin soğurum değerlerinin yine aynı şekilde sadece kaplanan malzeme türünden etkilendiği görülmektedir.



Şekil 4.25. Kaplama süresi 60 s sabit tutularak, P3HT, P3OT ve F8T2 (10 mg/mL) deki değişik kaplama hızlarına ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.

10 mg/mL oranında hazırlanan P3HT, P3OT ve F8T2 çözeltileri ile 1800 rpm ve 3600 rpm'de 60 s sürede kaplama yapılmıştır. Şekil 4.25 (a) P3HT ve P3OT ile kaplanan ince filmlerin soğurum değerlerinin birbirine çok yakın olduğu ve F8T2 ile kaplanan filmin ise diğer filmlere göre daha yüksek soğurum değerine sahip olduğu görülmektedir. Şekil 4.25 (b)'ye göre ise P3OT ve F8T2 ile kaplanan ince filmlerin soğurum değerlerinin birbirine çok yakın olduğu ve P3HT ile kaplanan filmin, diğer filmlere göre daha yüksek soğurum değerine sahip olduğu görülmektedir. Yine daha önce bahsettiğimiz gibi kaplama hızı P3OT ve F8T2 için oldukça farklı sonuçlar ortaya çıkartmaktadır.

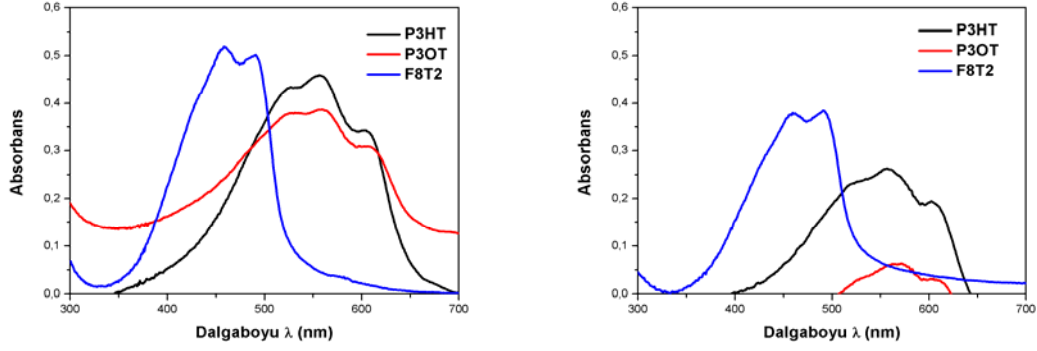


(a): 1800 rpm

(b): 3600 rpm

Şekil 4.26. Kaplama süresi 40 s sabit tutularak, P3HT, P3OT ve F8T2 (10 mg/mL) deki değişik kaplama hızlarına ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.

10 mg/mL oranında hazırlanan P3HT, P3OT ve F8T2 çözeltileri ile 1800 rpm ve 3600 rpm'de 40 s sürede kaplama yapılmıştır. P3HT ve P3OT ile kaplanan ince filmlerin soğurum değerlerinin birbirine çok yakın olduğu ve F8T2 ile kaplanan filmin ise diğer filmlere göre daha yüksek soğurum değerine sahip olduğu görülmektedir. Şekil 4.26'da da P3HT, P3OT ve F8T2 ile hazırlanan ince filmlerin soğurum değerine sadece kaplanan malzeme türünün etkidiği görülmektedir.

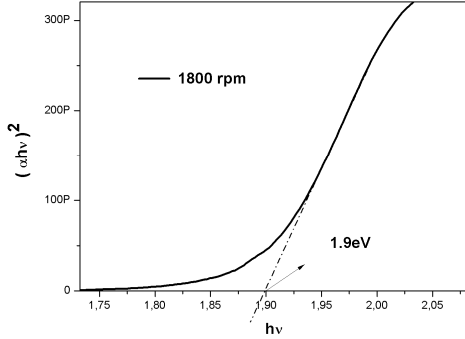


(a): 1800 rpm

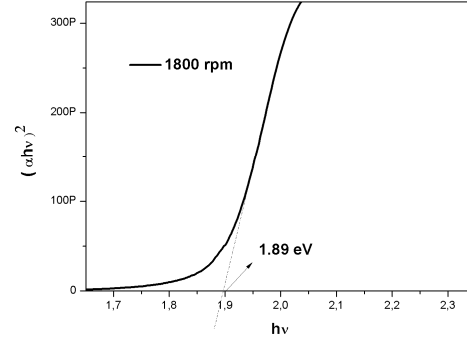
(b): 3600 rpm

Şekil 4.27. Kaplama süresi 20 s sabit tutularak, P3HT, P3OT ve F8T2 (10 mg/mL) deki değişik kaplama hızlarına ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.

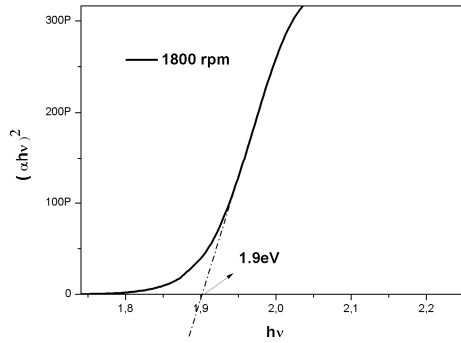
10 mg/mL oranında hazırlanan P3HT, P3OT ve F8T2 çözeltileri ile 1800 rpm ve 3600 rpm’de 20 s sürede kaplama yapılmıştır. P3HT ve P3OT ile kaplanan ince filmlerin soğurma değerlerinin birbirine çok yakın olduğu ve F8T2 ile kaplanan filmin ise diğer filmlere göre daha yüksek soğurma değerine sahip olduğu görülmektedir. Şekil 4.27 (b) de P3OT ile hazırlanan ince filmin soğurumunun P3HT ve F8T2’nin değerinden daha az olduğu görülmektedir.

4.2. Yasak Enerji Grafikleri ve Yorumları**4.2.1. P3HT'nin yasak enerji grafikleri**

(a): P3HT (60 s)



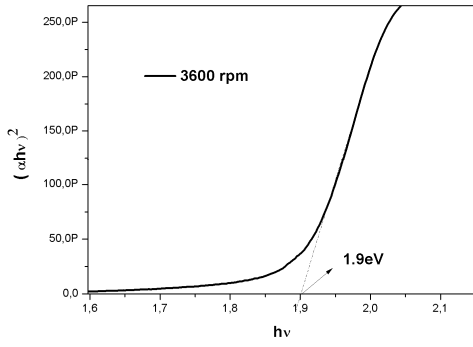
(b): P3HT (40 s)



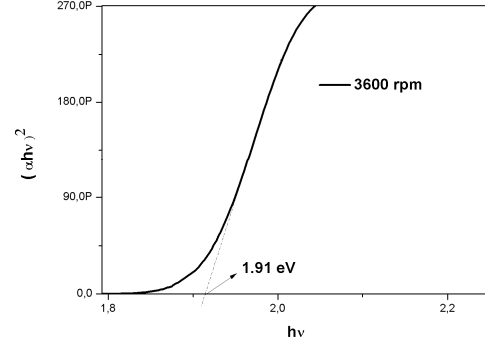
(c): P3HT (20 s)

Şekil 4.28. Kaplama süreleri değiştirilerek hazırlanan P3HT ince filmine ait yasak enerji grafikleri; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s.

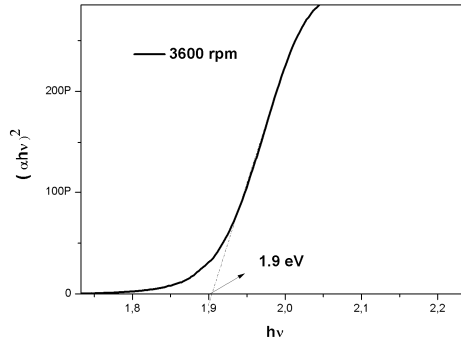
5 mg/mL oranında hazırlanan P3HT çözeltisi ile 1800 rpm'de farklı sürelerde hazırlanan ince filmlerin soğurum değerleri kullanılarak yasak enerji aralıkları hesaplanmış ve grafikte gösterilmiştir Böylece kaplama sürelerinin yasak enerji değerlerine etkisi incelenmiştir. Şekil 4.28'e göre kaplama süreleri değiştirilse de yasak enerji değerleri yaklaşık aynı çıkmıştır. Bu sonuç hazırlanan filmlerin yasak enerji değerlerinin süreyle değişmediğini göstermektedir.



(a): P3HT (60 s)



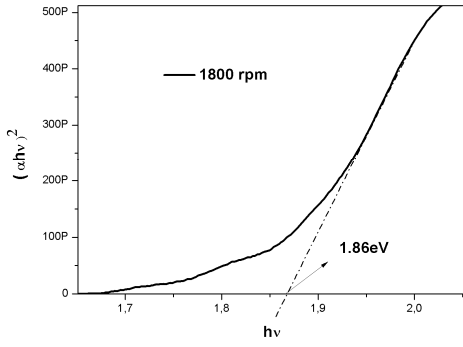
(b): P3HT (40 s)



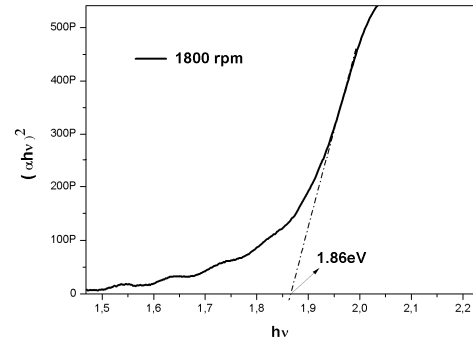
(c): P3HT (20 s)

Şekil 4.29. Kaplama süreleri değiştirilerek hazırlanan P3HT ince filmine ait yasak enerji grafikleri; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s.

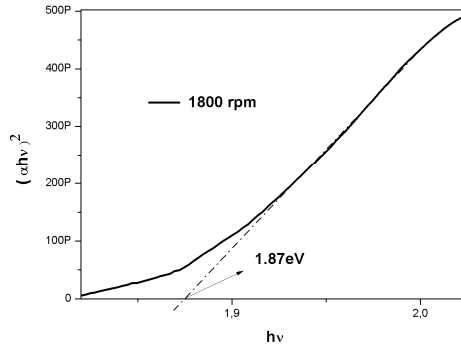
5 mg/mL oranında hazırlanan P3HT çözeltisi ile 3600 rpm farklı sürelerde hazırlanan ince filmlerin soğurum değerleri kullanılarak yasak enerji aralıkları hesaplanmış ve grafikte gösterilmiştir. Şekil 4.29'da da şekil 4.28 de olduğu gibi kaplama süreleri değiştirilse de yasak enerji değerleri yaklaşık aynı çıkmıştır. P3HT için hazırlanan filmlerin yasak enerji değerlerinin süreyle ve kaplama hızıyla değişmediğini görmekteyiz.



(a): P3HT (60 s)



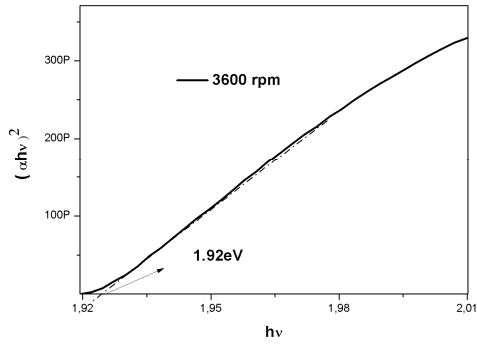
(b): P3HT (40 s)



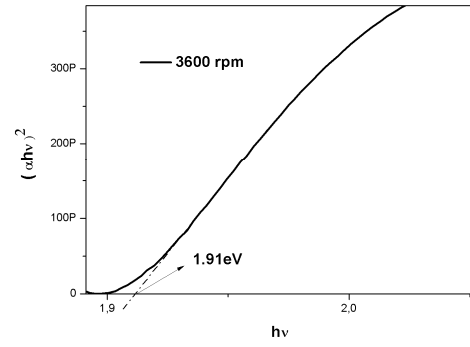
(c): P3HT (20 s)

Şekil 4.30. Kaplama süreleri değiştirilerek hazırlanan P3HT ince filmine ait yasak enerji grafikleri; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s.

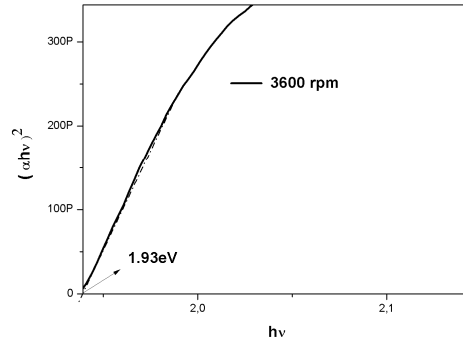
10 mg/mL oranında hazırlanan P3HT çözeltisi ile 1800 rpm’de farklı sürelerde hazırlanan ince filmlerin yasak enerji aralıkları grafikte gösterilmiştir. Şekil 4.30’a göre kaplama süreleri değiştirilse de yasak enerji değerleri hemen hemen aynı çıkmıştır.



(a): P3HT (60 s)



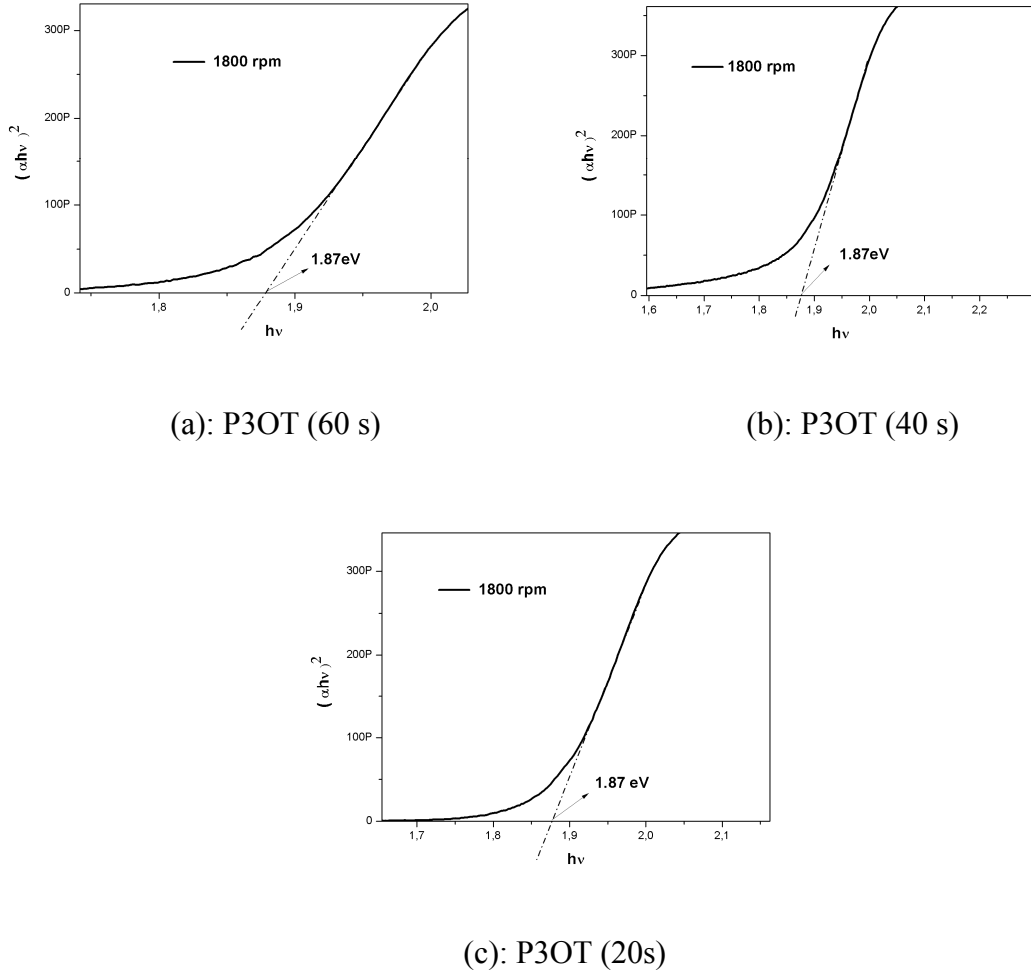
(b): P3HT (40 s)



(c): P3HT (20 s)

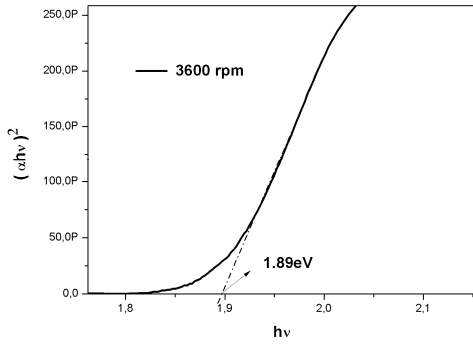
Şekil 4.31. Kaplama süreleri değiştirilerek hazırlanan P3HT ince filmine ait yasak enerji grafikleri; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s.

10 mg/mL oranında hazırlanan P3HT çözeltisi ile 3600 rpm farklı sürelerde hazırlanan ince filmlerin yasak enerji aralıkları grafikte gösterilmiştir. Şekil 4.31’de de şekil 4.30 daki gibi kaplama süreleri değiştirilse de yasak enerji değerleri çok yakın çıkmıştır.

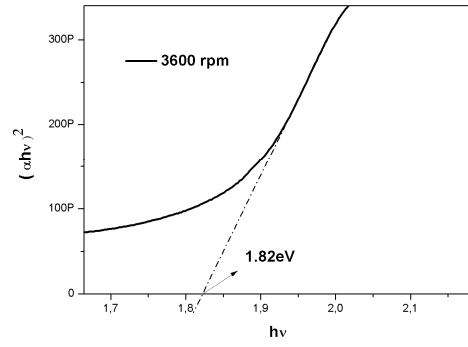
4.2.2. P3OT'nin yasak enerji grafikleri

Şekil 4.32. Kaplama süreleri değiştirilerek hazırlanan P3OT ince filmine ait yasak enerji grafikleri; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s.

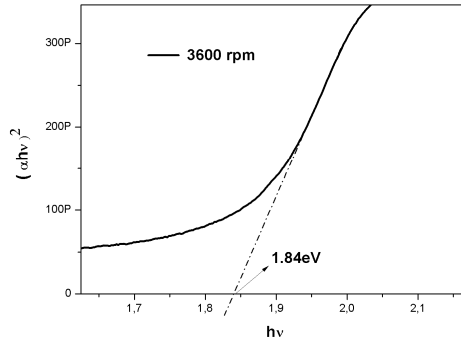
5 mg/mL oranında hazırlanan P3OT çözeltisi ile 1800 rpm'de farklı sürelerde hazırlanan ince filmlerin yasak enerji aralıkları grafikte gösterilmiştir. Şekil 4.32 de kaplama süreleri değiştirilse de yasak enerji değerleri aynı çıkmıştır. Burada 5 mg/mL ve 1800 rpm de hazırlanan P3OT için süreden bağımsız tek bir yasak enerji aralığı olduğu görülmüştür.



(a): P3OT (60 s)



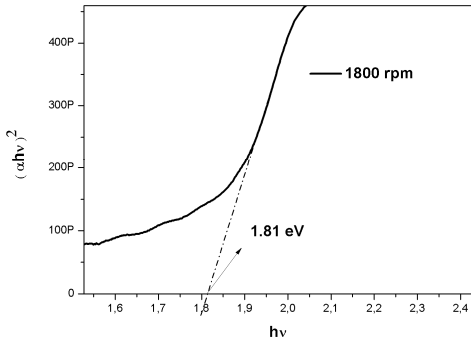
(b): P3OT (40 s)



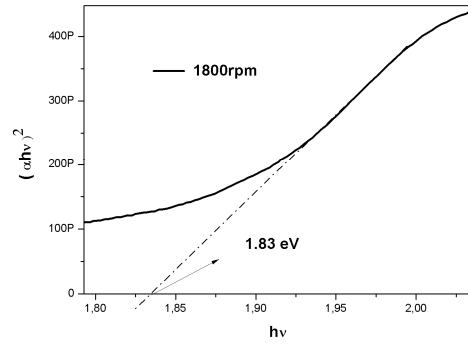
(c): P3OT (20 s)

Şekil 4.33. Kaplama süreleri değiştirilerek hazırlanan P3OT ince filmine ait yasak enerji grafikleri; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s.

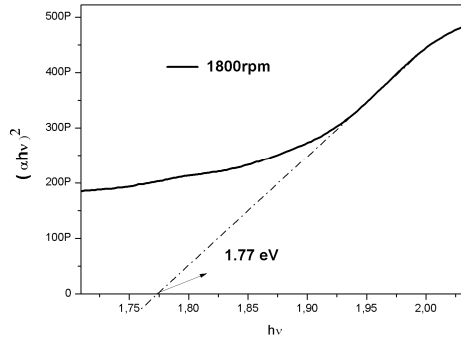
5 mg/mL oranında hazırlanan P3OT çözeltisi ile 3600 rpm farklı sürelerde hazırlanan ince filmlerin yasak enerji aralıkları hesaplanmış ve grafikte gösterilmiştir. Şekil 4.33’de de şekil 4.32 de olduğu gibi kaplama süreleri değiştirilse de yasak enerji değerleri hemen hemen aynı çıkmıştır. Burada şekil 4.29 deki gibi hazırlanan filmlerin yasak enerji değerlerinin süreyle ve kaplama hızıyla değişmediği görülmektedir.



(a): P3OT (60 s)



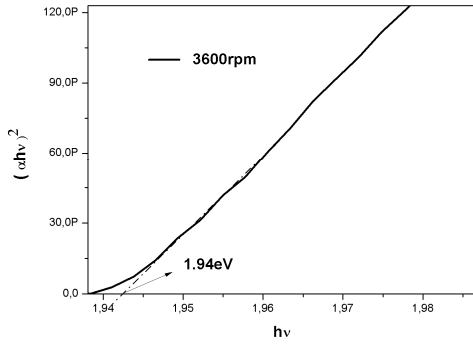
(b): P3OT (40 s)



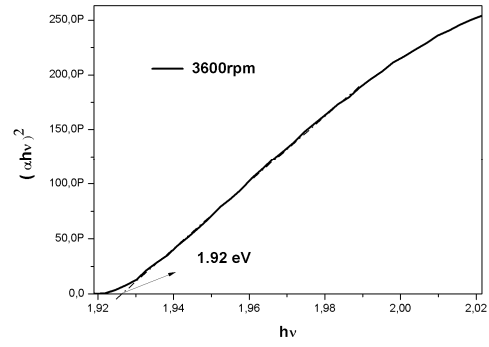
(c): P3OT (20 s)

Şekil 4.34. Kaplama süreleri değiştirilerek hazırlanan P3OT ince filmine ait yasak enerji grafikleri; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s.

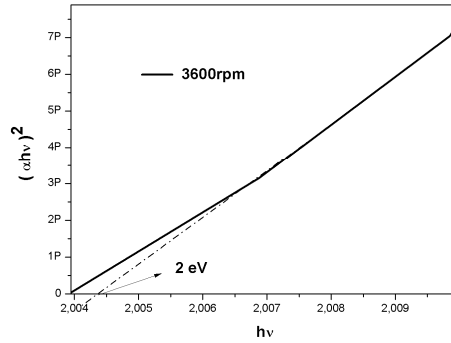
10 mg/mL oranında hazırlanan P3OT çözeltisi ile 1800 rpm farklı sürelerde hazırlanan ince filmlerin yasak enerji aralıkları hesaplanmış ve grafikte gösterilmiştir. Şekil 4.34’de 60 s ve 40 s süredeki yasak enerji değerleri birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. 20 s süreye ait yasak enerji değeri ise 60 s ve 40 s değerlerinden düşük çıkmıştır.



(a): P3OT (60 s)



(b): P3OT (40 s)

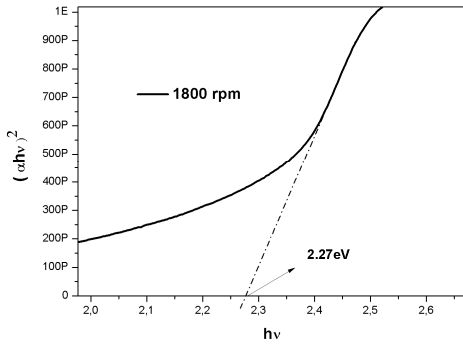


(c): P3OT (20 s)

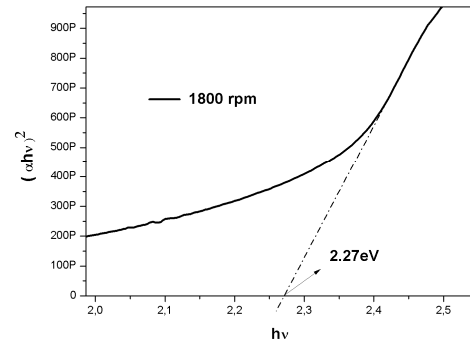
Şekil 4.35. Kaplama süreleri değiştirilerek hazırlanan P3OT ince filmine ait yasak enerji grafikleri; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s.

10 mg/mL oranında hazırlanan P3OT çözeltisi ile 3600 rpm farklı sürelerde hazırlanan ince filmlerin yasak enerji aralıkları hesaplanmış ve grafikte gösterilmiştir. Şekil 4.35’de de şekil 4.34 deki gibi 60 s ve 40 s süredeki yasak enerji değerleri birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. 20 s süreye ait yasak enerji değeri ise 60 s ve 40 s değerlerinden biraz yüksek çıksa da değişim oranının oldukça küçük olduğu görülmektedir.

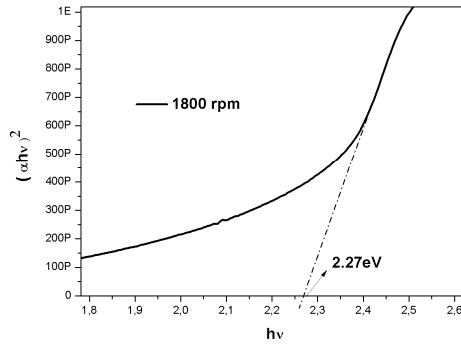
4.2.3. F8T2'nin yasak enerji grafikleri



(a): F8T2 (60 s)



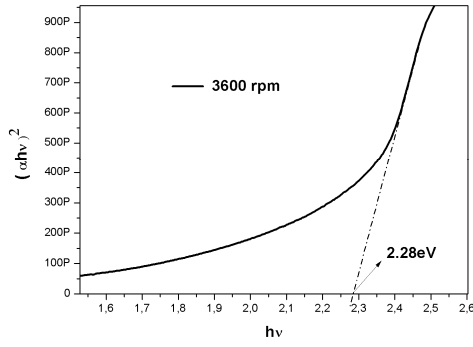
(b): F8T2 (40 s)



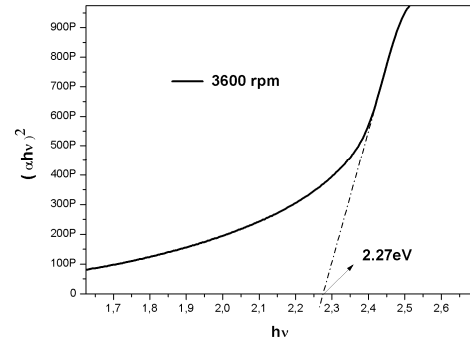
(c): F8T2 (20 s)

Şekil 4.36. Kaplama süreleri değiştirilerek hazırlanan F8T2 ince filmine ait yasak enerji grafikleri ; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s.

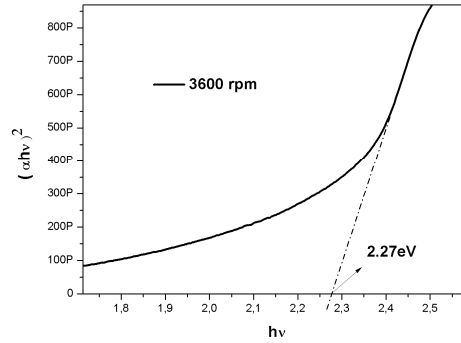
5 mg/mL oranında hazırlanan F8T2 çözeltisi ile 1800 rpm farklı sürelerde hazırlanan ince filmlerin yasak enerji aralıkları grafikte gösterilmiştir. Şekil 4.36 da kaplama süreleri değiştirilse de yasak enerji değerleri aynı çıkmıştır. Burada 5 mg/mL ve 1800 rpm de hazırlanan F8T2 için süreden bağımsız tek bir yasak enerji aralığı olduğu görülmüştür.



(a): F8T2 (60 s)



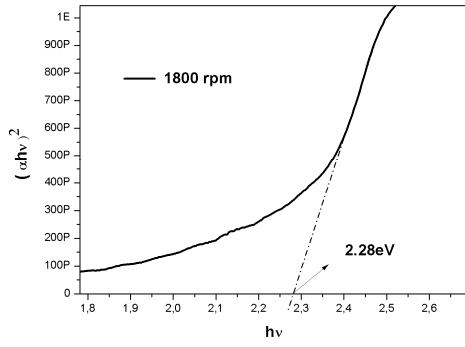
(b): F8T2 (40 s)



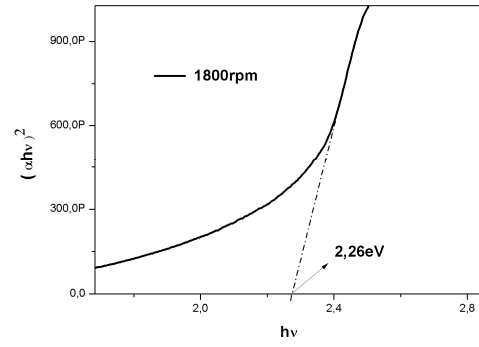
(c): F8T2 (20 s)

Şekil 4.37. Kaplama süreleri değiştirilerek hazırlanan F8T2 ince filmine ait yasak enerji grafikleri; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s.

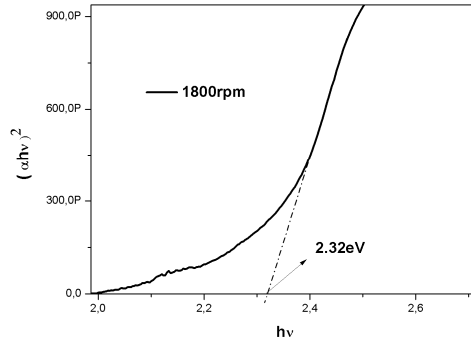
5 mg/mL oranında hazırlanan F8T2 çözeltisi ile 3600 rpm farklı sürelerde hazırlanan ince filmlerin yasak enerji aralıkları grafikte gösterilmiştir. Şekil 4.37 de de şekil 4.36 daki gibi kaplama süreleri değiştirilse de yasak enerji değerleri hemen hemen aynı çıkmıştır. Burada 5 mg/mL F8T2 ince filmleri için yasak enerji değerinin kaplama hızından ve süreden bağımsız olduğu görülmüştür.



(a): F8T2 (60 s)



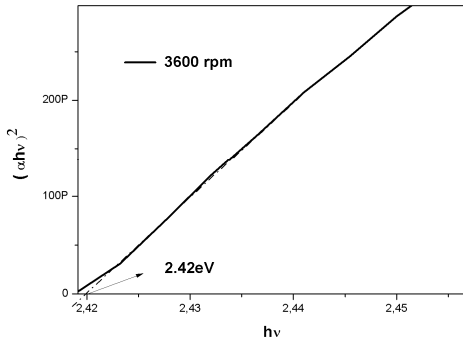
(b): F8T2 (40 s)



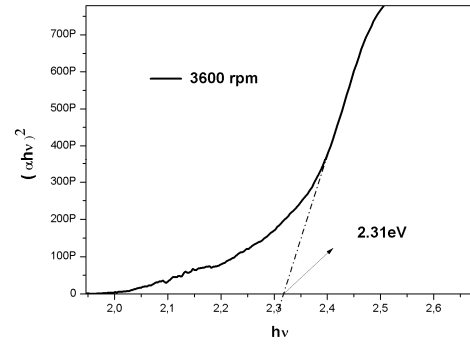
(c): F8T2 (20 s)

Şekil 4.38. Kaplama süreleri değiştirilerek hazırlanan F8T2 ince filmine ait yasak enerji grafikleri; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s.

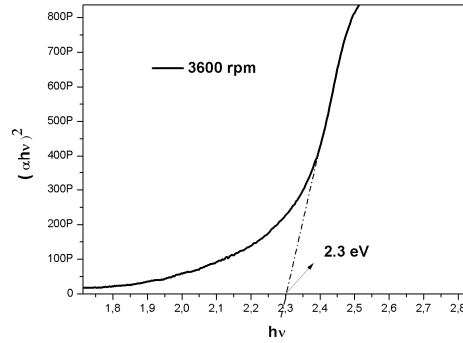
10 mg/mL oranında hazırlanan F8T2 çözeltisi ile 1800 rpm farklı sürelerde hazırlanan ince filmlerin yasak enerji aralıkları hesaplanmış ve grafikte gösterilmiştir. Şekil 4.38’de 60 s ve 40 s süredeki yasak enerji değerleri birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. 20 s süreye ait yasak enerji değeri ise 60 s ve 40 s değerlerinden yüksek çıkmıştır. Bu fark ise oldukça küçük ve ihmal edilebilir derecededir.



(a): F8T2 (60 s)



(b): F8T2 (40 s)



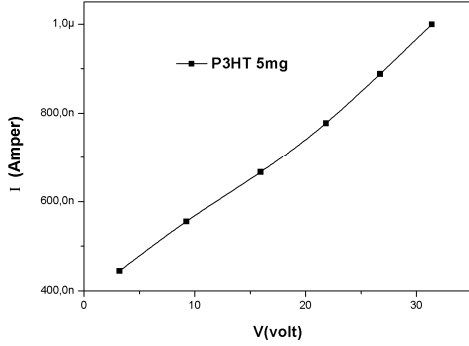
(c): F8T2 (20 s)

Şekil 4.39. Kaplama süreleri değiştirilerek hazırlanan F8T2 ince filmine ait yasak enerji grafikleri; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s.

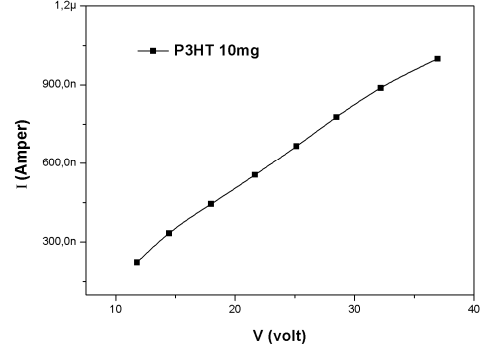
10 mg/mL oranında hazırlanan F8T2 çözeltisi ile 3600 rpm farklı sürelerde hazırlanan ince filmlerin yasak enerji aralıkları hesaplanmış ve grafikte gösterilmiştir. Şekil 4.39’da 40 s ve 20 s süredeki yasak enerji değerleri birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. 60 s süreye ait yasak enerji değerinin ise 40 s ve 20 s değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir.

4.3. Yüzeyletkenlik Grafikleri Ve Yorumları

4.3.1. P3HT'nin yüzeyletkenlik ölçümleri



(a): P3HT (5 mg/ml)

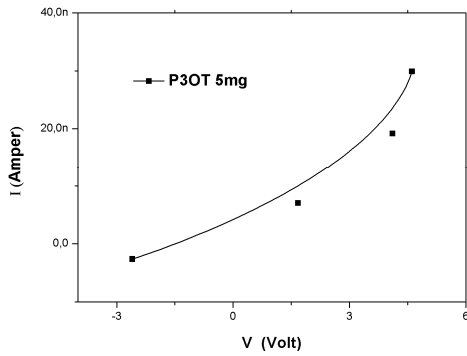


(b): P3HT (10 mg/ml)

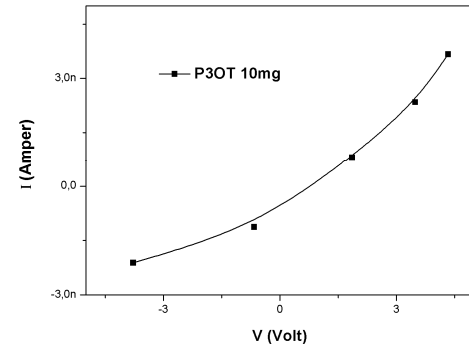
Şekil 4.40. Derişimleri değiştirilerek hazırlanan P3HT ince filminin yüzeyletkenlik grafikleri; (a) 5 mg/mL (b) 10 mg/mL.

Kaplama hızı (1800 rpm) ve süresi (40 s) sabit tutularak hazırlanan P3HT ince filmlerin 5 mg/mL ve 10 mg/mL oranlarına ait yüzeyletkenlikleri araştırılmıştır. Böylece derişim değişiminin yüzeyletkenliğine etkisi incelenmiştir.

4.3.2. P3OT'nin yüzeyletkenlik ölçümleri



(a): P3OT (5 mg/ml)

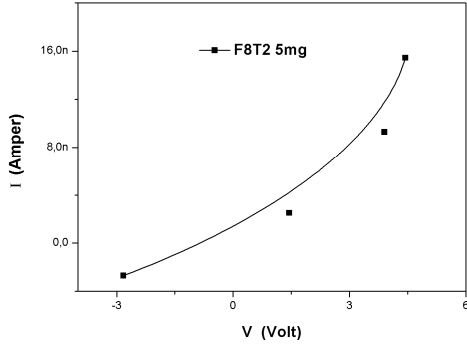


(b): P3OT (10 mg/ml)

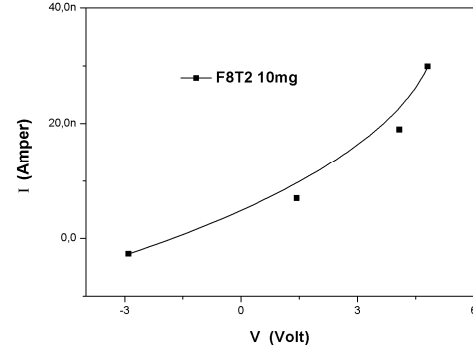
Şekil 4.41. Derişimleri değiştirilerek hazırlanan P3OT ince filminin yüzeyletkenlik grafikleri (a): 5 mg/mL (b) 10 mg/mL.

Kaplama hızı (1800 rpm) ve süresi (40 s) sabit tutularak hazırlanan P3OT ince filmlerin 5 mg/mL ve 10 mg/mL oranlarına ait yüzey iletkenlikleri incelendiğinde derişimi yüksek olan filmin iletkenliği daha düşük çıkmıştır.

4.3.3. F8T2'nin yüzey iletkenlik ölçümleri



(a): F8T2 (5 mg/ml)



(b): F8T2 (10 mg/ml)

Şekil 4.42. Derişimleri değiştirilerek hazırlanan F8T2 ince filminin yüzey iletkenlik grafikleri (a): 5 mg/mL (b): 10 mg/mL.

Kaplama hızı ve süresi sabit tutularak hazırlanan F8T2 ince filmlerin 5 mg/mL ve 10 mg/mL oranlarına ait yüzey iletkenlikleri araştırılmıştır.

BÖLÜM 5.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Yasak Enerji Sonuçlarının Değerlendirilmesi

P3HT ile hazırlanan ince filmlerin yasak enerji değerlerinin hemen hemen aynı çıktığı aşağıda çizelge 5.1 de gösterilmiştir. Burada yasak enerji değerlerinin kaplama hızı, süresi ve hazırlanan çözeltinin derişimiyle nispeten değişmediği görülmüştür.

Çizelge 5.1. P3HT ile hazırlanan ince filmlerin yasak enerji değerleri (eV).

Hız	1800 rpm			3600 rpm		
Süre	60 s	40 s	20 s	60 s	40 s	20 s
Miktar (mg)						
5	1.9	1.89	1.9	1.9	1.91	1.9
10	1.86	1.86	1.87	1.92	1.91	1.93

P3OT ile hazırlanan ince filmlerin yasak enerji değerlerinin 5 mg/mL de hemen hemen aynı çıktığı çizelge 5.2 de gösterilmiştir. 10 mg/mL olarak hazırlanan P3OT çözeltisi ile yapılan ince filmlerde ise, kaplama hızının yasak enerji değerlerine çok az da olsa etkisi olmuştur. Bu etki ise oldukça küçük bir aralığa denk geldiğinden band aralığı çalışmalarında ihmal edilebilecek seviyededir.

Çizelge 5.2. P3OT ile hazırlanan ince filmlerin yasak enerji değerleri (eV).

Hız	1800 rpm			3600 rpm		
Süre	60 s	40 s	20 s	60 s	40 s	20 s
Miktar (mg)						
5	1.87	1.87	1.87	1.89	1.82	1.84
10	1.81	1.83	1.77	1.94	1.92	2

F8T2 ile hazırlanan ince filmlerin yasak enerji değerlerinin 5 mg/mL de birbirine çok aynı çıktığı çizelge 5.3 deki verilerden görülmektedir. F8T2 ile hazırlanmış 10 mg/mL da ise 5 mg/mL'ye göre bir fark olduğu görülmektedir. Bu fark bize, çözelti derişiminin yanı sıra kaplama hızı ve kaplama süresinin de yasak enerji değerlerine az da olsa etki ettiğini göstermektedir.

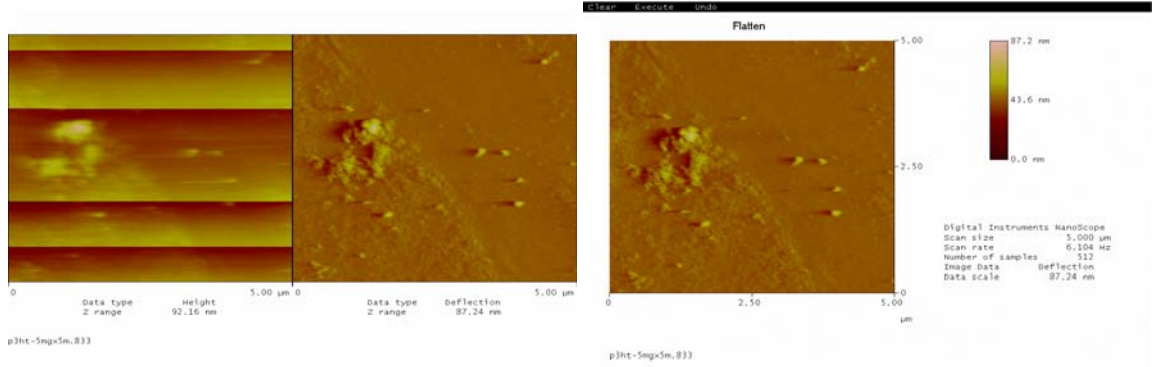
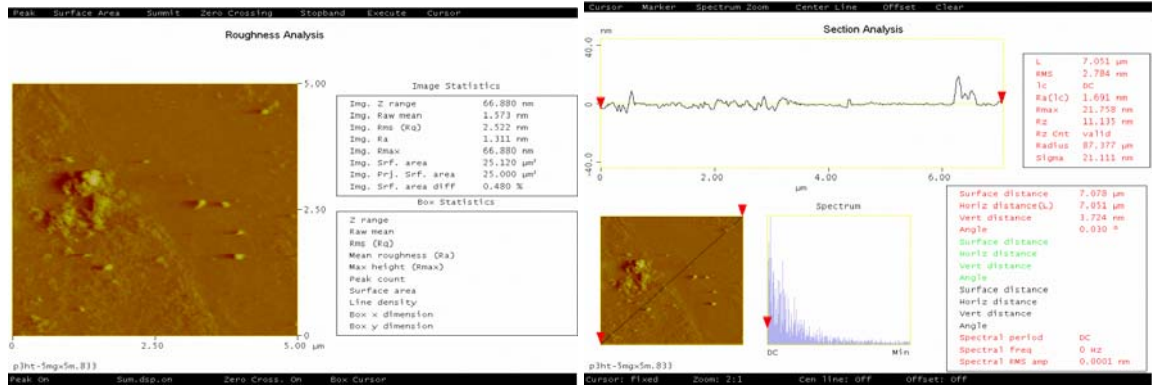
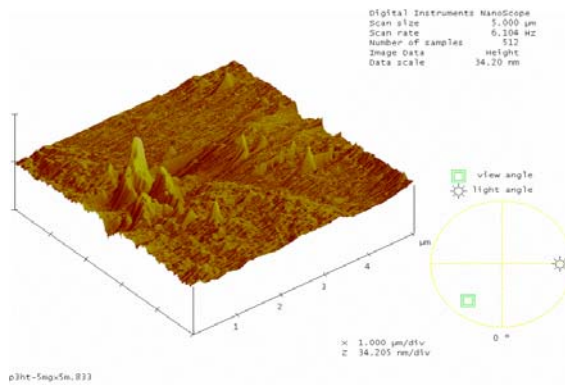
Çizelge 5.3. F8T2 ile hazırlanan ince filmlerin yasak enerji değerleri (eV).

Hız	1800 rpm			3600 rpm		
Süre	60 s	40 s	20 s	60 s	40 s	20 s
Miktar (mg)						
5	2.27	2.27	2.27	2.28	2.27	2.27
10	2.28	2.26	2.32	2.42	2.31	2.3

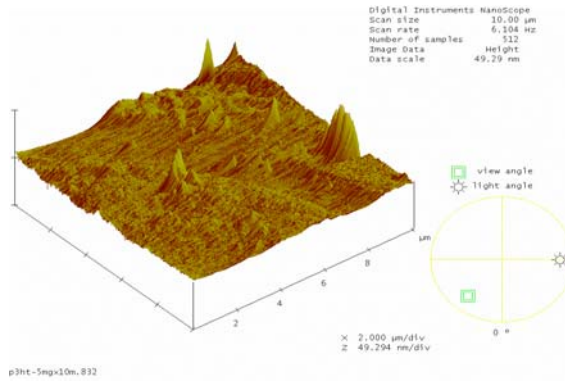
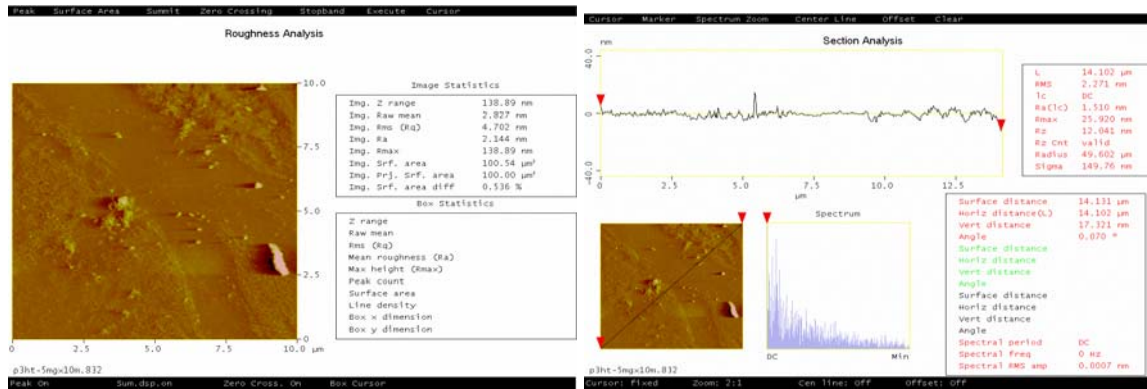
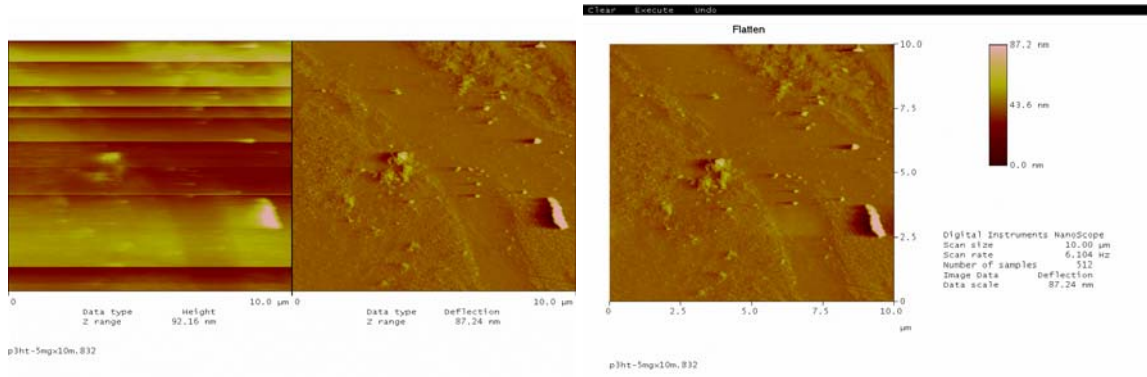
P3HT, P3OT ve F8T2 polimerlerine ait yasak enerji değerlerini veren çizelgeler incelendiğinde bu farkın hepsinde karşımıza çıktığını ve sadece F8T2 için bu farkın diğer polimerlerdekine göre daha bariz şekilde ön plana çıktığını görmekteyiz. Yine hatırlanacak olursa, bu üç polimer için bu farkların ihmal edilebilir seviyede olduğunu söyleyebiliriz. Yasak enerji değerleri, yapılan deneysel çalışmalar ışığında sadece polimer türüne göre değişmektedir.

5.2. AFM Görüntüleri ve Sonuçlarının Değerlendirilmesi

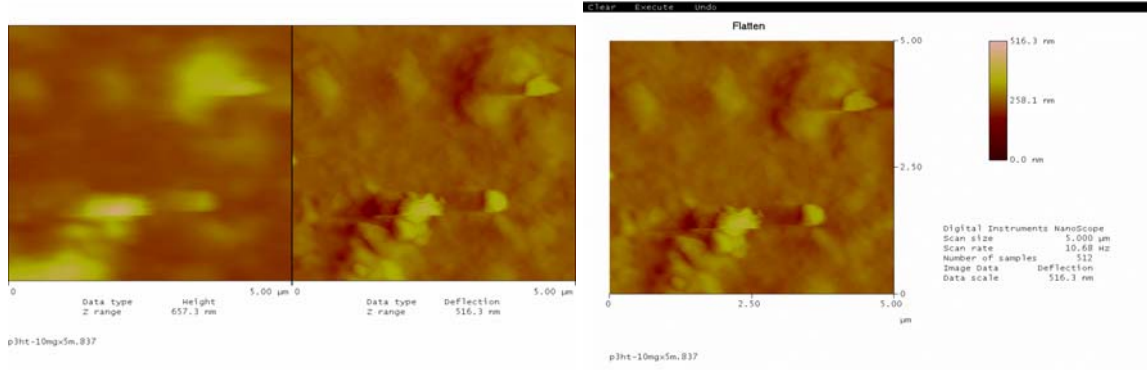
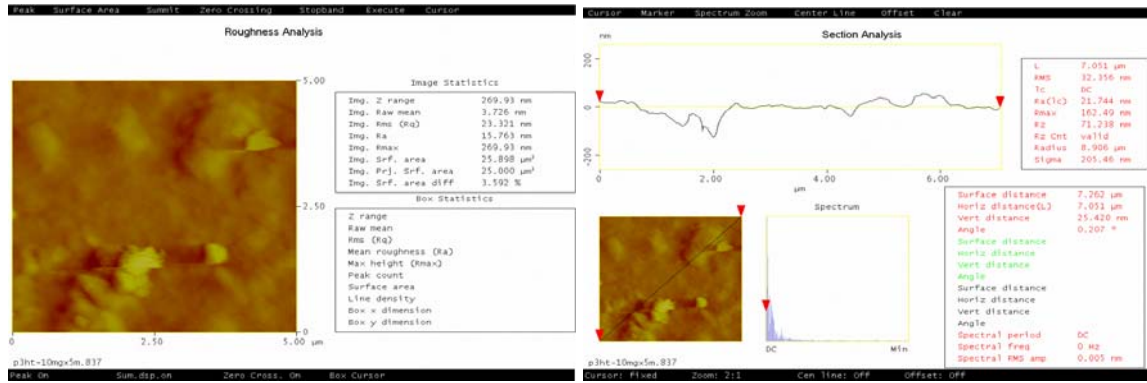
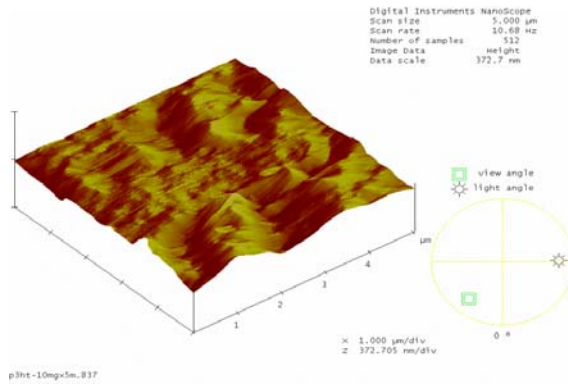
5.2.1. P3HT'nin AFM Görüntüleri

(a): P3HT 5 μm^2 lik AFM görüntüsü(b): P3HT 5 μm^2 lik AFM görüntüsü(c):P3HT 5 μm^2 lik AFM görüntüsü(d): P3HT 5 μm^2 lik AFM görüntüsü(e): P3HT 5 μm^2 lik AFM görüntüsü

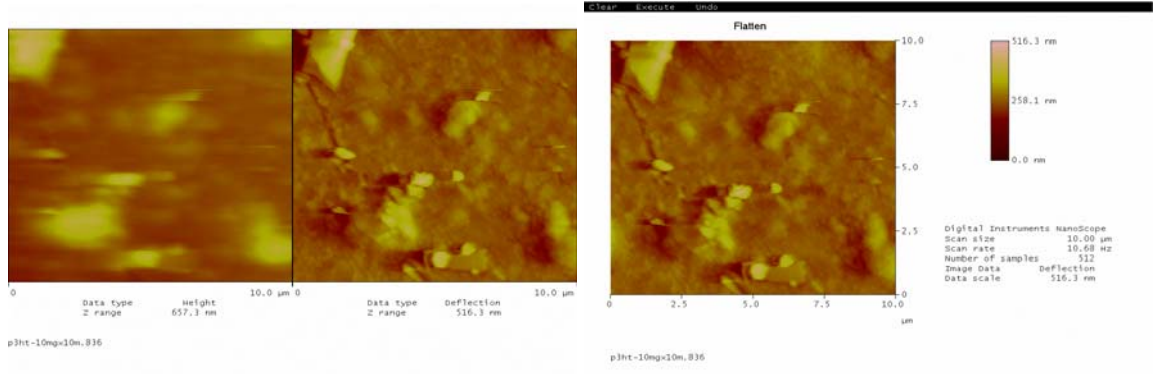
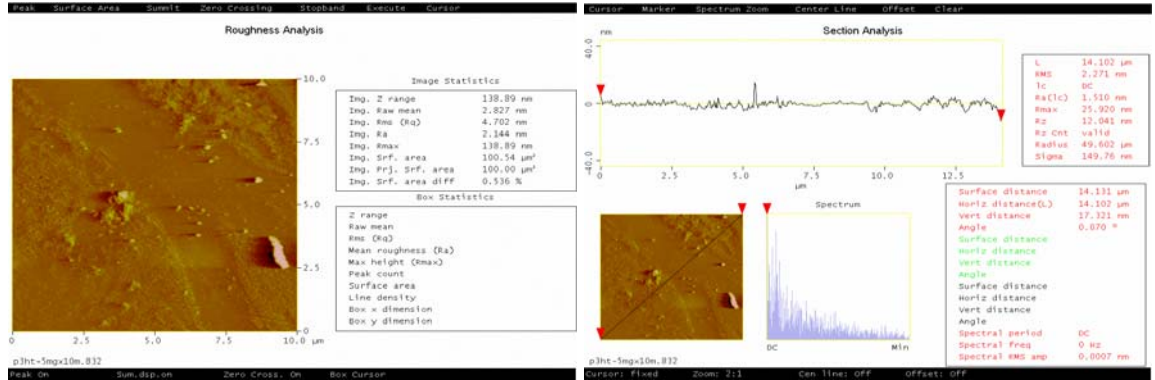
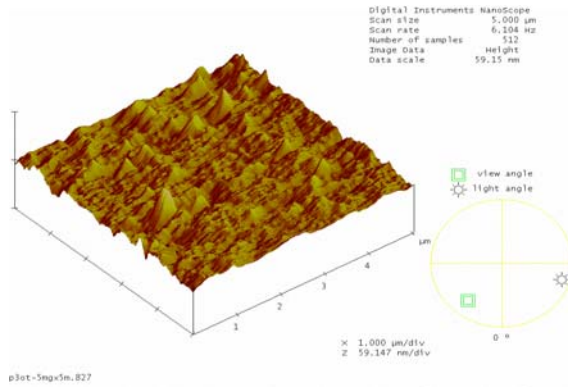
Şekil 5.1. 5 mg/mL oranında klorobenzen de çözülmüş 150 $^{\circ}\text{C}$ ' de tavllanmış P3HT'nin 5 μm^2 lik yüzey pürüzlülüğünün AFM görüntüsü.



Şekil 5.2. 5 mg/mL oranında klorobenzen de çözülmüş 150 $^{\circ}\text{C}$ ' de tavllanmış P3HT'nin 10 μm^2 lik yüzey pürüzlülüğünün AFM görüntüsü.

(a): P3HT 5 μm^2 lik AFM görüntüsü(b): P3HT 5 μm^2 lik AFM görüntüsü(c):P3HT 5 μm^2 lik AFM görüntüsü(d): P3HT 5 μm^2 lik AFM görüntüsü(e):P3HT 5 μm^2 lik AFM görüntüsü

Şekil 5.3. 10 mg/mL oranında klorobenzen de çözülmüş 150 $^{\circ}\text{C}$ ' de tavllanmış P3HT'nin 5 μm^2 lik yüzey pürüzlülüğünün AFM görüntüsü.

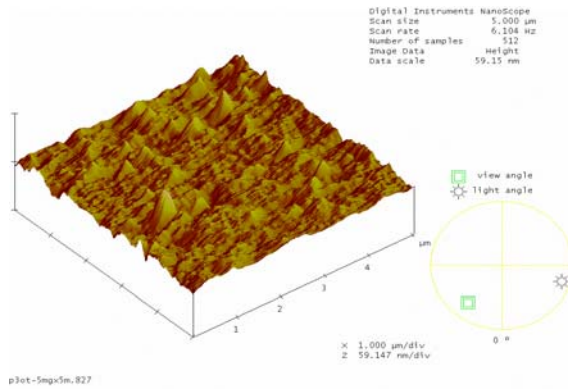
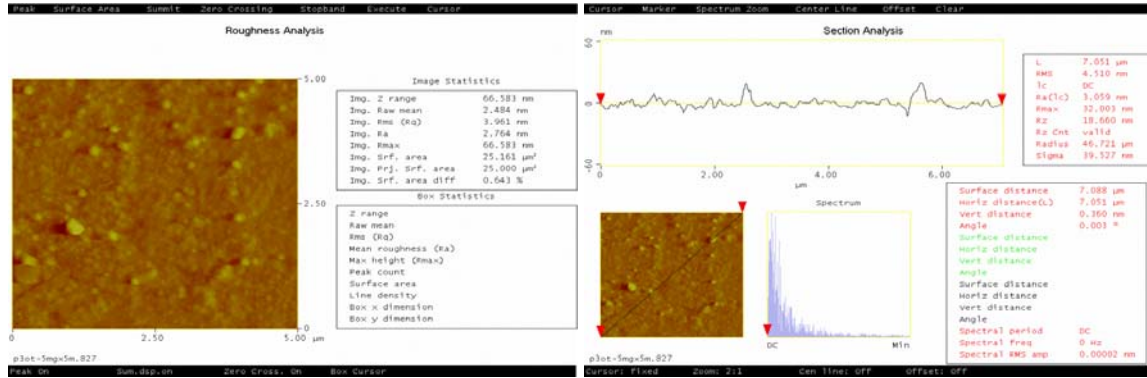
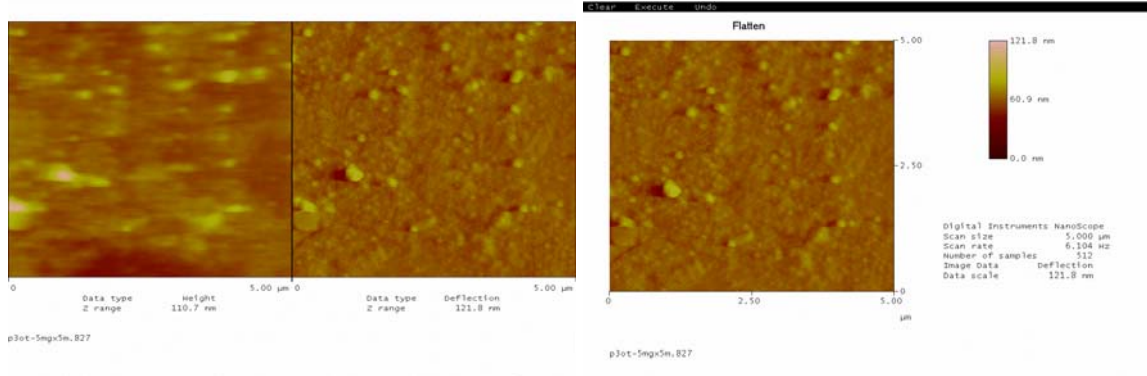
(a): P3HT 10 μm^2 lik AFM görüntüsü(b): P3HT 10 μm^2 lik AFM görüntüsü(c):P3HT 10 μm^2 lik AFM görüntüsü(d): P3HT 10 μm^2 lik AFM görüntüsü(e):P3HT 10 μm^2 lik AFM görüntüsü

Şekil 5.4. 10 mg/mL oranında klorobenzen de çözülmüş 150 $^{\circ}\text{C}$ ' de tavllanmış P3HT'nin 10 μm^2 lik yüzey pürüzlülüğünün AFM görüntüsü.

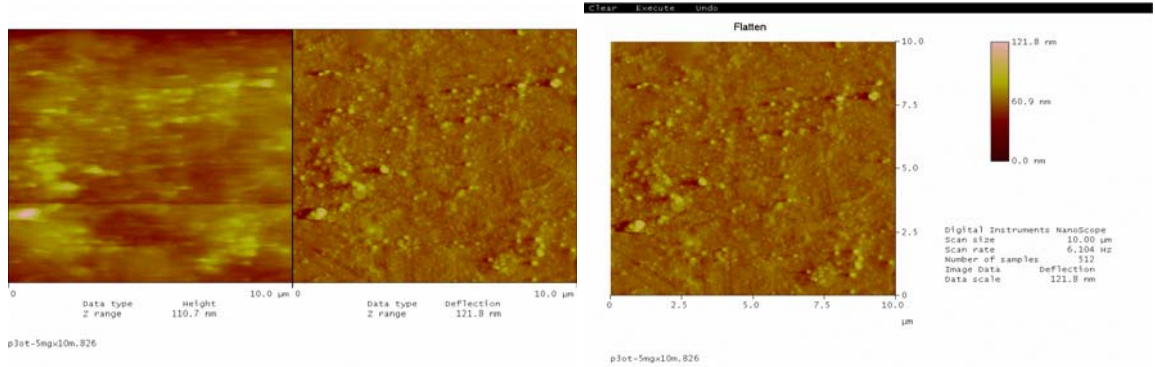
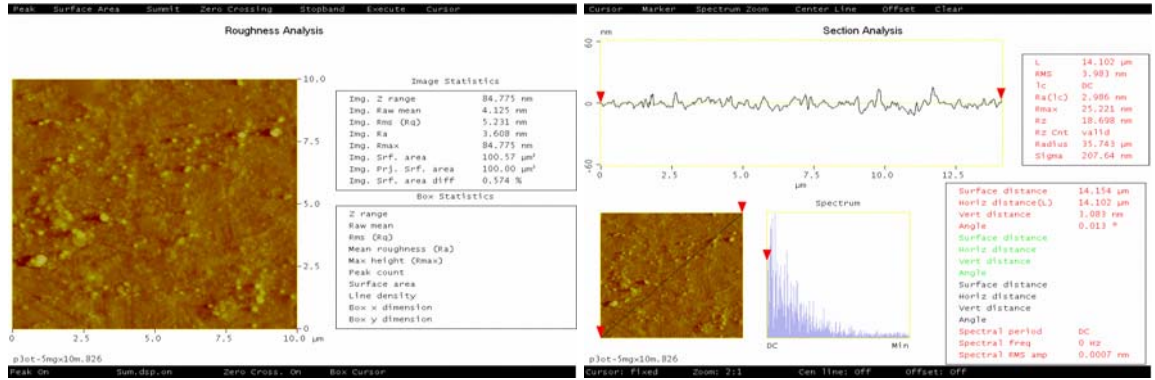
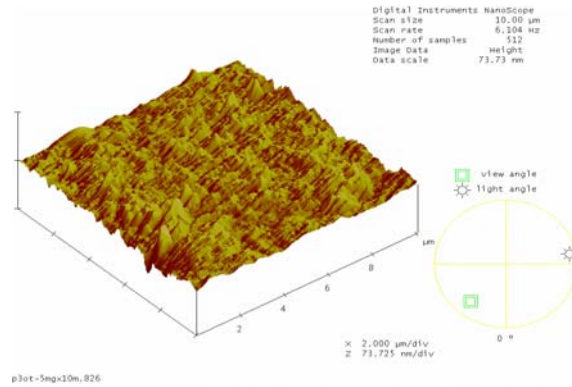
Çizelge 5.4. 1 mL Klorobenzen de çözülmüş 150 $^{\circ}\text{C}$ de tavllanmış P3HT AFM verileri.

Polimer Türü	P3HT (5 mg/mL)		P3HT (10 mg/mL)	
Tavlama Alanı (μm^2)	5	10	5	10
Yüzey Pürüzlülüğü (nm)	2.5	4.7	23.3	4.7

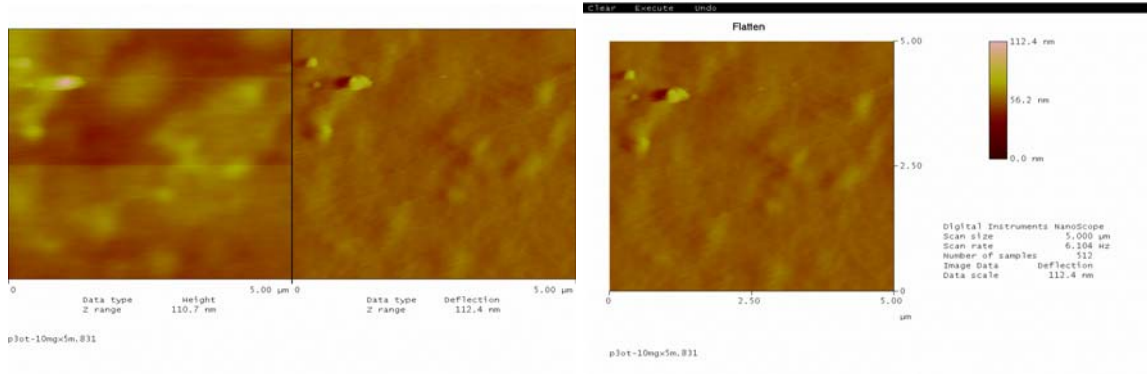
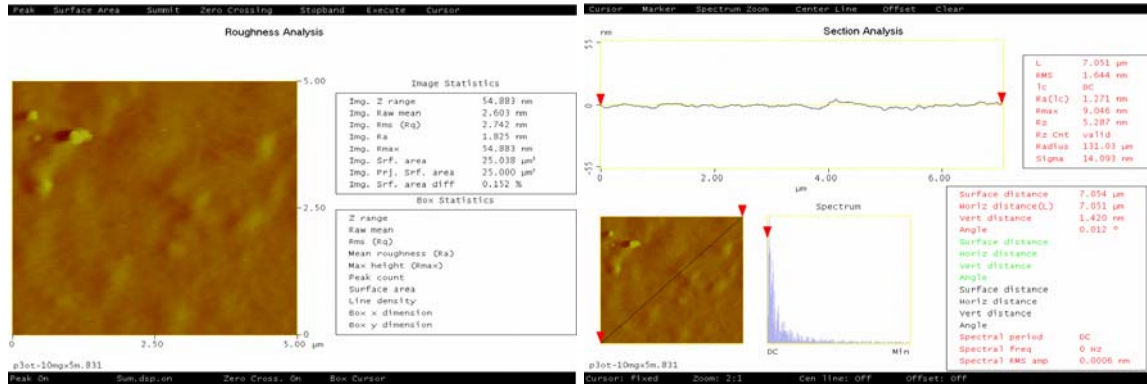
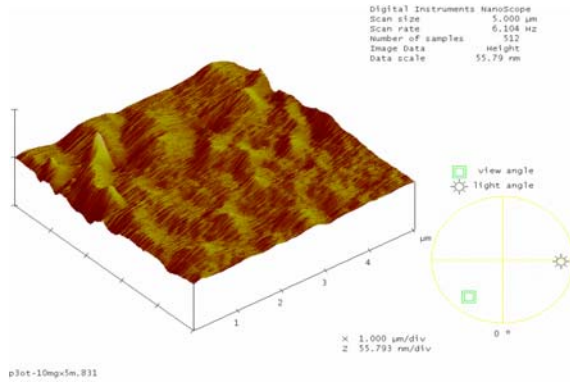
5.2.2. P3OT'nin AFM Görüntüleri



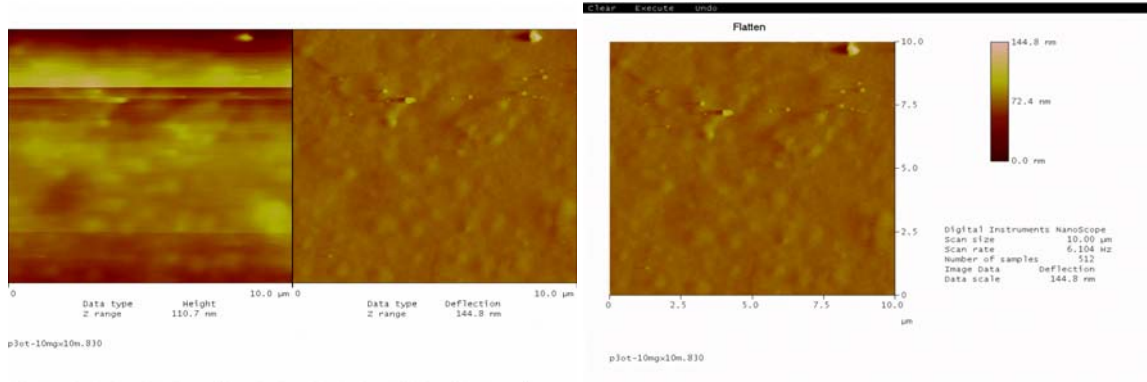
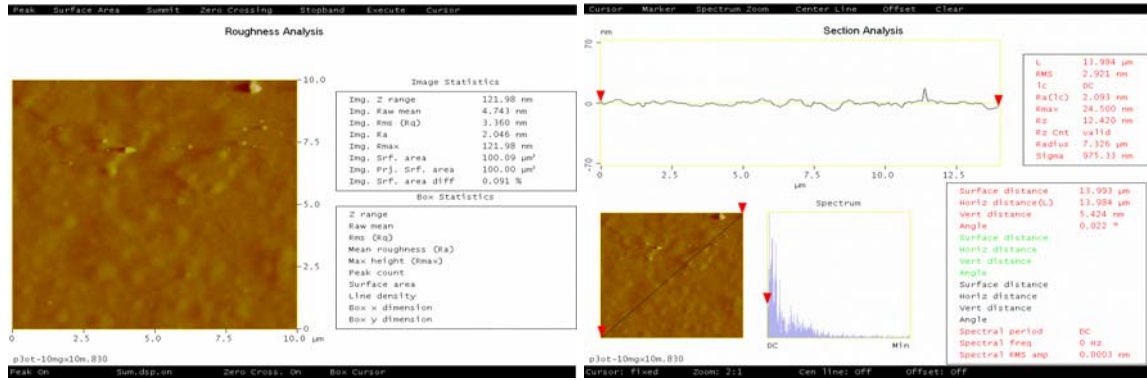
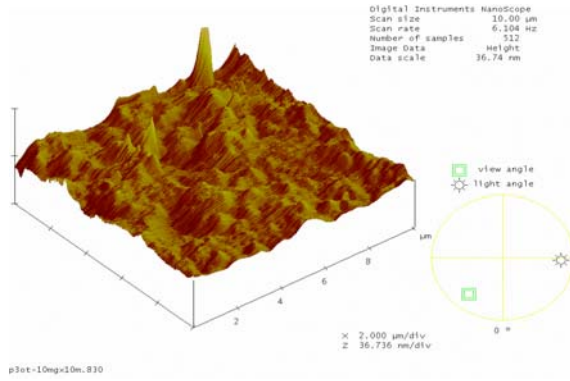
Şekil 5.5. 5 mg/mL oranında klorobenzen de çözülmüş 150 $^{\circ}\text{C}$ ' de tavllanmış P3OT'nin 5 μm^2 lik yüzey pürüzlülüğünün AFM görüntüsü.

(a): P3OT 10 μm^2 lik AFM görüntüsü(b): P3OT 10 μm^2 lik AFM görüntüsü(c): P3OT 10 μm^2 lik AFM görüntüsü(d): P3OT 10 μm^2 lik AFM görüntüsü(e): P3OT 10 μm^2 lik AFM görüntüsü

Şekil 5.6. 5 mg/mL oranında klorobenzen de çözülmüş 150 $^{\circ}\text{C}$ ' de tavllanmış P3OT'nin 10 μm^2 lik yüzey pürüzlülüğünün AFM görüntüsü.

(a): P3OT 5 μm² lik AFM görüntüsü(b): P3OT 5 μm² lik AFM görüntüsü(c): P3OT 5 μm² lik AFM görüntüsü(d): P3OT 5 μm² lik AFM görüntüsü(e): P3OT 5 μm² lik AFM görüntüsü

Şekil 5.7. 10 mg/mL oranında klorobenzen de çözülmüş 150 °C' de tavllanmış P3OT'nin 5 μm² lik yüzey pürüzlülüğünün AFM görüntüsü.

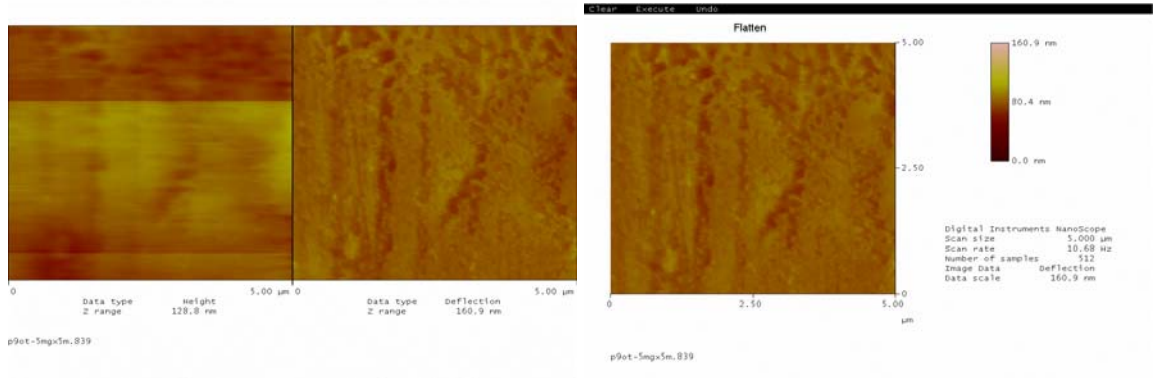
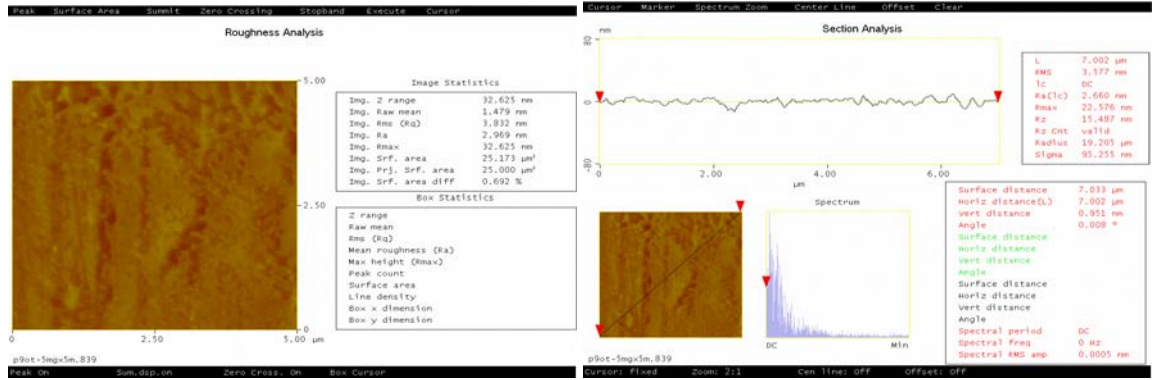
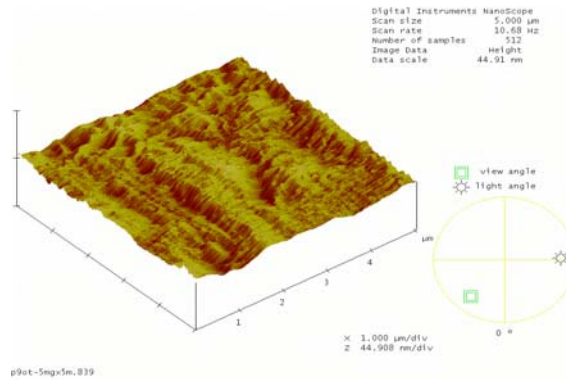
(a): P3OT 10 μm^2 lik AFM görüntüsü(b): P3OT 10 μm^2 lik AFM görüntüsü(c): P3OT 10 μm^2 lik AFM görüntüsü(d): P3OT 10 μm^2 lik AFM görüntüsü(e): P3OT 10 μm^2 lik AFM görüntüsü

Şekil 5.8. 10 mg/mL oranında klorobenzen de çözülmüş 150 °C' de tavllanmış P3OT'nin 10 μm^2 lik yüzey pürüzlülüğünün AFM görüntüsü.

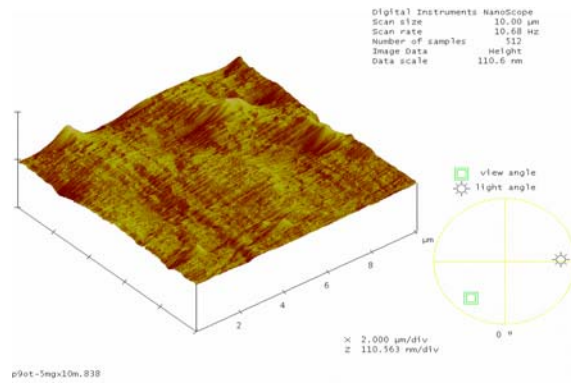
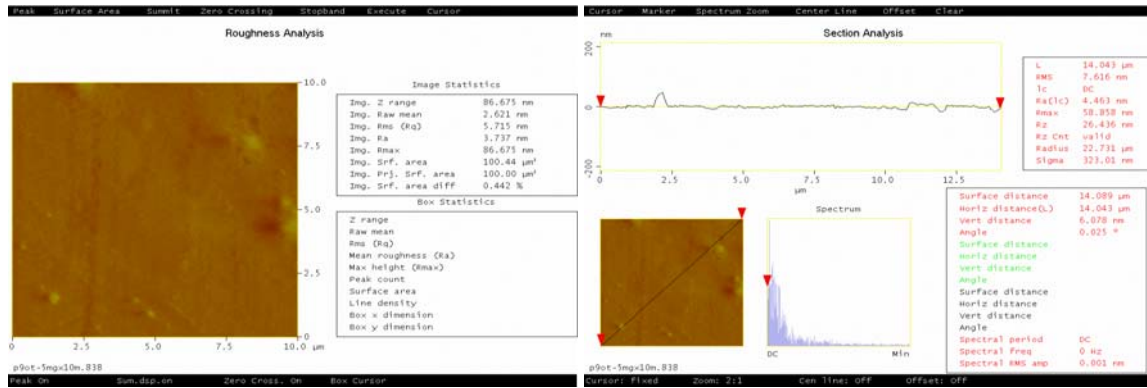
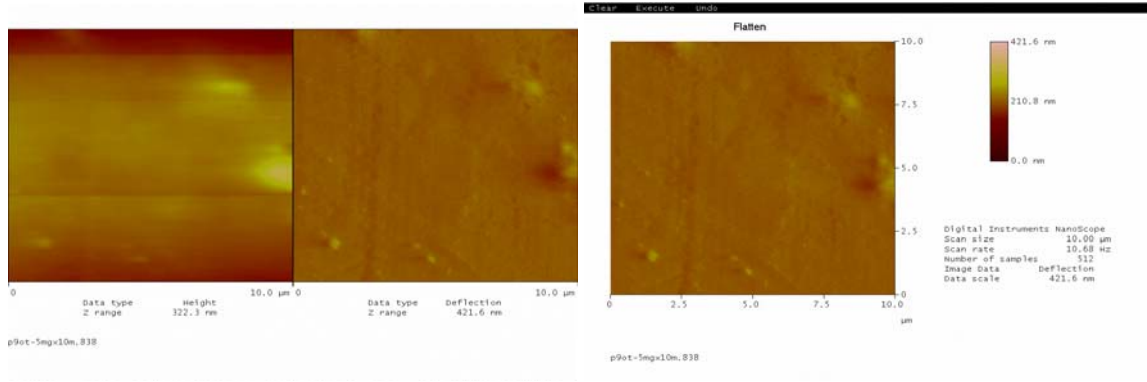
Çizelge 5.5. . 1 mL Klorobenzen de çözülmüş 150°C de tavllanmış P3OT AFM verileri.

Polimer Türü	P3OT (5 mg/mL)		P3OT (10 mg/mL)	
Tavlama Alanı (μm^2)	5	10	5	10
Yüzey Pürüzlülüğü (nm)	3.9	5.2	2.7	3.3

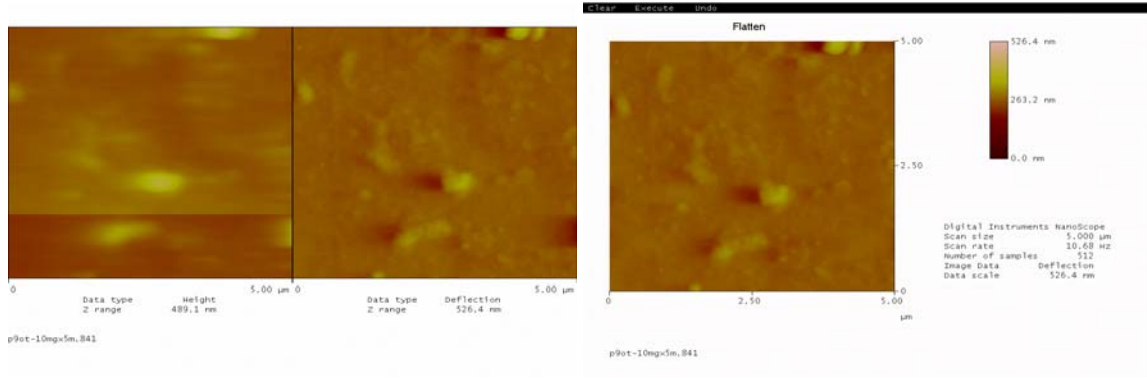
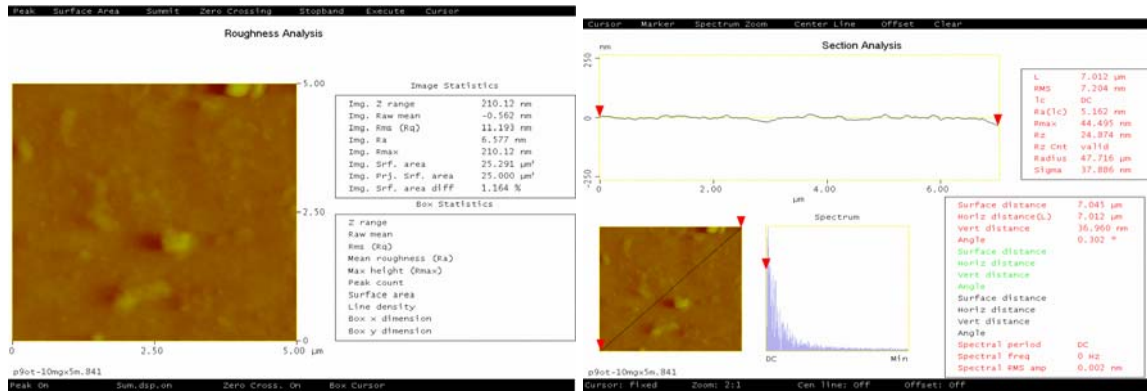
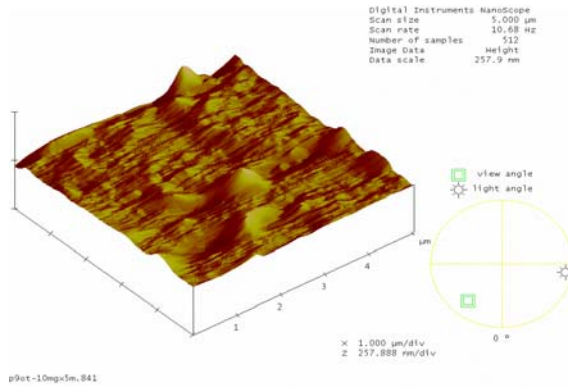
5.2.3. F8T2'nin AFM Görüntüleri

(a): F8T2 5 μm^2 lik AFM görüntüsü(b): F8T2 5 μm^2 lik AFM görüntüsü(c): F8T2 5 μm^2 lik AFM görüntüsü(d): F8T2 5 μm^2 lik AFM görüntüsü(e): F8T2 5 μm^2 lik AFM görüntüsü

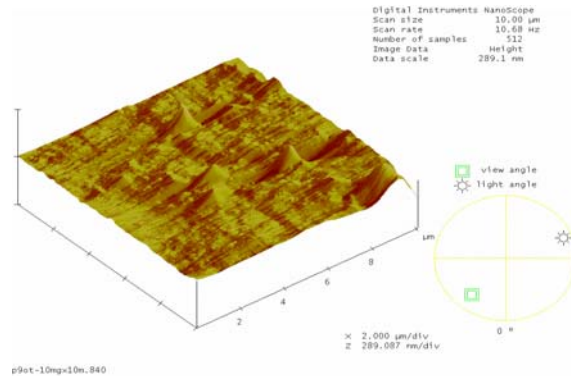
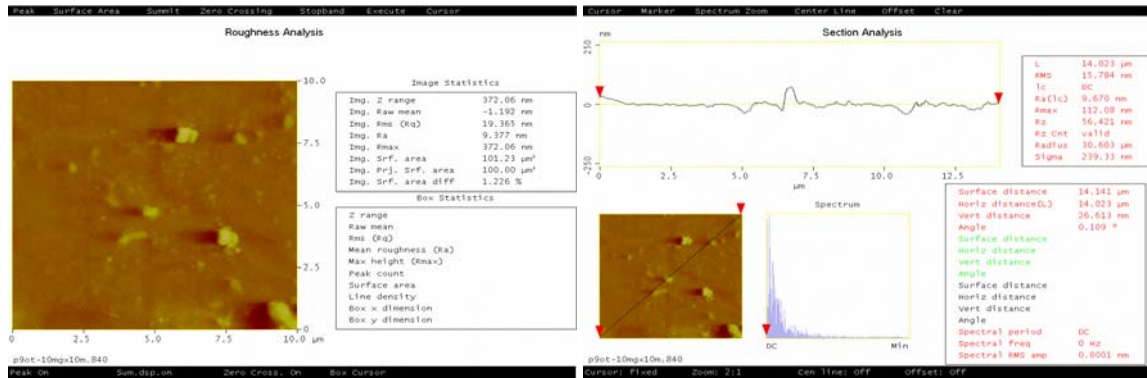
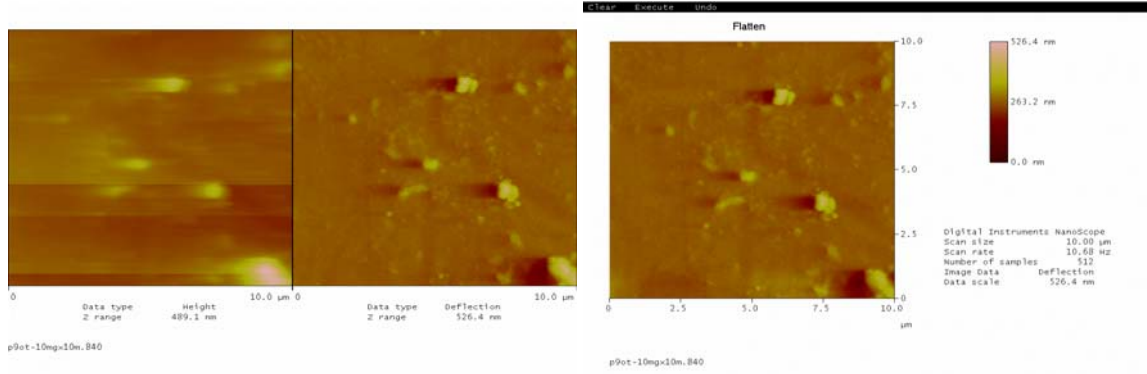
Şekil 5.9. 5 mg/mL oranında klorobenzen de çözülmüş 150 $^{\circ}\text{C}$ ' de tavlanmış F8T2'nin 5 μm^2 lik yüzey pürüzlülüğünün AFM görüntüsü.



Şekil 5.10. 5 mg/mL oranında klorobenzen de çözülmüş 150 $^{\circ}\text{C}$ ' de tavllanmış F8T2 'nin 10 μm^2 lik yüzey pürüzlülüğünün AFM görüntüsü.

(a): F8T2 5 μm^2 lik AFM görüntüsü(b): F8T2 5 μm^2 lik AFM görüntüsü(c): F8T2 5 μm^2 lik AFM görüntüsü(d): F8T2 5 μm^2 lik AFM görüntüsü(e): F8T2 5 μm^2 lik AFM görüntüsü

Şekil 5.11. 10 mg/mL oranında klorobenzen de çözülmüş 150 $^{\circ}\text{C}$ ' de tavllanmış F8T2 'nin 5 μm^2 lik yüzey pürüzlülüğünün AFM görüntüsü.



Şekil 5.12. 10 mg/mL oranında klorobenzen de çözülmüş 150 $^{\circ}\text{C}$ ' de tavlanmış F8T2 'nin 10 μm^2 lik yüzey pürüzlülüğünün AFM görüntüsü.

Çizelge 5.6. 1 mL Klorobenzen de çözülmüş 150°C de tavllanmış F8T2 AFM verileri.

Polimer Türü	F8T2 (5 mg/mL)		F8T2 (10 mg/mL)	
	5	10	5	10
Tavlama Alanı (μm^2)	5	10	5	10
Yüzey Pürüzlülüğü (nm)	3.8	5.7	11.1	19.3

P3HT, P3OT ve F8T2 nin AFM görüntülerinden elde edilen bilgilere göre morfolojik yapı 10 mg/ml lik çözelti ile hazırlanan ince filmler için daha düzgün olarak elde edilmiştir. Büyütme oranı arttıkça yüzey hakkındaki bilgilerin daha da netleştiğini söyleyebiliriz. Ancak bu büyütme oranını yapmamızın sebebi, derişimi düşük olan çözeltinin ince filmlerinin morfolojisini daha net bir şekilde inceleyebilmektir. Çünkü burada 10 mg/ml lik çözelti için düşük büyütme daha net bir morfolojik bilgi sağlamakta, 5 mg/ml lik çözelti için ise yüksek büyütme oranı morfolojik açıdan daha net bilgiler vermektedir. Bunun sebebi, çözelti derişimi arttıkça içerisindeki safsızlıkların artması ve yüksek büyütme oranlarında bu safsızlıkların ortaya çıkmasıdır. Dolayısıyla yüksek derişimli çözeltilerde düşük büyütme oranı tercih edilmektedir. Buna karşın, düşük derişimli çözeltilerin içinde safsızlık daha az bulunmaktadır. Ancak elde edilen filmler çok ince olduğundan dolayı irdelemesi oldukça güçtür. Bu yüzden de düşük derişimli çözeltiler ile hazırlanan ince filmlerin yüksek büyütme oranlarında görüntülerinin alınması, morfolojik yapı hakkında daha fazla bilgi verecektir. Burada incelenen polimerler için her iki derişim değerinde hazırlanan ince filmler için hem 5 μm^2 lik hem de 10 μm^2 lik görüntüler elde edilmiş ve morfolojik olarak aralarındaki fark incelenmiştir.

5.3. Yüzey İletkenlik Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Şekil 4.40 dan yararlanarak bulduğumuz değerler çizelge 5.7 de gösterilmiştir.

Çizelge 5.7. P3HT ile hazırlanan ince filmlerin yüzey iletkenlik değerleri.

P3HT	Yüzey İletkenliği S/cm
5 mg	$4.53 \cdot 10^{-8}$
10 mg	$5.93 \cdot 10^{-9}$

Çizelge 5.7 'e göre P3HT ince filminin derişimi arttırıldığında yüzey iletkenliğinin değeri de azalmıştır.

Şekil 4.41 den yararlanarak bulduğumuz değerleri çizelge 5.8 de gösterilmiştir.

Çizelge 5.8. P3OT ile hazırlanan ince filmlerin yüzey iletkenlik değerleri.

P3OT	Yüzey İletkenliği S/cm
5 mg	$8.76 \cdot 10^{-7}$
10 mg	$2.15 \cdot 10^{-8}$

Çizelge 5.8 de çizelge 5.7 deki gibi P3OT ince filminin derişimi arttırıldığında yüzey iletkenliğinin değeri de azalmıştır.

Şekil 4.42 den yararlanarak bulduğumuz değerleri çizelge 5.9 da gösterilmiştir.

Çizelge 5.9. F8T2 ile hazırlanan ince filmlerin yüzey iletkenlik değerleri.

F8T2	Yüzey İletkenliği S/cm
5 mg	$1.28 \cdot 10^{-7}$
10 mg	$6.13 \cdot 10^{-8}$

Çizelge 5.9 'a göre F8T2 ince filminin derişimi arttırıldığında yüzey iletkenliğinin değeri de azalmıştır.

Denklem 3.3'de görüleceği gibi kalınlığın iletkenliği azalttığı görülmektedir. UV-vis spektrumlarından da hatırlanacak olursa, 10 mg/mL olarak hazırlanan çözeltinin, 5 mg/mL lik çözeltiliye göre ince filminin daha kalın olduğunu söylemiştik. Buradaki durumun, UV-vis spektrumlarındaki durum ile uyumlu olduğunu görmekteyiz. Bu yüzden de kalın olan filmin iletkenliği ince olaninkine göre daha düşük çıkmıştır. Farklı derişimlerde hazırlanan P3HT, P3OT ve F8T2 ince filmleri için “dört nokta ölçüm” yöntemi ile hesaplanan yüzey iletkenlikleri çizelge 5.7, çizelge 5.8 ve çizelge 5.9 da verilmiştir. Elde edilen verilere göre, derişim artışı yüzey iletkenliğinin düşmesini sağlamıştır. Film kalınlığının artması direncin de artmasına dolayısıyla iletkenliğin azalmasına sebep olmaktadır.

5.4. Genel Değerlendirme ve Öneriler

Bu tezde, polythiophene türevi bazı iletken polimerler incelenmiştir. Bu polimerlerin UV bölgedeki soğurum değerlerine kaplama süresinin, kaplama hızının ve çözelti derişiminin etkisi araştırılmıştır. Aynı zamanda polimer türünün de soğuruma etkisi incelenmiştir. Bu incelemeler, bahsedilen parametrelerin birisi sabit alınıp bir diğeri değiştirilerek yapılmış ve en iyi fark, polimer türünün değışimi ile ortaya çıkmıştır. Ancak bu parametrelerden herhangi birisi üzerinden yorum yapılacak olursa, çözelti derişiminin en belirgin farkı ortaya çıkarttığı görölmektedir. Çözelti derişiminden sonra ise film kalınlığında, kaplama hızı ve son olarak da kaplama süresinin etkili olduğu görölmektedir. Elde edilen UV-vis spektrumları, AFM görüntüleri ve hesaplanan yasak enerji değerlerinden; bu üç polimer içerisinde en kullanılışlı olanının P3HT olduğu görölmektedir. Diğeri iki polimer ise P3HT'nin kullanılacağı yerlerde de kullanılabilir. Ancak bu durumda yapılan işin verimi düşük çıkacaktır. Bu durumu diğeri iki polimerde düzeltmek için yüzeye tutunmalarını sağlayacak başka yöntemler veya katkılar yapılmalıdır. Bu ise hem üretim maliyeti hem kolay işlenebilirliği ortadan kaldıracağı için pek tercih edilmemektedir. P3HT polimeri, güneş pili ve transistor uygulamalarında sıklıkla kullanılmakta ve kayda değer gelişmeler göstermektedir. P3HT ile hazırlanan yarı iletken aygıtların mobiliteleri de gelecek için umut vaat etmektedir. P3HT plastik elektronik araştırmalarında daha pek çok amaca yönelik kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasından elde edilen sonuçlar, hem UV-vis spektrumları ve buna bağılı olan yasak enerji aralığı grafikleri hem de iletkenlik değerleri ile uyumludur. Ayrıca elde edilen AFM görüntüleri de, film yüzeyi hakkında ve kullanılan polimerlerin performansları ile ilgili konularda oldukça açıklayıcı bilgiler vermiştir.

KAYNAKLAR

- Basan S. 2001. *Polimer Kimyası*. Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları No:88, Sivas. 1-27.
- Saçak M. 2004. *Polimer Kimyası*.(3. Baskı) Gazi Kitabevi, Ankara 423-444.
- Chiang C. K., Fincher C. R., Park Y. W., Heeger A. J., Shirakawa H., Louis E. J., Gau S. C., and MacDiarmid A. G.,1977. *Electrical Conductivity in Doped Polyacetylene*. Physical Review Letters, 39: 1098-1101.
- Heeger A., MacDiarmid A.G., Shirakawa H., 2000. *The Nobel Prize in Chemistry 2000: The Discovery and Development of Conductive Polymers*. 8 Aralık 2000, http://nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2000/heeger-lecture.html
- Shirakawa H., Louis E.J., MacDiarmid A.G., Chiang C.K., Heeger A.J., 1977. Synthesis of Electrically Conducting Organic Polymers: Halogen Derivatives of Polyacetylene, (CH)_x. *Journal Chemical. Society, Chemical Communications* 578-580.
- Yimsiri P., Mackley MR., 2006. Spin and Dip Coating Light Emitting Polymer Solutions: Matching Experiment with Modelling. *Chemical Engineering Science*, 61: 3496-3505.
- Smarsly B., Garnweiger G., 2003. Preparation on Characterization of Mesostructured Polymer-Functionalized Sol-Gel Thin Films. *Progres in Organic Coating*, 47: 393-400.
- Karunagaran B., Chung S.J., Suh E.K., Mangalara J., 2005. Dielectric and Transport Properties of Magnetron Sputtered Titanium Dioxide Thin Films. *Physica B*, 369: 129-134.
- Sindhu Sukuraman V., Ramalingan A., 2006. Spectral and Nonlinear Studies of Night Blue Dye. *Physics Letters*, 359: 467-470.
- Kumar D., Sharma R.C., 1998. *European Polymer Journal*, 34: 1053.
- Rainde E., and Diaz-Calleja R., 2004. Electrical Properties of Polymers. *Marcel-Dekker, Newyork*, 575-613.
- Heeger A.J., 2001. Semiconducting And Metallic Polymers: The Fourth Generation of Polymeric Materials. *Current Applied Physics*, 1: 247–267.

- İnce F.G., 2008. Plazma Polimerizasyonu Tekniği İle Politiyofen İnce Filmlerin Üretilmesi Ve Karakterizasyonlarının Yapılması. (Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye 19-20.
- Smyrl A., Lien S., Scrosati B., 1993. Applications of Electroactive Polymers. *Chapman and Hall* 29-60.
- Tunalı N.K. ve Özkar S. 1999. *Anorganik Kimya*. Gazi Kitabevi, Ankara 179-180.
- Askeland D.R., 1998. *Malzeme Bilimi ve Mühendislik Malzemeleri. Cilt 2*, Nobel Yay. Dağ. LTD. Ş Ankara, 712 s.
- Nadeem M.Y., Ahmed W. 2000. Optical Properties of ZnS Thin Films. *Turkish Journal of Physics*, 24: 651- 659.
- Cullity B.D., 1996. *X-Işınlarının Difraksiyonu*. İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 664 s.
- Natsume Y., Sakata H., 2000. Zinc Oxide Films Prepared by Sol-Gel Spin Coating. *Thin Solid Films*, 372: 30–36 .
- Bedeaux D., Vlioger J., 2001. Optical Properties of Surfaces. *World Scientific Publishing*, USA, 444 s.
- Kösemen A., 2009. Tek Duvarlı Karbon Nano Tüp Katkılı Jel Elektrolit İle Çift Yönlü Elektrokromik Cihaz Tasarlamak. (Yüksek Lisans Tezi). Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Türkiye 19-20.
- Sığırcık G., 2011. İyonik Sıvıda Poliselenofen, Politiyofen Sentezi ve Karakterizasyonu. (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi, Türkiye 16-26.
- Hazer B., 1993. *Polimer Teknolojisi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi Trabzon, 147-151.
- Erbil M., Tüken T., Yalçınkaya S., Yazıcı B., 2008. *İletken Polimerler Yardımıyla Korozyonun Önlenmesi*. XI. Uluslararası Korozyon Sempozyumu Bildiriler Kitabı İzmir, 116.

- Aydın Z., 2007. İletken Poli(etilen Teraftalat)/Polipirol Kompozit liflerinin Kimyasal Polimerizasyonla Hazırlanması ve Karakterizasyonu. (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi, Türkiye 53-54.
- Syed, A. A. Dinesan, M. K., 1991. *Talanta* . A novel Polymeric Material, 38: 815-837.
- Chandrasekhar P., 1999. *Conducting Polymers Fundamentals and Applications*. A Practical Approach Kluwer Academic Publishers, London 4-41.
- Çoban E., 2007. Polimer ve Ftalosiyanın İnce Filmlerin Lineer Optik ve Foto İletkenlik Özelliklerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi, Türkiye 9-16.
- KAYA Ö., 2002. Characterization of TiO₂ Thin Films Prepared by Sol-Gel Processing. (Yüksek Lisans Tezi).Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Türkiye
- Bornside D. E., Macosko C. W., Scriven L. E., 1997. Photocatalysis of TiO₂ as a Semiconductor. *J. Imaging Tech* 13: 122-129.
- Türhan, İ., 2000. TiO₂ ve Katkılı TiO₂ İnce Filmlerin Hazırlanması ve Karakterizasyonu. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye
- MacDiarmid A.G., Chiang J.C., Halpern M., Huang V.S., Mu S.L., Somasiri M.L.D., Wu W., and Yaniger S.I., 1987. Polyaniline: Electrochemistry and Application to Rechargeable Batteries. *Synthetic Metals*, 18: 393-398.

ÇİZELGELER

	Sayfa
Çizelge 2.1. Değişik asitlerle dop edilmiş polianilin'in iletkenlik değerleri.	10
Çizelge 2.2. Bazı polimerlerin özellikleri ve kullanım alanları (Saçak, 2004).	14
Çizelge 2.3. Bazı polimerlerin özellikleri ve kullanım alanları (Hazer, 1993).	16
Çizelge 5.1. P3HT ile hazırlanan ince filmlerin yasak enerji değerleri (eV).	71
Çizelge 5.2. P3OT ile hazırlanan ince filmlerin yasak enerji değerleri (eV).	71
Çizelge 5.3. F8T2 ile hazırlanan ince filmlerin yasak enerji değerleri (eV).	72
Çizelge 5.4. 1 mL Klorobenzen de çözülmüş 150°C de tavllanmış P3HT AFM verileri.	76
Çizelge 5.5. 1 mL Klorobenzen de çözülmüş 150°C de tavllanmış P3OT AFM verileri.	80
Çizelge 5.6. 1 mL Klorobenzen de çözülmüş 150°C de tavllanmış F8T2 AFM verileri.	85
Çizelge 5.7. P3HT ile hazırlanan ince filmlerin yüzey iletkenlik değerleri.	85
Çizelge 5.8. P3OT ile hazırlanan ince filmlerin yüzey iletkenlik değerleri.	86
Çizelge 5.9. F8T2 ile hazırlanan ince filmlerin yüzey iletkenlik değerleri.	86

ŞEKİLLER

	Sayfa
Şekil 2. 1. Sıcaklığın, iletken polimerlerin ve metallerin iletkenlikleri üzerine etkisi.	4
Şekil 2.2. Polimerde zincir boyunca yük iletimi.	5
Şekil 2.3. a) elmas, b) grafit, c) ve d) poliasetilen.	5
Şekil 2.4. İletkenliğin maddelere göre değişimi.	6
Şekil 2.5. Farklı büyüklükteki moleküllerin oluşumunda elektronların buldukları enerji düzeyleri.	7
Şekil 2.6. Yalıtkan, yarı-iletken ve iletken maddelerde bant aralığını gösteren şematik gösterim.	8
Şekil 2.7. (a)Politiyofen, (b) tiyofen'in morfolojik gösterimleri	13
Şekil 3.1. "Radwag" hassas tartı.	20
Şekil 3.2. "TRANSSONIC TS 540" ultrasonic titreştirici.	20
Şekil 3.3. "Yellowline" manyetik karıştırıcı.	20
Şekil 3.4. "Spin coater VTC-100".	21
Şekil 3.5. "Aldrich" fırın.	21
Şekil 3.6. Daldırma yönteminin aşamalarının şematik gösterimi.	25
Şekil 3.7. Döndürme yöntemi ile film kaplama şematik gösterimi.	27
Şekil 3.8. "SCİNCO S-3100" spektrofotometresi.	28
Şekil 3.9. Spektrofotometre sisteminin şematik gösterimi.	28
Şekil 3.10. Akım-Voltaj (I-V) uygulamasına ait dört-nokta kontaklı ölçüm sisteminin şematik gösterimi.	30
Şekil 3.11. "Jandel Universal Probe System" dört nokta iletkenlik ölçüm sistemi.	30
Şekil 3.12. Atomik Kuvvet Mikroskobu sisteminin görüntüsü.	31

Şekil 3.13. Atomik Kuvvet Mikroskobu sisteminin şematik gösterimi.	31
Şekil 3.14. P3HT'nin kimyasal bağ oluşum şeması.	32
Şekil 3.15. P3HT ile kaplanmış ince filmin görünümü.	32
Şekil 3.16. P3OT'nin kimyasal bağ oluşum şeması.	32
Şekil 3.17. P3OT ile kaplanmış ince filmin görünümü.	32
Şekil 3.18. F8T2'nin kimyasal bağ oluşum şeması.	33
Şekil 3.19. F8T2 ile kaplanmış ince filmin görünümü.	33
Şekil 3.20. (a) Sonik titreştirici içinde cam altlıkların çözücüler ile temizlenmesi, (b) temizlenmiş camın şematik gösterimi.	33
Şekil 4.1. Kaplama hızı ve süresi değiştirilerek hazırlanan P3HT (5 mg/mL) ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s.	35
Şekil 4.2. Kaplama süresi ve hızı değiştirilerek hazırlanan P3HT (5 mg/mL) ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.	36
Şekil 4.3. Kaplama hızı ve süresi değiştirilerek hazırlanan P3HT (10 mg/mL) ince filmine ait soğurma spektrumları (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s.	37
Şekil 4.4. Kaplama süresi ve hızı değiştirilerek hazırlanan P3HT (10 mg/mL) ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.	38
Şekil 4.5. Kaplama hızı ve derişimi değiştirilerek 60 s sürede hazırlanan P3HT ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.	39
Şekil 4.6. Kaplama hızı ve derişimi değiştirilerek 40 s sürede hazırlanan P3HT ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.	39
Şekil 4.7. Kaplama hızı ve derişimi değiştirilerek 20 s sürede hazırlanan P3HT ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm.	40
Şekil 4.8. Kaplama hızı ve süresi değiştirilerek hazırlanan P3OT (5 mg/mL) ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s.	41

- Şekil 4.9.** Kaplama süresi ve hızı değiştirilerek hazırlanan P3OT (5 mg/mL) ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm. 42
- Şekil 4.10.** Kaplama hızı ve süresi değiştirilerek hazırlanan P3OT (10 mg/mL) ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s. 43
- Şekil 4.11.** Kaplama süresi ve hızı değiştirilerek hazırlanan P3OT (10 mg/mL) ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm. 44
- Şekil 4.12.** Kaplama hızı ve derişimi değiştirilerek 60 s sürede hazırlanan P3OT ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm. 45
- Şekil 4.13.** Kaplama hızı ve derişimi değiştirilerek 40 s sürede hazırlanan P3OT ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm. 45
- Şekil 4.14.** Kaplama hızı ve derişimi değiştirilerek 20 s sürede hazırlanan P3OT ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm. 46
- Şekil 4.15.** Kaplama hızı ve süresi değiştirilerek hazırlanan F8T2 (5 mg/mL) ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s. 47
- Şekil 4.16.** Kaplama süresi ve hızı değiştirilerek hazırlanan F8T2 (5 mg/mL) ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm. 48
- Şekil 4.17.** Kaplama hızı ve süresi değiştirilerek hazırlanan F8T2 (10 mg/mL) ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s. 49
- Şekil 4.18.** Kaplama süresi ve hızı değiştirilerek hazırlanan F8T2 (10 mg/mL) ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm. 50
- Şekil 4.19.** Kaplama hızı ve derişimi değiştirilerek 60 s sürede hazırlanan F8T2 ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm. 50
- Şekil 4.20.** Kaplama hızı ve derişimi değiştirilerek 40 s sürede hazırlanan F8T2 ince filmine ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm. 51
- Şekil 4.21.** Kaplama hızı ve derişimi değiştirilerek 20 s sürede hazırlanan F8T2 ince filmine ait soğurma spektrumları (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm. 52

- Şekil 4.22.** Kaplama süresi 60 s sabit tutularak, P3HT, P3OT ve F8T2 (5 mg/mL) deki değişik kaplama hızlarına ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm. 53
- Şekil 4.23.** Kaplama süresi 40 s sabit tutularak, P3HT, P3OT ve F8T2 (5 mg/mL) deki değişik kaplama hızlarına ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm. 53
- Şekil 4.24.** Kaplama süresi 20 s sabit tutularak, P3HT, P3OT ve F8T2 (5 mg/mL) deki değişik kaplama hızlarına ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm. 54
- Şekil 4.25.** Kaplama süresi 60 s sabit tutularak, P3HT, P3OT ve F8T2 (10 mg/mL) deki değişik kaplama hızlarına ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm. 54
- Şekil 4.26.** Kaplama süresi 40 s sabit tutularak, P3HT, P3OT ve F8T2 (10 mg/mL) deki değişik kaplama hızlarına ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm. 55
- Şekil 4.27.** Kaplama süresi 20 s sabit tutularak, P3HT, P3OT ve F8T2 (10 mg/mL) deki değişik kaplama hızlarına ait soğurma spektrumları; (a) 1800 rpm (b) 3600 rpm. 56
- Şekil 4.28.** Kaplama süreleri değiştirilerek hazırlanan P3HT ince filmine ait yasak enerji grafikleri; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s. 57
- Şekil 4.29.** Kaplama süreleri değiştirilerek hazırlanan P3HT ince filmine ait yasak enerji grafikleri; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s. 58
- Şekil 4.30.** Kaplama süreleri değiştirilerek hazırlanan P3HT ince filmine ait yasak enerji grafikleri; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s. 59
- Şekil 4.31.** Kaplama süreleri değiştirilerek hazırlanan P3HT ince filmine ait yasak enerji grafikleri; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s. 60
- Şekil 4.32.** Kaplama süreleri değiştirilerek hazırlanan P3OT ince filmine ait yasak enerji grafikleri; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s. 61
- Şekil 4.33.** Kaplama süreleri değiştirilerek hazırlanan P3OT ince filmine ait yasak enerji grafikleri; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s. 62
- Şekil 4.34.** Kaplama süreleri değiştirilerek hazırlanan P3OT ince filmine ait yasak enerji grafikleri; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s. 63

- Şekil 4.35.** Kaplama süreleri değiştirilerek hazırlanan P3OT ince filmine ait yasak enerji grafikleri; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s. 64
- Şekil 4.36.** Kaplama süreleri değiştirilerek hazırlanan F8T2 ince filmine ait yasak enerji grafikleri ; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s. 65
- Şekil 4.37.** Kaplama süreleri değiştirilerek hazırlanan F8T2 ince filmine ait yasak enerji grafikleri; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s. 66
- Şekil 4.38.** Kaplama süreleri değiştirilerek hazırlanan F8T2 ince filmine ait yasak enerji grafikleri; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s. 67
- Şekil 4.39.** Kaplama süreleri değiştirilerek hazırlanan F8T2 ince filmine ait yasak enerji grafikleri; (a) 60 s (b) 40 s (c) 20 s. 68
- Şekil 4.40.** Derişimleri değiştirilerek hazırlanan P3HT ince filminin yüzey iletkenlik grafikleri; (a) 5 mg/mL (b) 10 mg/mL. 69
- Şekil 4.41.** Derişimleri değiştirilerek hazırlanan P3OT ince filminin yüzey iletkenlik grafikleri (a): 5 mg/mL (b): 10 mg/mL. 69
- Şekil 4.42.** Derişimleri değiştirilerek hazırlanan F8T2 ince filminin yüzey iletkenlik grafikleri (a): 5 mg/mL (b): 10 mg/mL. 70
- Şekil 5.1.** 5 mg/mL oranında klorobenzen de çözülmüş 150 °C' de tavllanmış P3HT'nin 5 μm^2 lik yüzey pürüzlülüğünün AFM görüntüsü. 73
- Şekil 5.2.** 5 mg/mL oranında klorobenzen de çözülmüş 150 °C' de tavllanmış P3HT'nin 10 μm^2 lik yüzey pürüzlülüğünün AFM görüntüsü. 74
- Şekil 5.3.** 10 mg/mL oranında klorobenzen de çözülmüş 150 °C' de tavllanmış P3HT'nin 5 μm^2 lik yüzey pürüzlülüğünün AFM görüntüsü. 75
- Şekil 5.4.** 10 mg/mL oranında klorobenzen de çözülmüş 150 °C' de tavllanmış P3HT'nin 10 μm^2 lik yüzey pürüzlülüğünün AFM görüntüsü. 76
- Şekil 5.5.** 5 mg/mL oranında klorobenzen de çözülmüş 150 °C' de tavllanmış P3OT'nin 5 μm^2 lik yüzey pürüzlülüğünün AFM görüntüsü. 77

- Şekil 5.6.** 5 mg/mL oranında klorobenzen de çözülmüş 150 °C' de tavllanmış P3OT'nin 10 μm^2 lik yüzey pürüzlülüğünün AFM görüntüsü. 78
- Şekil 5.7.** 10 mg/mL oranında klorobenzen de çözülmüş 150 °C' de tavllanmış P3OT'nin 5 μm^2 lik yüzey pürüzlülüğünün AFM görüntüsü. 79
- Şekil 5.8.** 10 mg/mL oranında klorobenzen de çözülmüş 150 °C' de tavllanmış P3OT'nin 10 μm^2 lik yüzey pürüzlülüğünün AFM görüntüsü. 80
- Şekil 5.9.** 5 mg/mL oranında klorobenzen de çözülmüş 150 °C' de tavllanmış F8T2'nin 5 μm^2 lik yüzey pürüzlülüğünün AFM görüntüsü. 81
- Şekil 5.10.** 5 mg/mL oranında klorobenzen de çözülmüş 150 °C' de tavllanmış F8T2 'nin 10 μm^2 lik yüzey pürüzlülüğünün AFM görüntüsü. 82
- Şekil 5.11.** 10 mg/mL oranında klorobenzen de çözülmüş 150 °C' de tavllanmış F8T2 'nin 5 μm^2 lik yüzey pürüzlülüğünün AFM görüntüsü. 83
- Şekil 5.12.** 10 mg/mL oranında klorobenzen de çözülmüş 150 °C' de tavllanmış F8T2 'nin 10 μm^2 lik yüzey pürüzlülüğünün AFM görüntüsü. 84

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Tülay TORAN AKYAZ

Doğum Yeri: Çanakkale

Doğum Tarihi: 22.07.1984

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : 2003–2008 Lisans: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fizik Bölümü.

Yüksek Lisans Öğrenimi : 2008–2011 Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı.

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce.

İLETİŞİM

E-Posta Adresi: tulaytoran@hotmail.com