

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**SARI VE MAVİ IŞIMA YAPAN KONJUGE
POLİMER-CuInS₂ KUANTUM PARÇACIĞI
HİBRİTLERİNDE FOTO-FİZİKSEL
DAVRANIŞLARIN TESPİTİ VE OLED
UYGULAMALARI**

Nuriye DEMİR

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Canan VARLIKLI

Güneş Enerjisi Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu: 625.05.04

Sunuş Tarihi: 30 Mayıs 2014

Bornova-İZMİR

2014

Nuriye DEMİR tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan“**Sarı ve Mavi Işıma Yapan Konjuge Polimer:CuInS₂Kuantum Parçacığı Hibritlerinde Foto-fiziksel Davranışların Tespiti ve OLED Uygulamaları**”başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 30.05.2014 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı : **Doç. Dr. Canan VARLIKLI**

Raportör Üye : **Doç. Dr. Ceylan ZAFER**

Üye : **Yrd. Doç. Dr. İlbeyi AVCI**

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Sarı ve Mavi Işıma Yapan Konjuge Polimer:CuInS₂ Kuantum Parçacığı Hibritlerinde Fotofiziksel Davranışların Tespiti ve OLED Uygulamaları”başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

30 / 05 / 2014

Nuriye DEMİR

ÖZET**SARI VE MAVİ IŞIMA YAPAN KONJUGE POLİMER-CuInS₂
KUANTUM PARÇACIĞI HİBRİTLERİNDE FOTO-FİZİKSEL
DAVRANIŞLARIN TESPİTİ VE OLED UYGULAMALARI**

DEMİR, Nuriye

Yüksek Lisans Tezi, Güneş Enerjisi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Canan VARLIKLI

30 Mayıs 2014, 66 sayfa

Bu tez çalışmasında POSS grubu ile sonlandırılmış poli[9,9-di-(2-etilhekzil)-fluorenil-2,7-diil](ADS231BE) polimeri vedimetilfenil (DMP) ile sonlandırılmış poli[9,9-dioktilfluorenil-2,7-diil-ko-(1,4-benzo-{2,1,3}tiyadiazol)] (ADS233YE) polimerlerine CuInS₂/ZnS(QD) katkılandırılmasıyla polimer:QD karışımları elde edilmiştir. Bu karışımlardan ITO/PEDOT:PSS/EML/Al yapısında OLED'ler üretilerek, katkılandırmanın OLED performansına etkisi araştırılmıştır. Katkısız ve katkılı polimerin hem çözelti fazında hem film fazında foto-fiziksel, elektrokimyasal ve morfolojik özellikleri incelenmiştir. Son aşama olarak, hazırlanan OLED'lerin performans ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

ADS231BE polimerinin CuInS₂/ZnS QD ile katkılandırılması sonucu parlıtlı değerinde iki katlık ve parlıtlı performansında bir buçuk katlık bir artış elde edilirken, ADS233YE polimerine CuInS₂/ZnS QD ile katkılandırılmasıyla parlıtlı değerinde dört katlık ve parlıtlı performansında iki katlık artış elde edilmiştir. CuInS₂/ZnS QD'nin polimer içerisinde yük taşıyıcı dengesini sağlamasıyla verim artışı gerçekleştiği görülmüştür.

Anahtar sözcükler: Konjuge polimer, organik ışık yayan diyotlar (OLED), kuantum noktacık (QD).

ABSTRACT**PHOTOPHYSICAL BEHAVIOR INVESTIGATIONS AND
OLEDAPPLICATIONS OF BLUE AND YELLOW EMITTING
POLYMER- CuInS₂ QUANTUM DOT HYBRIDS**

DEMIR, Nuriye

MSc in Solar Energy Science

Supervisor: Assoc. Prof. Dr.Canan VARLIKLI

30 May 2014, 66 pages

In this thesis, ITO/PEDOT:PSS/EML/Al structured OLEDs are prepared. The emission layer is composed of CuInS₂/ZnS(QD) doped poly[9,9-di-(2-ethylhexyl)-fluorenyl-2,7-diyl] end-capped with POSS (ADS231BE) and CuInS₂/ZnS (QD) doped poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-co-(1,4-benzo-{2,1',3}-thiadiazole)] end-capped with DMP (ADS233YE). Photophysical, electrochemical, morphological characteristics of undoped and doped polymers are investigated both in solution and film phases. Finally, obtained performance parameters are discussed.

For the situation that ADS231BE polymer is used as the emission layer, the presence of QD enhanced the luminance and luminance performance values two and one and a half folds, respectively. Whereas the enhancements obtained in these values are four and two folds, respectively, for the case that QD doped ADS233YE polymer is used as the emission layer.

Keywords: Conjugated polymer, Organic light emitting diode (LED), Quantum dot (QD)

TEŞEKKÜR

Büyük bir fedakârlıkla beni bugünlere getiren, hayatım boyunca her türlü maddi, manevi desteklerini esirgemeyen, sıkıntılarımı ve mutluluklarımı paylaşan annem Ömrüye, babam Ali ve ablam Jale TAŞKAN'a tüm kalbimle sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek lisans süresince her zaman yanımda olan sevgisini ve anlayışını eksik etmeyen hayat arkadaşım, sevgili eşim İlker DEMİR'e yanımda olduğu için sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmalarım boyunca her türlü desteğini her daim hissettiren, değerli bilgi ve deneyimlerini paylaşan, yol gösteren saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Canan VARLIKLI'ya sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmalarına başladığım ilk günden itibaren büyük katkısı olan ve bilgilerini paylaşan büyük bir özveri gösteren değerli arkadaşım Araştırma Görevlisi İlker ÖNER'e sonsuz teşekkür ederim.

Sağladıkları laboratuvar imkânlarından dolayı başta Prof. Dr. Sıddık İÇLİ olmak üzere tüm Güneş Enerjisi Enstitüsü öğretim üyelerine ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca tecrübesinden yararlandığım sayın hocam Doç. Dr. Ceylan ZAFER'e, laboratuvar çalışmalarımda desteklerini esirgemeyen Doktora Öğrencisi Saliha ÖNER ve Deniz AYKUT'a, Güneş Işınımlı Fotokimya Bilim Dalı'ndaki değerli arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Yüksek Lisans öğrenimimin bir kısmında bursiyer olarak görev aldığım Ege Üniversitesi 11DPT001 nolu projeye vebu tezde kullanılan kimyasallara maddi destek oluşturan 110T645 nolu TÜBİTAK projesine teşekkür ederim.

Nuriye DEMİR

İZMİR, 2014

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLERDİZİNİ	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xix
SİMGELER, KISALTMALAR VE BİRİMLER DİZİNİ.....	xx
1. GİRİŞ	1
1.1 Işık ve Aydınlatma	1
1.1.1 LED'ler ve OLED'lerin karşılaştırması (Letian Dou et al., 2013)	6
1.2 Organik Işık Yayan Diyotlar (OLED)	7
1.2.1 OLED tanımı ve tarihi	7
1.2.2 OLED yapıları.....	9
1.2.3 Kuantum nokta ışık yayan diyotlar (QD-LED)	17
1.2.4 Polimer ve QD hibrid OLED'ler.....	18
1.3 Tezin Amacı.....	22
2. DENEYSEL KISIM	23
2.1 Materyaller	23
2.2 Karakterizasyon yöntemi ve cihazları.....	24
2.3 Optik ve Elektrokimyasal Çalışmalar	25
2.3.1 CIS20C kuantum nanoparçacığın optik ve elektrokimyasal özelliklerinin incelenmesi	25
2.3.2 BE ve YE konjuge polimerlerin optik ve elektrokimyasal özellikleri	27
2.3.3 Polimer:CIS20C karşımlarında fotofiziksel incelemeler	28
2.4 Cihaz Hazırlığı.....	29
2.4.1 Boşluk enjeksiyon ve taşıma materyalinin kaplanması	29
2.4.2 Aktif tabakanın oluşturulması.....	29
2.4.3 Elektron taşıyıcı tabakanın ve katotun oluşturulması	30
3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER.....	31

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.1 BE Polimerin Film Fazındaki Optik Özellikleri	31
3.1.1 BE polimerinin kalınlık optimizasyonu	31
3.2 BE OLED Üretimi.....	33
3.2.1 Farklı kalınlıkta BE esaslı OLED cihazların üretimi ve karakterizasyonu.....	33
3.2.2 CIS20C katkıland ırılmasının BE polimer OLED performansına etkisi....	37
3.3 YE Konjuge Polimerin Film Fazındaki Optik Özellikleri	42
3.3.1 YE polimerinin kalınlık optimizasyonu	42
3.4 YE OLED Üretimi	45
3.4.1 Farklı kalınlıkta YE esaslı OLED cihazların üretimi ve karakterizasyonu.....	45
3.4.2 CIS20C katkıland ırılmasının YE polimer OLED performansına etkisi....	49
4. SONUÇ	56
KAYNAKLAR DİZİNİ	57
ÖZGEÇMİŞ	64
EKLER	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Görünür bölgenin genişletilerek gösterildiği, elektromagnetik radyasyon frekans ve dalga boyu aralıkları [Bu çizim english wikipedia'dan alınmıştır(http://en.wikipedia.org/wiki/File:EM_spectrum.svg).	2
1.2 LED p-n ileri besleme çalışma prensibi.....	3
1.3 Philips ve Novled AG firmalarının 2011 yılında tasarladıkları ve sırasıyla, a) “Victory” ve b)“lumiblade” isimlerini verdikleri ilk ticari OLED aydınlatma aygıtları.	4
1.4 Enkand esen lambalar, floresant tüpler ve inorganik beyaz LED'lere dair WOLEDlerin yarı-nicel karşılaştırılması. (Gather et al., 2011).....	5
1.5 İlk OLED çalışmalarında kullanılan organik moleküllerin kimyasal yapıları: a) Antrasen, b) TPD [N,N'-diphenyl-bis(3-methylphenyl)-biphenyl-4,4'-diamine],c) Alq3 [tris(8-hidroksikuinolato)alüminyum], d) [iriduyum tris(2-(4-tolil)piridinat-N, C ²) Ir(mppy) ₃ fosforesans materyal.	8
1.6 Genel a) TK-OLED, b) İK-OLED, c) ÜK-OLED ve d) ÇK-OLED cihaz yapıları.....	9
1.7 a) Poli(p-fenilenvinilen) (PPV), b) poli(p-fenilen) PPP c) politiyofenler (PT) ve d) polifluoren (PF) konjuge polimerlerin kimyasal yapıları.....	12
1.8 a) Fluorenil halkasında yerdeğiştirme gruplarının bağlanabileceği pozisyonlar ve b) 9-konumuna bağlanma durumuna örnek (J. U. Wallace · S. H. Chen, 2008).....	14
1.9 POSS ile sonlandırılmış poli[9,9-di-(2-etilhekzil)-fluorenil-2,7-diil] (ADS231 BE) konjuge polimerin kimyasal yapısı.	15
1.10 Poli(9,9-dioktilfluoren-co-benzotiyadiazol) (F8BT) polimerin kimyasal yapısı.....	16

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.11 Poli[(9,9-dioktilfluorenil-2,7-diil)-co-(1,4-benzo-{2,1',3}-tiyadiazol)] (ADS233YE) konjuge polimerin kimyasal yapısı.....	16
1.12 Hibrit PLED'lerde QD'nin emisyon katmanı (EML) olarak kullanıldığı cihaz yapısı.	19
1.13 Polimer:QD hibrit OLED'de a) QD'den ve b) polimerden emisyon alınan cihaz yapısı.	20
2.1 Klorobenzen çözeltisi içindeki CIS20C'nin a) absorpsiyon-PL grafiği ve b) 200mVs ⁻¹ tarama hızıyla yarı türevi alınmış döngüsel voltammogramı.....	25
2.2 PhCl içerisindeki BE polimerinin alınan a) absorpsiyon ve PLspektrumları b) 200mVs ⁻¹ tarama hızıyla taranmış döngüsel voltammogramı.....	27
2.3 a) YE polimerinin PhCl içerisinde alınan absorpsiyon ve fotoluminesans spektrumları ($\lambda_{uy}= 378$ nm), b) 200mVs ⁻¹ tarama hızıyla taranmış YE polimerinin döngüsel voltammogramı.....	28
2.4 a) BE polimeri ve b) YE polimeri için kullanılan maskelerden elde edilen cihazlar.....	30
3.1 BE polimerinin farklı derişimlerde klorobenzen içerisinde hazırlanmış çözeltilerinin a) 1500 b) 2000 ve c) 2500 rpm'de ve d) 10 mg/ml yoğunlukta farklı rpm'lerde kaplanmış ince filmlerinin absorpsiyon ve PL spektrumları ($\lambda_{uy}= 383$ nm).....	32
3.2 BE polimerinin çözelti ve 1500 rpm'deki ince filminin normalize edilmiş PL spektrumu.....	32
3.3 a) BE polimerin enerji diyagramı ve b) cihaz yapısı.....	34
3.4 Farklı kalınlıklarda üretilen cihazlardan elde edilen a) EL ve b) normalize edilmiş EL spektrumları.	35

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.5 Farklı kalınlıklarda hazırlanan cihazların uygulanan gerilime karşı a) akım yoğunlukları, b) luminans değerleri, c) parıltı performansı ve d) ışık güç verimi grafikleri.	35
3.6 Kütlece farklı derişimlerdeki CIS20C QD ile katkılandırılmış BE polimerin 55-65 nm kalınlıktaki a) absorpsiyon ve b) λ_{uy} = 383 nm'de PL spektrumu.	37
3.7 a) Kullanılan cihaz yapısı ve b) cihaz yapısında kullanılan materyallerin enerji seviyeleri.	38
3.8 BE nin kütlece farklı oranlarda CuInS ₂ /ZnS QD katkılandırılması ile elde edilen a) EL, b) normalize edilmiş EL spektrumları.	39
3.9 BE nin kütlece farklı oranlarda CIS20C'nin katkılandırılması ile elde edilen a) akım yoğunluğu-gerilim karakteristikler, b) parıltı –gerilim, c) parıltı performansı–akım yoğunluğu ve d) ışık güç verimi -akım yoğunluğu karakteristikleri.	39
3.10 a) Katkısız BE, b) BE:% 0.4CIS20C ve c) BE:% 0.6CIS20C karışımına ait AFM görüntüleri.	41
3.11 Katkısız ve farklı oranlarda CIS20C QD katkılı BE polimer esaslı a) sadece elektron ve b) sadece boşluk cihazlarının akım yoğunlukları spektrumu.	42
3.12 YE polimerinin farklı derişimlerde PhCl içerisinde hazırlanmış çözeltilerin a) 1500, b) 2000, c) 2500 rpm ve d) 10 mg/ml çözeltiden farklı rpm'lerde kaplanmış ince filmlerinin absorpsiyon ve PL spektrumları (λ_{uy} = 378 nm).	43
3.13 YE polimerin a) çözelti fazında ve b)1500 rpm'de elde edilen film fazındaki normalize edilmiş PL spektrumları.	44

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.14 a) Kullanılan cihaz yapısı ve b) kullanılan materyallerin enerji seviyeleri.....	46
3.15 Farklı kalınlıklarda üretilen cihazlardan elde edilen a) EL ve b) normalize edilmiş EL spektrumları.	47
3.16 Farklı rpm kaplamalarıyla üretilen cihazların uygulanan gerilime karşı a) akım yoğunlukları, b) luminans değerleri, c) parlıltı performansı ve d) ışık güç verimi grafikleri.	48
3.17 Kütlece % 0, 0.2, 0.4, 0.8 ve 1.5 oranlarında CIS20C QD ile katkılandırılmış ve 2000 rpm dönü kaplama hızıyla kaplanmış YE film fazındaki a) absorpsiyonve b) PL spektrumları.....	49
3.18 Kullanılan cihaz yapısı ve cihaz yapısında kullanılan materyallerin enerji seviyeleri.....	50
3.19 Kütlece farklı oranlarda CuInS ₂ /ZnSQD katkılandırılması ile elde edilen a) EL ve b) normalize edilmiş spektrumları.	50
3.20 Kütlece % 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 ve 1.0 CuInS ₂ /ZnSQD ile katkılandırılmış YE temelli OLED'lerin a) akım yoğunluğu-gerilim, b) parlıltı-gerilim, c) parlıltı performansı-akım yoğunluğu, d) ışık güç verimi-akım yoğunluğu karakteristikleri.....	51
3.21 Katkısız YE ve YE:%0.4CIS20C karışımına ait AFM görüntüleri.....	53
3.22 Katkısız ve farklı oranlarda CIS20C QD katkılı YE polimer esaslı a) sadece elektron ve b) sadece boşluk cihazlarının akım yoğunlukları spektrumu.	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 OLED katmanlarında kullanılan materyaller (Thejo Kalyani and Dhoble, 2012).....	12
1.2 Literatürde yer alan PF:QD hibrit OLED yapıları ve performans değerleri.....	21
3.1 BE polimerinin farklı derişimlerde ve devir hızlarında oluşturulan ince filmlerin pürüzlülük ve kalınlık değerleri.	33
3.2 Uygulama gerilimi 6 Volt için ve 100 cd/m ² OLED performans karakteristik değerleri.....	36
3.3 Uygulama gerilimi 6 Volt için ve 100 cd/m ² OLED performans karakteristik değerleri.....	40
3.4 Katkısız BE ve BE:%xCIS20C karışımına ait pürüzlülük değerleri.....	41
3.5 YE polimerin farklı derişim ve devir hızlarındaki ince filmlerinin pürüzlülük ve kalınlık değerleri.	44
3.6 Uygulama gerilimi 6 Volt için ve 1000 cd/m ² OLED performans karakteristik değerleri.....	48
3.7 OLED'in 1000 cd/m ² ve 6 V gerilimdeki performans değerleri.	52
4.8 Katkısız YE ve YE:%xCIS20C karışımına ait pürüzlülük değerleri.	53

SİMGELER, KISALTMALAR VE BİRİMLER DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklamalar</u>
Ω	Ohm
T_g	Camsı geçiş sıcaklığı
T_d	Bozunma sıcaklığı
μ_e	Elektron yük hareketliliği
μ_b	Boşluk yük hareketliliği
ϵ_r	Dielektrik sabiti
L	Lüminans
I_{amper}	Akım
A	Absorbans
λ	Dalga boyu
$\lambda_{\text{abs}}^{\text{max}}$	Maksimum absorbsiyon dalga boyu
$\lambda_{\text{emis}}^{\text{max}}$	Maksimum emisyon dalga boyu
λ_{uy}	Uyarma dalga boyu
W_A	Anot materyali iş fonksiyonu
W_K	Katot materyali iş fonksiyonu

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklamalar</u>
LED	Işık yayan diyot
OLED	Organik ışık yayan diyot
PLED	Polimerik ışık yayan diyot
PHOLED	Fosforesanst organik ışık yayan diyot

SİMGELER, KISALTMALAR VE BİRİMLER DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklamalar</u>
TK-OLED	Tek katmanlı organik ışık yayan diyot
İK-OLED	İki katmanlı organik ışık yayan diyot
ÜK-OLED	Üç katmanlı organik ışık yayan diyot
ÇK-OLED	Çok katmanlı organik ışık yayan diyot
EML	Emisyon katmanı
HTL	Boşluk taşıma katmanı
HIL	Boşluk enjeksiyon katmanı
ETL	Elektron taşıma katmanı
EBL	Elektron engelleme katmanı
EIL	Elektron enjeksiyon katmanı
ITO	İndiyum katkılı kalay oksit
CRI	Renksel geri verim indeksleri
CIE	Uluslararası Aydınlatma Komitesi
HOMO	En yüksek enerjili dolu moleküler orbital; <i>Highest occupied molecular orbital</i>
LUMO	En düşük enerjili boş moleküler orbital; <i>Lowest unoccupied molecular orbital</i>
CB	İletkenlik band 1; <i>conduction band</i>
VB	Değerlik band 1; <i>valance band</i>
E_g^{opt}	Optiksel bant aralığı
ϕ_w	İş Fonksiyonu
PEDOT:PSS	Poli(etilendioksitiyofen):poli(sitirensulfonat)
Alq ₃	Tris(8-hidroksikuinolinato)alüminyum
PPV	Poli(fenilenvinilen)

SİMGELER, KISALTMALAR VE BİRİMLER DİZİNİ (devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklamalar</u>
PF	Polifluoren
PPP	Poliparafenilen
PT	Politiyofen
VTE	Vakum termal evaporasyon
ADS233YE	Di metil fenil (DMP) ile sonlandırılmış poli[(9,9-dioktilfluorenil-2,7-diil)-ko-(1,4 benzo-{2,1',3}-tiyadiazol)]
ADS231BE	Polihebral oligomerik silseskuioksan (POSS) grubu ile sonlandırılmış poli[9,9-di-(2-etilhekzil)-fluorenil-2,7-diil]
QD	Kuantum parçacık/noktacık; quantum dot
CuInS ₂ /ZnS	Bakır indiyum di sülfür/Çinko sülfür
DKV	Dış kuantum verimi
DSC	Diferansiyal Taramalı Kalorimetri
PL	Fotoluminesans
EL	Elektrolüminesans
TBAPF6	Tetra bütül amonyum heksa florofosfat
Fc	Ferrosen
Rpm	Dönüş/dakika; rounds per minutes
Uv-Vis	Ultraviyole-görünür bölge
PhCl	Klorobenzen
AFM	Atomik Kuvvet Mikroskobu
FWHM	Yarı dalga genişliği (Full width half maximum)

SİMGELER, KISALTMALAR VE BİRİMLER DİZİNİ (devam)

<u>Birimler</u>	<u>Açıklamalar</u>
nm	Nanometre
V	Volt
lm	Lümen
W	Watt
eV	Elektronvolt
S/cm	Siemens/santimetre; iletkenlik
mg	Miligram
ml	Mililitre
mbar	Milibar
M	Molar
cd/m ²	Kand ela/metrekaare; Lüminans
lm/W	Lümen/watt; ışık güç verimi
mA/cm ²	Miliamper/santimetrekaare;akım yoğunluğu

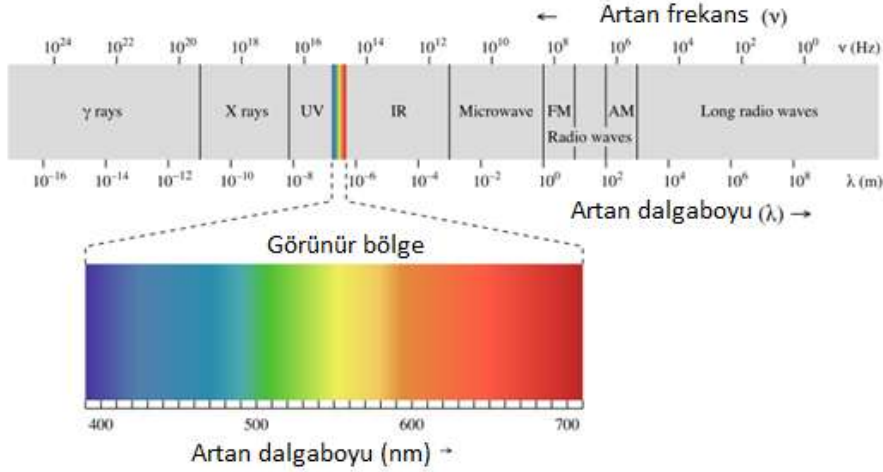
1. GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz yüzyılın en önemli sorunlarının başında “enerji” sorunu gelmektedir. Bu soruna çözüm oluşturabildiğimiz takdirde, 2050’de 10 milyara ulaşacağı tahmin edilen dünya nüfusu için uygun yaşam koşullarını sağlamamız kolaylaşacaktır. Günümüzde, dünya çapındaki günlük enerji tüketimimiz 200 milyon ton eşdeğer petrolün üstünde ve bu yaklaşık 15 terawattlık (TW) tüketim demektir. 2050’de bunun 40 TW’a çıkacağı öngörülmektedir (Smalley, 2005).

Her alanda olduğu gibi enerji alanında da sorunu azaltmak, mümkünse çözebilmek için kaynağı artırma ve tüketimi azaltma yoluna gidilmelidir. Elektrik en çok kullanılan enerji türlerinden biridir ve toplam elektrik üretiminin yaklaşık %20’si aydınlatma amaçlı kullanılmaktadır (OECD/IEA, 2006). Dolayısıyla, aydınlatma ihtiyacı için harcanacak enerji miktarını azaltmak, sorunun çözümüne büyük katkı sağlayacaktır.

1.1 Işık ve Aydınlatma

Görünür ışık, elektromagnetik radyasyonun insan gözünde algılanabilir kısmıdır ve çoğunlukla sadece “ışık” olarak adlandırılır (Committee et al., 2006). Görünür ışık elektromagnetik radyasyonda 400 nm ile 700 nm arasında dalga boyu aralığına tekabül etmektedir. Bu rakamlar insan gözünün algı sınırlarını temsil etmesine de, belli koşullarda çoğu insanın görmesi için uygun aralığı belirtir (G.K. Pal, Pal, 2001; Pierre Buser, 1992). İdeal laboratuvar koşullarında, insan gözü yakın kızıl ötesi bölgesinde 1050 nm’ye kadar algılayabilmektedir. Çocuklarda ve gençlerde algı sınırları ultra viole bölgenin 310 nm dalga boyuna kadar genişleyebilir (Greenler and Lynch, 2011; Sliney, Wangemann, Franks, and Wolbarsht, 1976). Elektromagnetik radyasyon frekans ve dalga boyu aralıkları ve görünür bölge için genişletilmiş aralıklar Şekil 1.1’de verilmiştir.



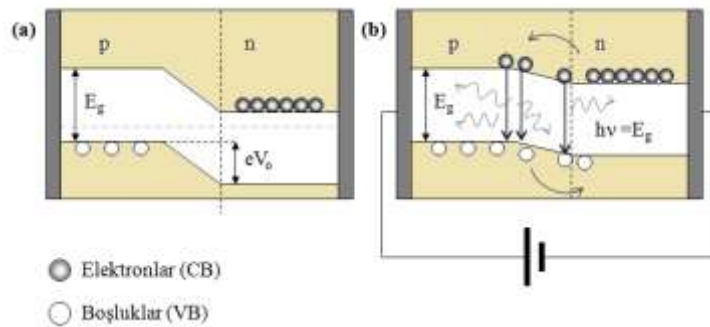
Şekil 1.1 Görünür bölgenin genişletilerek gösterildiği, elektromagnetik radyasyon frekans ve dalga boyu aralıkları[Bu çizim english wikipedia'dan alınmıştır(http://en.wikipedia.org/wiki/File:EM_spectrum.svg, n.d.)].

1913 yılında kurulmuş olan ve bugün kendi alanında tam yetkili bir kuruluş olan “Uluslararası Aydınlatma Komisyonu’nun (CIE)” sözlüklerinde yer alan aydınlatma tanımına göre aydınlatma, nesnelere, çevrelerine ufak ya da büyük bölgelere, bunların görülebilmesi için ışık uygulamaktır (The Commission Internationale de l’Éclairage (CIE), 2002). Aydınlatma aygıtlarında en temel amaç görünür dalga boyu aralığını, ışığın giremediği alanlarda taklit edebilmektir.

Aydınlatma tarihi onbinlerce yıl öncesine ateşin keşfedilmesine dayanmaktadır. İlk ilkel lamba meşalelerden sonra geliştirilen yağ lambaları ve mumlar takip etmiştir. 1879 yılında Edison’nun J.P. Morgan, Vand erbilt aile üyeleri ile birlikte ilk ticari aydınlatma şirketi olan Edison Elektrik Aydınlatma şirketini kurmuştur. Böylece, ilk ticari lamba enkand esen lambalar üretilmiştir. Ancak, enkand esen lambaların, kullandığı elektrik enerjisinin %80’nini ısıya dönüştürmesi yeni arayışları beraberinde getirmiştir (Navigant Consulting, 2006). 1930’lu yıllarda flüoresan lambalar ve 1970’lerde kompakt flüoresanlar keşfedilmiştir. Ancak, bu lambalar Edison lambasının enerji verimliliği sorununu ortadan kaldırırsa da civa gazı içerikleri çevresel ve sağlık sorunlarına yol açmaktadır (SCENIHR, 2012) .

Günümüzde, oldukça sık işittiğimiz aydınlatma aygıtlarından biri, ışık yayan diyotlar (LED'ler), 1950'de ivmelenen yarıiletken teknolojisinin bir ürünüdür. Görünür bölgede ışıma yapabilen ilk LED, sonraları "ışık yayan diyotun babası" olarak tanımlanacak olan Nick Holonyak tarafından 1962'de daha da geliştirilerek, kırmızı ışık yayan LED elde edilmiştir (Patent Insight Pro, 2010). Başlangıçta LED'ler sadece laboratuvar ve elektronik test cihazlarında kullanılsa da sonraları radyo, televizyon, telefon, saat, vb. kısaca sinyalizasyonun gerekli olduğu her alanda kullanılmaya başlamıştır. Ancak, LED'lerin aydınlatma amaçlı kullanılabilirlikleri, yüksek parlaltı değerine sahip mavi LED'lerin üretilmesi ile mümkün olmuştur. Mavi LED'in üzeri YAG fosfor olarak bilenen bir malzeme ile kaplanarak, beyaz ışık elde edilebilmektedir. Shuji Nakamura tarafından 1994 yılında raporlanan mavi LED, LED'in kullanım alanını o kadar genişletmiştir ki, 2006 yılında Nakamura'ya bu keşfi için Milenyum Teknoloji ödülü verilmiştir ("Millennium Technology Prize to lighting sector for the development of LED light sources," 2006).

Şekil 1.2'de çalışma prensibi özetlenen LED çipin, diğer diyot sistemlerinde olduğu gibi bir p-n kavşağı oluşturmak üzere kirletilmiş yarıiletken malzeme içerir. İleri besleme altında, akım p-tipi yarıiletkenden n-tipi yarıiletkene doğru akar ve yük taşıyıcılar kavşak boyunca ilerler. Elektronun boşluk ile birleşmesiyle ışık elde edilir. Bu olay "elektrolüminesans" olarak tanımlanır. Elde edilecek ışığın dalga boyu ve dolayısıyla rengi p-n kavşağını oluşturan yarıiletken malzemelerin bant boşluğuna bağlıdır.



Şekil 1.2 LED p-n ileri besleme çalışma prensibi.

LED'lerin ömürleri, en yaygın kullanılan flamanlı lambalara göre 30 kat, onu takip eden floresan lambalara göre ise 2 kat daha uzundur. Ancak, LED'ler çalışmaları sırasında ısınmaktadır ve difüz ışık yayamamaları sebebi ile iç mekân aydınlatma amaçlı kullanımlarında ek bileşenlere ihtiyaç duymaktadırlar. Ayrıca, üretimleri, maliyet artışlarına sebep olacak vakum ortamlarına gereksinim duyar. Bu durum, LED'lerin geniş alan ve esnek altlık üzerine üretimlerinin önündeki en büyük engellerden biridir (Gather, Köhnen, and Meerholz, 2011).

Bu sorun üzerine, akademik alanda yapılan çeşitli çalışmalar sonucu OLED'ler ortaya çıkmıştır. LED'lere göre, düşük enerji tüketiminin yanı sıra ince ve hafif olma özelliklerine sahip olan OLED'ler, iki elektrot arasında kalan ve ışık yayan bir dizi organik filmlerden oluşması nedeniyle aydınlatma kaynağı olarak sınırsız uygulamalar sunmaktadır. İlk ticarileştirilmiş OLED aydınlatma aygıtları 2011 yılında Philips ve Novled AG firmalarının tasarladıkları ve sırasıyla "lumiblade" ve "Victory" isimlerini verdikleri sistemlerdir (Şekil 1.3). Philips'in en son çıkarttığı OLED aydınlatma paneli Lumiblade Plus, günümüzde dünyanın en verimli panelidir. 45 lm/W aydınlık verimi, 1.8 mm kalınlığında 1.000 cd/m² parlaklığa sahiptir (Minolta, 2011). Ancak, organik yarı-iletken esaslı aydınlatma aygıtlarının mevcut aydınlatma teknolojileri ile yarışabilir hale gelebilmesi için aşılması gereken bazı sorunları vardır. Bu sorunlar, Şekil 1.4'de özetlenmiştir.

(a)



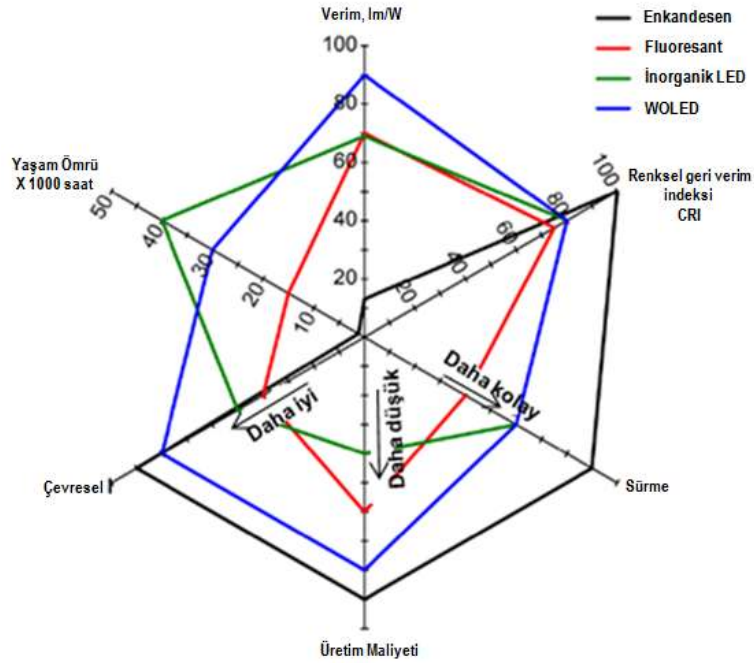
(b)



Şekil 1.3 Philips ve Novled AG firmalarının 2011 yılında tasarladıkları ve sırasıyla, a)"Victory" ve b)"lumiblade" isimlerini verdikleri ilk ticari OLED aydınlatma aygıtları.

OLED teknolojisinin aşması gereken en önemli sorun, üretim maliyetlerinin düşürülmesi gerekliliğidir. Amerika Birleşik Devletleri, Enerji Bakanlığı (DOE), Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerjiler biriminin, Ulusal Yenilenebilir Enerjiler Laboratuvarı'na (NREL) hazırlattığı, Temmuz 2011 tarihli ve "Katı-Hal Aydınlatma" başlıklı rapora göre, 2012 yılı WOLED panel üretim maliyetleri 180\$/klm olacak ve bu maliyet 2020 yılında 5-10 \$/klm'e inecektir. Bu raporda öngörülen % 90'nın üzerindeki maliyet azalışı, WOLED üretim süreçlerinde kullanılan yöntemlerin ve malzemenin maliyet azalışı ile ilişkilendirilmiştir (Consulting, Navigant Consulting, Radcliffe Advisors, and Consulting, 2011)

Organik yarı iletkenlerden beyaz ışık eldesine yönelik olarak literatürde izlenen en temel yaklaşımlar: *i*) kırmızı, yeşil ve mavi ana renklerde ışımaya yapabilecek üç farklı malzemenin birlikte kullanımı ya da *ii*) mavi ve sarı-turuncu elektrolüminesans veren malzemelerin kullanımı şeklinde genelleştirilebilir. Bu yaklaşımların ıslak kaplama yöntemlerine de elverişli olması, maliyetlerin yeterli Ar-Ge çalışması ile yakın gelecekte azaltılabileceğini göstermektedir.



Şekil 1.4. Enkandesen lambalar, floresant tüpler ve inorganik beyaz LED'lere dair WOLEDlerin yarı-nicel karşılaştırılması. (Gather et al., 2011)

1.1.1 LED'ler ve OLED'lerin karşılaştırması (Letian Dou et al., 2013)

OLED'lerde π -konjuge organik yarıiletkenler, LED'lerde ise inorganik yarıiletkenler kullanılmaktadır. Moleküldeki karbon atomlarına ait olan p_z atomik orbitallerinin örtüşmesiyle, π -konjuge moleküler orbitalleri (MO) oluşmakta ve π -elektronları konjuge omurgasında yer değiştirebilmektedir. Molekül içi bu etkileşimler, Van der Waals ve aromatik π - π etkileşimi ile gerçekleşmektedir. Bu durumun, katı hal uygulamalarına oldukça önemli bir etkisi bulunmaktadır.

HOMO-LUMO arasındaki enerji farkı materyalin band aralığını dolayısıyla bu band aralığında elektron geçişi, organik yarı iletkenlerin n -tipi veya p -tipi olduğunu belirlemektedir. Genel anlamda, görece düşük LUMO enerji seviyeli materyaller elektron geçişi kolaylıkla olabilen n -tipi materyallerken, görece yüksek HOMO enerji seviyeli materyaller ise boşluk geçişi kolaylıkla olabilen p -tipi materyaller olarak adlandırılır.

LED ve OLED materyalleri arasında elektriksel olarak 2 önemli fark vardır. Birincisi; organik materyallerin yük hareketliliği ($\sim 10^{-3} \text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$) örneğin inorganik materyal olan kristal silikonun yük hareketliliğinden ($\sim 10^3 \text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$) önemli oranda düşüktür. Bu nedenle, konjuge yapıdaki organik materyallerin yük taşıyıcıları konjuge sistem omurgasında rahatlıkla dolaşabilirken, bir molekülden komşu moleküle atlayarak yükün geçmesi çok zordur.

İkinci fark ise; organik yarıiletkenlerin düşük dielektrik sabitli ($\epsilon_r=2-4$) materyaller olması, elektron ve boşluk arasında coulomb etkileşimiyle güçlü bir bağlanma enerjisine (0.3–1 eV) neden olmaktadır. Organik yarıiletkenlerde oluşan bu eksitonlar frenkel eksitonları olarak adlandırılır. İnorganik yarıiletkenlerde ise eksitonlar, Wannier eksitonlar olarak adlandırılır ve oda sıcaklığındaki termal enerjisine benzeyen ~ 26 meV olan bir bağlanma enerjisine sahiptir. Bağlanma enerjisi materyalin band sınırı (band -edge) uzaklığından geniş olduğunda eksitonlar kararlı ve OLED uygulamalarında verimlidir.

1.2 Organik Işık Yayan Diyotlar (OLED)

1.2.1 OLED tanımı ve tarihi

Işık yayan organik diyotlar (OLED), iki elektrot arasına sand viç yapılmış organik yarıiletkenlerden elde edilen cihazlardır. LED'lere benzer şekilde, gerilim altında elektrotlardan enjekte edilen elektron ve boşluk yük taşıyıcılarının, organik yarı iletkenlerde ışımali bir şekilde birleşmesiyle ışık yayarlar.

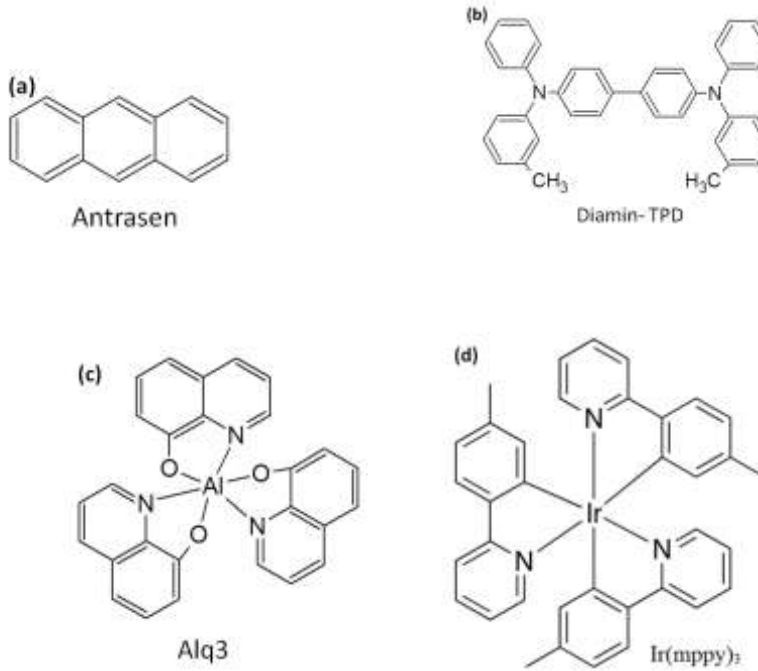
Bernanose ve arkadaşları (1950), havaya duyarlı bir materyal olan 3,6-akridindiamin'e yüksek gerilimde alternatif akım (AC) uygulamışlar ve ilk kez elektrolüminesans gözlemlemişlerdir (Kalinowski, 2005). 1963 yılında, Pope tek kristal antrasenden (Şekil 1.5a) mavi renkte EL elde etmiştir (Pope, Kallmann, and Magnante, 1963). Bu tek katmanlı OLED'de (TK-OLED) emisyon katmanının kalın olması, yüksek uygulama gerilimiyle % 0.1'in altında bir kuantum verimine neden olmuştur. TK-OLED'lerde verimi artırmak ve gerilimi düşürmek adına çeşitli çalışmalar yapılsa da istenilen değerlere ulaşılammıştır.

1987 yılında Kodak çalışanları Tang ve Van Slyke vakum-termal buharlaştırma yöntemi ile çift katmanlı OLED'ler (ÇK-OLED) üreterek yüksek kararlılık ve elektrotlardan organik boya içine dengeli bir yük enjeksiyonu sağlanması ile ilgili problemleri çözmüşlerdir (Tang and VanSlyke, 1987). Cihaz tasarımında, boşluk taşıma materyali aromatik diamin (Şekil 1.5b), emisyon katmanı (tris8-hidroksikuinolin) alüminyum (Alq_3) (Şekil 1.5c), boşluk enjeksiyon katmanı (HIL) indiyum katkılı kalay oksit (ITO), elektron enjeksiyon katmanı (EIL) Mg:Ag alaşımları kullanılmıştır. Bu çalışma ile ilk kez, çalışma gerilimi 10 V'un altında parlaklığı $>1.000 \text{ cd/m}^2$ 'e ve %1'in üzerinde dış kuantum verimine (DKV) ulaşılmıştır.

Alq_3 gibi küçük moleküllerin (SM) termal buharlaştırma yöntemi gibi oldukça pahalı bir yöntemle kaplanması yeni arayışları beraberinde getirmiştir. SM'e alternatif olarak, π -konjuge sistemli polimerler keşfedilmiştir. 1990'lı yıllarda Cambridge Üniversitesi'nden Richard Friend ve arkadaşları ilk kez, π -

konjuge sisteme sahip poli(p-fenilenvinilen) (PPV) organik yarı iletkenlerden elektrolüminsans elde etmişlerdir. Yeşil-sarı renkte emisyon veren PPV iki metal elektrot arasında TK-OLED olarak tasarlanmıştır. ITO üzerine ıslak kaplama tekniği ile kaplanarak, 100 nm'den daha az olankalınlığa ve % 0.01 DKV'ne ulaşmıştır (Friend et al., 1999). PPV polimerleri dar band aralığı nedeniyle kırmızı ve yeşil renkte ışık verirler.

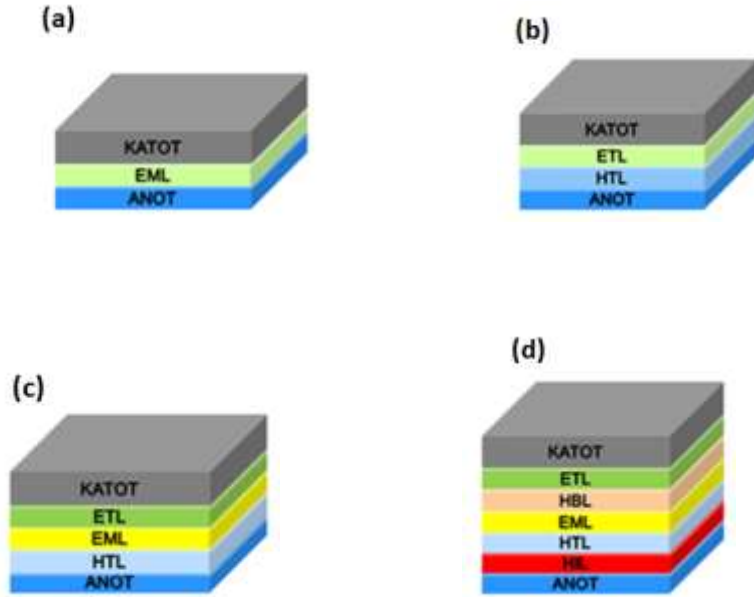
Mavi renkte ışık elde etmek için, 1989 yılında Yoshino ve arkadaşları geniş band aralığına sahip polifluoren (PF) polimerini sentezlemişlerdir(Masahiko Fukuda, 1989). 1997'de, ilk ticari pasif matriks OLED (PMOLED)Teruo(Ted)Tohma tarafından geliştirilirken, 1998'de ilk fosforesant OLED (PHOLED) Forrest ve Thompson tarafından geliştirilmiştir. (Baldo et al., 1998; <http://www.edisontechcenter.org/LED.html>).



Şekil 1.5 İlk OLED çalışmalarında kullanılan organik moleküllerin kimyasal yapıları a) Antrasen b) TPD [N,N'-diphenyl-bis(3-methylphenyl)-biphenyl-4,4'-diamine] c) Alq₃ [tris(8-hidroksikuinolinato)alüminyum], d) [iriduyum tris(2-(4-tolil)piridin-N, C^{2'}) Ir(mppy)₃ fosforesans materyal.

1.2.2 OLED yapıları

OLED uygulamaları ihtiyaç doğrultusunda dört farklı yapıda tasarlanabilir. İlk yapı TK-OLED'ler anot ve katot arasında organik katman an oluşmaktadır. Organik katman yüksek PL verimine, iyi bir boşluk ve elektron geçişi özelliklerine sahip olmalıdır. Katot ile EML arasındaki enerji farkından kaynaklı elektronlar EML'ye verimli bir şekilde enjekte edilemeyebilir. Katot/EML arasındaki sönümlenmeleri azaltarak, cihaz verimini artırmaya yönelik iki katmanlı (İK), üç katmanlı (ÜK) ve çok katmanlı (ÇK) OLED'ler tasarlanmıştır (Şekil 1.6).



Şekil 1.6 Genel a) TK-OLED, b) İK-OLED, c) ÜK-OLED ve d) ÇK-OLED cihaz yapıları.

İK-OLED'ler TK-OLED'lerin çalışma prensibine benzer şekilde elektriksel alan altında elektron-boşluk çifti HTL/ETL arayüzünde eksitonları oluşturarak ışık yayarlar. Bu tip OLED'lerde ETL katmanının aynı zamanda EML rolü üstlendiği raporlarda bulunmaktadır. Üç katmanlı OLED'lerde İK-OLED'lerden farklı olarak HTL/ETL arasında ışık yayan bir EML katmanı bulunmaktadır. ÇK-OLED'ler ise, ETL/Katot arasında eksiton sönümlenmelerini elimine etmek için tasarlanmıştır. Boşluk enjeksiyonunun enerji bariyerini olabildiğince azaltmak

amacıyla, boşluk enjeksiyon katmanı (HIL) ve elektron engelleme katmanı (EBL) kullanılmaktadır. Yani, EML'deki elektronların HTL'ye geçişini engellemektedir. Elektron enjeksiyon katmanı (EIL), katot-ETL arasındaki elektron enjeksiyonunu artırmak amaçlı kullanılır. Elektronların verimli bir şekilde emisyon katmanına ulaşabilmesi, boşluk engelleyen katman (HBL) ile mümkün olabilmektedir. Tüm bu materyallerin OLED yapısında kullanılması için gereken özellikler aşağıda kısaca özetlenmiştir ve Çizelge 1.1'de malzeme örnekleri yer almaktadır (Thejo Kalyani and Dhoble, 2012).

Altlık: OLED yapımında genellikle, plastik, cam ve metal folyo gibi şeffaf iletken altlıklar kullanılmaktadır.

Anot: Boşlukların organik materyale geçişini sağlamak amacıyla yüksek iş fonksiyonlu ($\phi_w \approx 4.7-4.9$ eV) olup ışığın çıkışını sağlamak amacıyla şeffaf yapıdadır. İyi bir anot materyal; yüksek iletkenliğe, yüksek termal direnç ($>200^\circ\text{C}$), görünür bölgedeki yüksek optik geçirgenliğe ($>90\%$) minimum yüzey pürüzlülüğüne, düşük oksijen geçirgenliğine ($<10^{-5}$ cc.m² günlük) ve düşük su geçirgenliğine (<1 mg/m² bir günde) sahip olması gerekir (Ezhili and Akshaya, 2013).

Boşluk enjeksiyon materyalleri (HIL): Boşluk enjeksiyon katmanı (HIL), anot yüzeye iyi bir şekilde tutunarak yüzey pürüzlülüğünü azaltır ve boşluk enjeksiyonunun daha iyi geçişini sağlar. HIL'ler yüksek yük hareketliliğine, elektron engelleme kapasitesine ve camsı geçiş sıcaklığına (T_g) sahiptirler.

Boşluk taşıyıcı katmanlar (HTL): İleri besleme ile harekete geçirilen boşluk yük taşıyıcılarının anottan EL'ye ulaşmasını sağlar. Emisyon katmanına oranla LUMO enerji seviyeleri daha yüksek olması, katottan gelen elektronların anoda geçişini engeller.

Elektron taşıyıcı katmanlar (ETL): Emisyon katmanları genellikle *p*-tipi materyaller olduğundan, sistem içinde yük dengesini sağlamak amacıyla elektron enjeksiyonuna (EIL) ve elektron taşıyıcı katmanlara (ETL) ihtiyaç duyulmaktadır. İletken materyal (ETL), katot ile EML arasındaki enerji bariyerini azaltarak, elektronların katottan organik katmana geçişini sağlar. Diğer bir deyişle söz konusu moleküllerin anyon radikallerinin geçici üretimi ile ilgili olan elektronların atlama mekanizması (hopping mechanism) yoluyla taşınmasıdır. İyi bir ETL'nin sahip olması gereken özellikleri sıralayacak olursak; elektron ilgisi (LUMO) (< -3.2 eV), camsı geçiş sıcaklığı ($T_g > 120^\circ\text{C}$) ve elektron hareketliliği ($\mu_e > 10^{-5}$ cm²/Vs) yüksek olmasının yanı sıra, diğer materyallerle faz uyumlu ve uygulanabilir, kararlı elektrokimyasal ve elektrik alana sahip olmalıdır. Ayrıca, ışığın absorplanmasını önlemek için ETL'nin optik band aralığının (E_g^{opt}) EML'ninki ile eşit olması gerekir (Thejo Kalyani and Dhoble, 2012).

Katot materyaller: Genellikle katot materyaller, yüksek iletkenliğe sahip, saf metaller veya metal alaşımlarıdır. Elektron enjeksiyonu sağlamak için düşük iş fonksiyonuna sahip ($\phi_w = 2.9-4.0$ eV), kararlılığı iyi, organik materyalle iyi bir kontak sağlayan, yüksek yansıma veya, devrik (inverted) OLED cihazları için, iyi transparanlık özelliğine sahip olmalıdır (Thejo Kalyani and Dhoble, 2012).

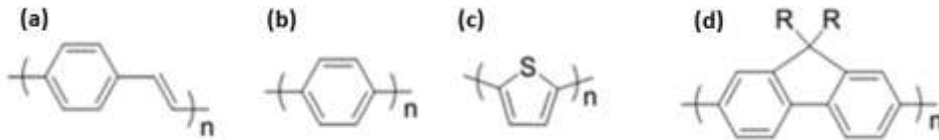
Emisyon katmanları (EML): HTL ile ETL arasında bir katman olup, görünür bölgedeki fotonları yayarlar. Emisyon katmanları olarak, düşük molekül ağırlıklı SM moleküller ve yüksek molekül ağırlıklı polimerler kullanılmaktadır. Polimerik materyaller, emisyon, yük taşınımı ve iletkenlik gibi üstün özellikleri bakımından SM'lere göre daha avantajlıdır. Çoğu termal kararlı olan polimerin, konjugasyon oranına ve zincir üzerinde sahip olduğu yan grupların özelliklerine bağlı olarak emisyon bölgeleri ve çözünürlükleri tasarlanabilmektedir (Breu, Guggenbichler, and Wollmann, 2008).

Çizelge 1.1 OLED katmanlarında kullanılan materyaller (Thejo Kalyani and Dhoble, 2012).

OLED Katmanları	OLEDin farklı katmanlarında kullanılan materyaller
Anot	Yüksek iş fonksiyonlu; ITO, IZO, ZNO; TCP (PANI, PEDOT)
Katot	Düşük iş fonksiyonlu; Mg:Ag; Li:Al; Ca; LiF; MgOx
HIL	HOMO seviyeleri: TPD; NPD; DPVBi; PPV; PVK
ETL	LUMO seviyeleri; Alq ₃ ; PBD; OXD; TAZ; BCP

1.2.2.1 Polimer tabanlı ışık yayan diyotlar (PLED)

Polimer tabanlı OLED'lerde, poli(*p*-fenilenvinilen) (PPV), poli(*p*-fenilen) PPP, politiyofen (PT) ve polifluoren (PF) en çok kullanılan konjuge polimerlerdir. Poli (*p*-fenilenvinilen) (PPV) maksimum emisyon dalgaboyu (λ_{emis}^{max}) 564 nm'de parlak sarı renkte ışık veren, yüksek saflıkta sentezlenebilen ve yüksek moleküler ağırlıkta bir polimerdir (Şekil 1.7a). Dar enerji band aralığı (~2.5 eV) ve parlak sarı renkte olması çoğu elektronik uygulamalar için ilgi çekici olmasına rağmen, organik çözümlerin çoğunda çözünmemesi, problem teşkil etmektedir. PPV polimerin çözünür hale getirmek adına fonksiyonel yan gruplar ilave edilir ki bu da elektriksel ve fiziksel özelliklerinde iyileşme sağlar (Alsahhi, Alam, Dass, and Raja, 2011).



Şekil 1.7a) Poli(*p*-fenilenvinilen) (PPV), b) poli(*p*-fenilen) PPP c) politiyofenler (PT) ve d) polifluoren (PF) konjuge polimerlerin kimyasal yapıları.

Politiyofen (PT), konjuge polimer sınıfının en çok çalışılanlarından birisidir (Şekil 1.7c). Elektronca zengin yapıları sayesinde, kimyasal olarak kolayca tersinir bir şekilde okside olabilmektedirler. PT'ler turuncumsu kırmızı ışık yayar ve band aralığı yaklaşık 2 eV'tur. Düşük moleküler ağırlıklı PT'lerin zincirler arası etkileşime eğilimi olduğundan, PF ve PPV'lere göre sistem içindeki ışımsız süreçleri daha fazladır. PT'nin bu özelliği, OLED uygulamalarında ışık veriminin düşmesine neden olmaktadır. Bazı türevleri ise termokromik etki göstermektedir (Zhao, 2005). Termokromizm, polimer filmin emisyon dalgaboyunun ve kuantum veriminin değişmesine neden olabildiğinden OLED uygulamaları için istenmeyen bir durumdur (Rachford and Castellano, 2009).

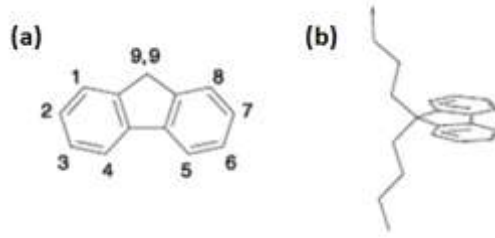
Poli(*p*-fenilen) (PPP), mavi emisyon yapabilen ve eklenen yan gruplarla organik çözügenlerde çözünebilirliği sağlanabilen polimerdir (Şekil 1.7b). Yan gruplar içeren PPP türevlerinde, yan gruptaki fenil halkaları arasındaki bükülme açısında artışa neden olarak, halkalar arasındaki konjugasyonu azalabilir ve mavi emisyon şiddeti düşebilir.

Metilen halkalarının fenilen halkalarına katılmasıyla, fluoren halkaları arasındaki bükülme açısında bozulmaya neden olmadan fonksiyonel hale getirilerek oluşan PF'lerin (Şekil 1.7d), OLED uygulamalarında özellikle emisyon katmanı olarak kullanılmaktadır. Bunun sebebi de görünür bölgedeki tüm renkleri yayabilme yetenekleri, kuantum verimlerinin oldukça yüksek olması ve termal kararlılıklarının ($T_d > 400^\circ\text{C}$) çok yüksek olmasıdır. Bu özellikleri, OLED uygulamalarında en çok çalışılan polimerik yapılar olmalarına neden olmuştur (Bernius, Inbasekaran, O'Brien, and Wu, 2000; Breu et al., 2008; Ji Lee, Klaerner, and Miller, 1999).

1.2.2.1.1 Fluorenil türevlerinin OLED teknolojisindeki yeri

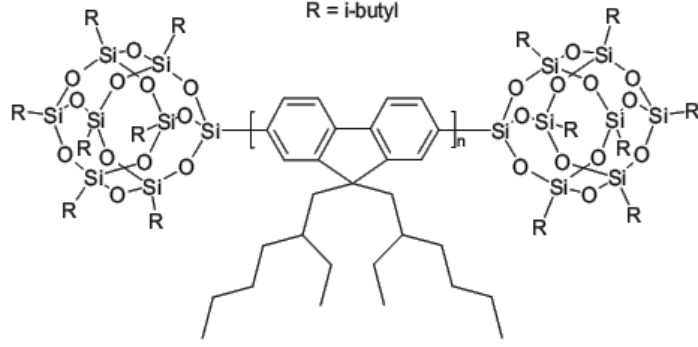
Fluorenler, polisiklik aromatik hidrokarbonlar olarak bilinen ve ismini koyu mor flüoresans vermesi nedeniyle almaktadır. Fluoren esaslı konjuge oligomerler, çözelti fazında % 99 ve film fazında % 90 fluoresans kuantum verimi ile doygun mavi renkte ışık yayabilmektedir. PF türevlerinin çoğu, OLED'in çalışması

sırasında 535 nm’de istenmeyen bir yeşil emisyonu da verebilir. Bunun sebebi olarak literatürde iki yaklaşım yer almaktadır; *i*) PF’nin eksimer oluşturması ve *ii*) gerilim altında keto kusurların oluşması (Brütting, 2005; List, E.J.W. Guentner, R. Scanducci de Freitas, P. Scherf, 2002). Polifluoren yapısının C-9 konumunda oluşan keto kusurları azaltmak için *i*) C-9 pozisyonuna büyük yan zincirlerin takılması (Şekil 1.8) *ii*) çapraz bağlı yapılar kullanılması ve *iii*) yüksek camsı geçiş sıcaklığına (T_g) sahip polimer ile karıştırılarak zincir hareketinin sınırlandırılması gibi farklı yaklaşımlar söz konusudur (Xiao et al., 2003). Bliznyuk ve arkadaşları, cihazlarını ışığa maruz kaldıkça yeşil emisyon şiddetinin arttığını göstermişlerdir. Bu sonuç, ilk yaklaşımın doğruluğunu desteklemektedir. POSS grubunun metilen köprüsüne takılmasıyla ya da sonlandırıcı grup olarak kullanımı fluorenlerin çözünürlüğü ve morfolojik yapısında iyileşme sağlayarak daha kararlı polimerler elde edilmiştir (Bliznyuk, Carter, and Scott, 1999; J. U. Wallace · S. H. Chen, 2008).



Şekil 1.8 a) Fluorenil halkasında yer değiştirme gruplarının bağlanabileceği pozisyonlar ve b) 9-konumuna bağlanma durumuna örnek (J. U. Wallace · S. H. Chen, 2008).

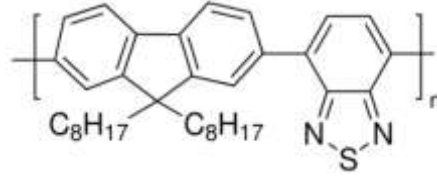
POSS grubu ile sonlandırılmış poli[9,9-di-(2-etilhekzil)-fluorenil-2,7-diil] (ADS231BE) polimeri bu çalışmada kullanılan materyallerden biridir (Şekil 1.9). Mavi ışımaya yapan polimere POSS gruplarının takılması hem oksidasyona karşı direnci hem de termal kararlılığı artırmaktadır (Mather et al., 1999; Waddon and Coughlin, 2003; Xiao et al., 2003). Ayrıca molekülde zincirlerarası etkileşimi de azaltmaktadır (Jonghee Lee, Cho, Jung, Cho, and Shim, 2004)



Şekil 1.9 POSS ile sonlandırılmış poli[9,9-di-(2-etilhekzil)-fluorenil-2,7-diil](ADS231 BE) konjuge polimerin kimyasal yapısı.

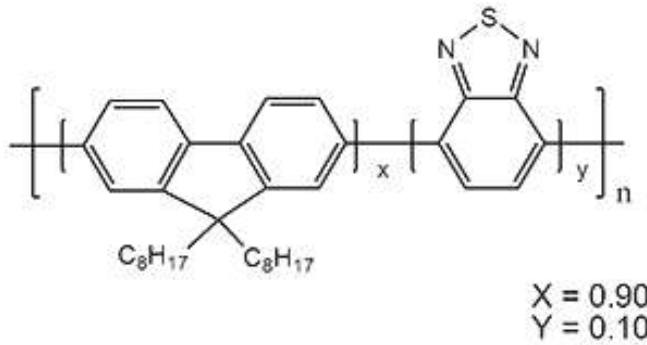
Işık verebilme özellikteki aromatik yapıların, fluoren monomer türevleriyle kopolimerizasyonu fluorenin band aralığının dolayısıyla da elde edilecek ışımının renginin ayarlanabilmesini sağlamaktadır. Ayrıca, elektronca fakir fluorenlerin band aralığı kopolimerizasyon ile azaltılarak yük dengesi sağlanabilir. Fluoren'e göre elektronca zengin olan tiyofen grubu ile fluorenin kopolimerizasyonu ise, yük dengesinde iyileşme, polimerin kuantum ve PL veriminde artış sağlamaktadır (Perepichka, Perepichka, Meng, and Wudl, 2005).

Fluoren kopolimerlerinde en çok kullanılan yapılardan bir diğeri de 2,1,3-benzotiyadiazol'dür (Shiang, Roof, and Bernius, 2001). Örneğin, polifluoren kopolimerlerden biri olan ve Şekil 1.10'da kimyasal yapısı gösterilen poli(9,9-dioktilfluoren-co-benzotiyadiazol) (F8BT), 9,9-substitue fluoren ve benzotiyadiazol grupları içermektedir ve *n*-tipi bir materyaldir (Fukuda et al., 2011; Georgiadou et al., 2011).



Şekil 1.10Poli(9,9-dioktilfluoren-co-benzotriyadiazol) (F8BT) polimerin kimyasal yapısı.

Bu çalışmada kullanılan diğer materyal ADS233YE polimeri F8BT polimeri ile aynı monomerik yapıya sahiptir. Ancak, F8BT polimerinde fluoren ve benzotriyadiazol monomerlerinin birbirine oranı 1 iken, bu oran ADS233YE’de 9’dur. Bu nedenle, ADS233YE polimeri F8BT’ye göre *p*-tipi bir polimer olup Şekil 1.11’de kimyasal yapısı verilmektedir. Konjuge polimer ADS233YE’nin fluorenil grubu donör olarak davranırken, benzotriyadiazol (BT) grubu elektron akseptör olarak davranmaktadır (Rodrigues et al., 2012; Sonar, Williams, Singh, and Dodabalapur, 2011). Literatürde, F8BT polimerinin OLED ve hibrit OLED uygulamalarına yönelik çalışmaları oldukça fazladır (Diodes et al., 2011; Fenwick et al., 2011; Kim and Bradley, 2005; Swaraj et al., 2010). Ancak, ADS233YE polimerinin kullanıldığı OLED çalışmaları sınırlı iken, kuantum noktacıklarla kullanımına (Hibrit OLED) rastlanamamıştır (Palilis, Vasilopoulou, Georgiadou, and Argitis, 2010).



Şekil 1.11Poli[(9,9-dioktilfluorenil-2,7-diil)-co-(1,4-benzo-{2,1',3}-tiyadiazol)] (ADS233YE) konjuge polimerin kimyasal yapısı.

Polifluoren türevi polimerler beyaz ışık elde etmede en çok tercih edilen polimerlerdir. Beyaz ışık elde etme yöntemlerinden biri olan renk karışımları metodu ile bu polimerler tek bir katmandan çoklu ışık yayıcı olarak kullanımı avantaj sağlamaktadır (Farinola and Ragni, 2011).

1.2.3 Kuantum nokta ışık yayan diyotlar (QD-LED)

Kuantum noktacıklar (QD), birkaç yüz ile birkaç bin atomdan oluşan inorganik çekirdeklerdir ve dış yüzeyleri organik ligantlarla sarılıdır. Kurşun (Pb) ve kadmiyum (Cd) esaslı QD çekirdekler, 2000'li yıllardan önce kozmetik sektöründe kullanılmaktaydı. Pb ve Cd toksik yapıda olmaları nedeniyle, insan sağlığına zarar verdiği anlaşılarak yeni QD çekirdekler araştırılmaya başlanmış ve 1981 yılında A. Ekimov ve Onushchenko tarafından Cd-içermeyen malzemeler CuCl keşfedilmiştir. 1982'de Efros nanopartikül boyutunun optik ve elektriksel özelliklere etkisi üzerine bir önermede bulunmuştur (EFROS, Al. L.; EFROS, 1982). 1990'lı yıllarda da bu doğrultuda farklı sentezler tasarlanarak boyuta bağlı renk değişimi geliştirilmiştir.

QD'lerin yüksek yüzey-hacim oranı, optik özellikleri üzerine önemli bir etkisi vardır. Örneğin, 5 nm CdS QD içindeki atomların kabaca %15'i yüzeyde bulunmaktadır. Bu kadar yüksek yüzey-hacim oranı ışık üreten yük taşıyıcıların geçişini arttırmış ya da azaltmış olabilir. Bu durum kuantum verimini, optik absorpsiyonu ve luminesans verimini etkileyebilmektedir. Bu yüzey durumu genellikle, yapıdaki doymamış bağlardan kaynaklı olabilir (Y. Wang and N. Herron, 1991). Bu yüzeylerin enerjileri QD'lerin band aralığına bağlıdır ve yük taşıyıcılara tuzak kurarlar ve elektron azaltıcı veya boşluk ajanlarını okside edici olarak davranırlar (Kuçur, Bücking, Giernoth, and Nann, 2005). Yüzeydeki bu elektrokimyasal reaksiyonlar, QD'lerin optik ve iletkenlikleri üzerine önemli derecede etki etmektedir. Bu yüzden, yüzey pasivizasyonu ile QD çekirdeği içinde yükler sınırlandırılarak optik özellikleri geliştirilmektedir. Yüzey pasivizasyonu diğer bir adıyla QD çekirdeği üzerine kabuk(shell) kaplanması, QD'nin foto-kararlılığını ve gevşek bağların doygun hale gelmesini sağlar. Çekirdek/Kabuk

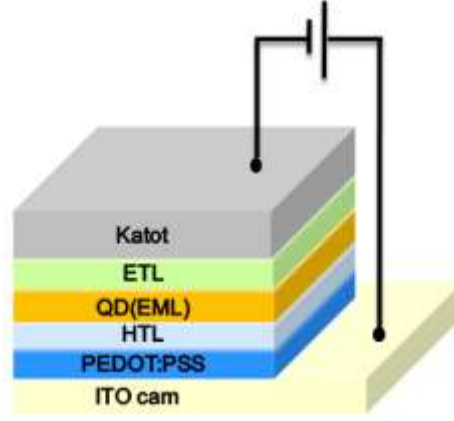
yapılarında PL kuantum verimi kabuk kalınlığına bağlı olarak değişmektedir. Örneğin, kabuğun çok kalın olması ışımsız süreçleri oluşturabilmektedir (Bera, Qian, Tseng, and Holloway, 2010)

Bu çalışmalar üzerine, çekirdek/kabuk (binary) ve çekirdek/kabuk/kabuk (ternary) alaşımları geliştirilmiştir. Boyutları kontrol edilebilir optik özelliklere sahip QD'ler, fotonik uygulamalarında oldukça ilgi çekmektedir. Özellikle de, biyo-görüntü, güneş hücreleri ve ışık yayan diyot (QD-LED) uygulamalarında kullanılmaktadır (Bera et al., 2010).

QD-temelli LED'lerde, 10 yıldan fazla bir süredir ticarileştirilmeleri ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. QDLED'ler organik LED'lere göre önemli ölçüde avantaj sağlamaktadır. QD'lerin ekran ve aydınlatma teknolojilerinde kullanımları son zamanlarda hem ticari hem de akademik alanda ilgi çekmektedir. Koloidal QD'ler, çözünürlük sorunları içermedikleri için, ilgili teknolojiler için maliyet azaltıcı ıslak süreçli kaplama tekniklerine uygundur. QLED'lerin 1994 yılında literatüre tanıtıldıkları ilk çalışmadan bu yana cihaz performansları hızla iyileştirilmiş ve ekran teknolojilerinin gerektirdiği renk kalitesini fazlasıyla sağlar hale getirilmiştir (Wood and Bulović, 2010).

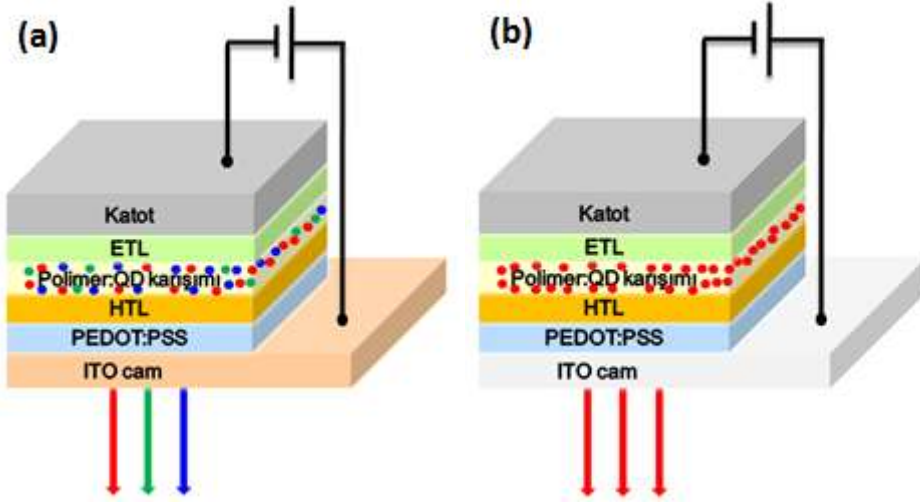
1.2.4 Polimer ve QD hibrid OLED'ler

Genel olarak QDlerin polimerlerle birlikte kullanımları iki şekildedir: (i) doğrudan QD parçacığın ışımaya katman olarak kullanıldığı sistemler, (ii) organik bir yarıiletken içinde varlığında, ışımaya katman ya da yük dengesi sağlayıcı olarak kullanıldığı sistemlerdir. Birinci yaklaşımda, polimer ETL iken, HTL üzerine kaplanan QD emisyon katmanı olarak kullanılmıştır (Tuan, Koh, Nga, and Lee, 2011) (Şekil 1.12)



Şekil 1.12 Hibrit PLED'lerde QD'nin emisyon katmanı (EML) olarak kullanıldığı cihaz yapısı.

İkinci uygulamada ise QD içeren hibrit materyallerde, ışık ya direkt partikülden ya da organik katmandan elde edilir (Zhu, Ye, Zhen, and Liu, 2008). Eksiton polimer matriksi içinde oluşur ve eksiton enerjisi Förster enerji transferi ile QD'ye geçerek nanoparçacık içinde yeniden birleşme (recombination) ile foton oluşmasını sağlar. Polimer içindeki QD'den emisyon elde edilmesinde beyaz ışık elde etmede yararlanılabilir. Aynı anda ana renkleri (RGB) üretmek için polimer matriksine farklı boyutlardaki QD'lerin eklenmesi ile beyaz ışığa gidilebilir (Y. Q. Li, Rizzo, Cingolani, and Gigli, 2006) (Şekil 1.13a). Beyaz ışık elde etmede, çok katmanlı yapıların buharlaştırılması, tek bir aktif katmandan farklı bileşiklerin dönüşümlü kaplama yöntemi ile kaplanması, eksipleks emisyonundan faydalanma ya da beyaz ışık veren tek bir molekül sentezi gibi birçok yöntem vardır. Polimerine eklenen farklı boyutlardaki QD'lerden elde edilen beyaz ışık diğer proseslerdeki her bir materyalin ürettiği ışık renginde saflık ve ışığın kısa yaşam ömrü gibi problemlere çözüm olmuştur (Nguyen, 2011)



Şekil 1.13 Polimer:QD hibrit OLED'de a) QD'den ve b) polimerden emisyon alınan cihaz yapısı.

Bir diğer süreç polimer matrisi içinde oldukça düşük yoğunluklarda QD'nin kullanımıyla yeniden birleşmenin QD yerine organik materyallerde gerçekleşmesi ile ışık eldesidir (Şekil 1.13b). QD bu prosede, polimere yük enjeksiyonu sağlayarak ve polimerdeki yük hareketliliğini dengeleyerek yeniden birleşmeyi sağlar (C.-W. Lee, Renaud, Hsu, and Nguyen, 2008). QD'lerin yüzey tuzak seviyeleri ve nispeten zayıf elektron-boşluk dengelerinden kaynaklı verim kayıplarını azaltmak amacıyla son yıllarda daha fazla dikkat çekmektedir (Wood and Bulović, 2010; Zorn et al., 2009). Bu tür uygulamalarda ana sorun, film fazına geçildiğinde partiküllerin agregatlaşması ve film homojenliğine olumsuz etki etmesidir. Bu sorunu aşma yollarından biri QD çekirdeğinin kabuk yapıları ile kaplanmasıdır (Nguyen, 2011).

Genel olarak, QD'lerin fluoren türü polimer ve ko-polimer içinde kullanımı ile hazırlanan hibrit OLED çalışmalarının literatür araştırması sonucu raporlanan performans değerleri Çizelge 1.2'de verilmiştir.

Çizelge1.2 Literatürde yer alan PF:QD hibrit OLED yapıları ve performans değerleri.

Ref #	Cihaz yapısı	Parıltı [cd/m ²] (V _{uyg})	Akım Verimi [cd/A]	EQE [%]	Çalışma Gerilimi [V]	FWHM [nm]	λ _{emis} [nm]	Aktif Alan (mm ²)
Yeşil Işık								
(Campbell and Crone, 2008)	ITO/PDOT/PFO:50 wt% CdSe/ZnS/Al			~0.5	6.5	~77	~487	4
	ITO/PFO:40 wt % CdSe/ZnS /Al			0.4	6	~38	~564	4
(Kwak et al., 2009)	ITO/PEDOT:PSS/PTPA-b- CAA(1wt%):CdSe(ZnS) (2.5 wt%)/(TPBI)/LiF/Al	1000(11 V)		1.5	<4	~ 30	500	4
(Yang et al., 2007)	ITO/PEDOT:PSS/PF4/Ca/Al	1743 (11V)	0.60				540	4
	ITO/PEDOT:PSS/PF4-6.6 wt% CdSe/Ca/Al	2847 (11V)	1.74				540	4
(Zhu et al., 2008)	ITO/PEDOT:PSS/PFBT8/LiF/ Al			1.0	10		550	
	ITO/PEDOT:PSS/PFBT8:CdSe[20:1]/LiF/Al	-	-	-	3	75	~540	
Kırmızı Işık								
(Zhu et al., 2008)	ITO/PEDOT:PSS/PFBT8/LiF/Al	-	-	1	10	-	~530	-
	ITO/PEDOT:PSS/PFBT8: 5 wt % CdSe/LiF/Al	-	-	>1	4	-	~530	-
(Campbell and Crone, 2008)	ITO/PEDOT: PSS/PFO/Al	-	-	-	-	-	428	4
	ITO/PEDOT: PSS /PFO:60 wt % CdSeZnS/ Au	-	-	0.05	6.5	-	~620	4
	ITO/PEDOT: PSS /PFO:60 wt % CdSe/ZnS/ Al		-	0.5	5	-	~620	4
	ITO/PEDOT: PSS /PFO:60 wt % CdSe/ZnS/ Ca	-	-	0.2	5		~620	4
Mavi Işık								
(Yang et al., 2007)	ITO/PEDOT:PSS/PF1/Ca/Al	990 (10 V)	0.15	-	-	-	464	4
	ITO/PEDOT:PSS/PF1-6.6 wt% CdSe/Ca/Al	1536 (8 V)	0.78	-	-	-	464	4

1.3 Tezin Amacı

Günümüzde, ekran ve aydınlatma teknolojilerinde geleceğin vazgeçilmez malzemeleri olarak görülen QD'ler, görece dar emisyon spektrumları ve parçacık boyutunun ayarlanması ile istenilen rengi elde etme imkanı sunması öne çıkan özellikleridir. Polimerik yapılar da benzer şekilde yapısal özellikleri ve uygulama kolaylıkları ile dikkat çekmektedir. Polimer-kuantum parçacık hibritlerinde foto-fiziksel davranışların karakterizasyonu tüm fotonik uygulamalar (ör: OLED, güneş gözeleri, dedektör vb) için vazgeçilmezdir. Özellikle hibrit OLED uygulamalarında polimerin agregatlaşma problemi, sistem içinde yük dengesini sağlayarak daha verimli ışık elde edilmesinde QD'lerin önemli katkıları bulunmaktadır.

Tez kapsamında $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$ çekirdek/kabuk yapısındaki QD ile mavi vesari emisyon yapan polimerler arasında elektron alış-verişine girme olasılıkları incelenmiş ve ışık yayan diyot uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Ön denemelerde hem ADS233YE hem de ADS231BE polimerinin $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$ (CIS20C) çekirdek/kabuk yapısı ile kombinasyonundan beyaz ışığa gitmek PL eğrilerine göre mümkün görünmektedir. Sarı emisyonun yanı sıra mavi ve yeşil bölgede de emisyon veren ADS233YE polimeri ile turuncu kırmızı PL olan CIS20C kombinasyonundan ve mavi emisyonu ile birlikte yeşil emisyon da veren ADS231BE polimerin yine aynı şekilde CIS20C'nin kombinasyonu ile beyaz ışık elde etme olasılığı değerlendirilmiştir.

2. DENEYSEL KISIM

2.1 Materyaller

Tez çalışmasında katkı maddesi olarak kullanılan $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$ (CIS20C) QD'ler Doç. Dr. Ceylan ZAFER danışmanlığında Dr. Cihan ÖZSOY tarafından sentezlenmiştir ve dış kabuğunda organik çözümlerdeki çözünürlüğü artırmak amacıyla miristik asit ligantları bulunmaktadır. Sentez metodu, karakterizasyon teknikleri, yapısal ve optik özellikleri Dr. Cihan ÖZSOY'un Doktora tezinde yer alacağı için burada yer verilmeyecektir. Ancak, tez bütünlüğünün sağlanması için bazı spektroskopik ve elektrokimyasal özellikleri bu tez içinde kullanılmıştır.

Mavi renkte emisyonuna sahip POSS grubu ile sonlandırılmış poli[9,9-di-(2-etilhekzil)-fluorenil-2,7-diil] (ADS231BE) polimeri, sarı-yeşil renkte emisyon veren dimetil fenil (DMP) ile sonlandırılmış poli[(9,9-dioktilfluorenil-2,7-diyl)-ko-(1,4-benzo-{2,1,3}-tiyadiazol)] (ADS233YE) polimeri American Dye Source (ADS DYES) firmasından satın alınmıştır. Metnin devamında ADS231BE ve ADS233YE için sırasıyla BE ve YE kısaltmaları kullanılacaktır.

Döngüsel voltametri yönteminde, elektrolit ve referans materyal olarak kullanılanlar sırasıyla; tetra bütül amonyum hekza florofosfat (TBAPF_6) ve ferrosen (Fc) Sigma Aldrich firmasından temin edilmiştir. 1 S/cm 'lik iletkenliğe sahip boşluk enjeksiyon materyali olarak kullanılan poli(3,4-etilendioksitiyofen)-poli(stirensülfonat) (PEDOT:PSS) ve döngüsel voltametri çalışmalarında iç referans olarak kullanılan ferrosen (Fc) Sigma Aldrich firmasından alınmıştır. Cihaz yapımında anot olarak kullanılan indiyum katkılı kalay oksit (ITO) kaplı iletken ($10 \text{ } \Omega/\text{sq}$) camlar Delta firmasından temin edilmiştir. Katot materyaller olan; sezyum karbonat (Cs_2CO_3), alüminyum (Al), altın (Au) ve kalsiyum (Ca) sırasıyla Sigma Aldrich ve Alfa Aesar firmalarından temin edilirken, çalışmalarda kullanılan çözümler (asetonitril, toluen, aseton, izopropilalkol ve klorobenzen) Sigma Aldrich, Riedel de Haen ve Fluka firmalarından alınmıştır.

2.2 Karakterizasyon Yöntemi ve Cihazları

CH-Instruments 660B model elektrokimyasal analiz cihazı kullanılarak, döngüsel voltammetri yöntemiyle BE ve YE polimerin HOMO-LUMO enerji seviyeleri ile CIS20C'nin iletkenlik ve değerlik band enerji seviyeleri belirlenmiştir. QD nanaoparçacığın, YE ve BE polimerin 10 mg/ml'lik PhCl içinde hazırlanmış çözeltileri, ITO cam üzerine dönü kaplama yöntemi ile kaplanmıştır. Polimer ince filmleri 60 °C'de 30 dakika, CIS20C ince filmi ise üzerindeki organik ligantları uzaklaştırmak amacıyla 350 °C'de vakum etüvünde 1 saat bekletilmiştir. Döngüsel voltammetrik incelemelerde, CIS20C, BE ve YE kaplı ITO cam çalışma elektrodu, Ag/AgCl referans elektrot, platin tel karşıt elektrot, Fc iç referans olarak görev almıştır.

Laurell marka WS-400B-6NPP/Lite model dönü kaplama cihazı farklı yoğunluklarda 5-10-15 mg/ml hazırlanan YE ve BE polimerlerinin 1500-2000-2500 rpm'de kaplanmış ince filmlerin hazırlığında kullanılmıştır. Filmlerin yüzey morfolojileri ve pürüzlülük değerleri, Ambios Qscope 250 Model Atomik Kuvvet Mikroskopu (AFM), film kalınlıklarını ise Ambios XP-1profilometresi ile saptanmıştır. Hazırlanan kaplamalarda kaplamayı oluşturan bileşenlerin temel ve uyarılmış hal davranışlarının izlenmesinde sırasıyla, Analytik Jena S 600 UV ve Edinburg Instruments FLS900P spektrofotometreleri kullanılmıştır.

Aktif katman olarak kullanılan BE ve YE polimerlerin üzerine katot materyallerin kaplanmasında MBRAUN 200B Glove Box sistemine entegre Edwards Termal Evaporatör modeli kullanılmıştır. Elde edilen tüm cihazların elektro-optik ve elektriksel karakterizasyonları, MBRAUN 200B Glove Box sistemi içinde yapılmıştır. YE polimeri için organik kaplı ITO camlar (2.5cmx2.5cm) birbirine paralel ve aktif alanları 12 mm² (3mmx4mm)olan 5 adet cihaz içermektedir. Keithley 2400 güç kaynağı, cihazların I-V karakteristiklerini belirlemede kullanılmıştır. Cihazların EL spektrumları ve lumen değerleri Ocean Optics USB-4000 spektrofotometrisi ile eş zamand a tespit edilmiştir. Cihazın anot ve katot noktaları direkt olarak Keithley güç noktasına bağlı olup, cihazlara

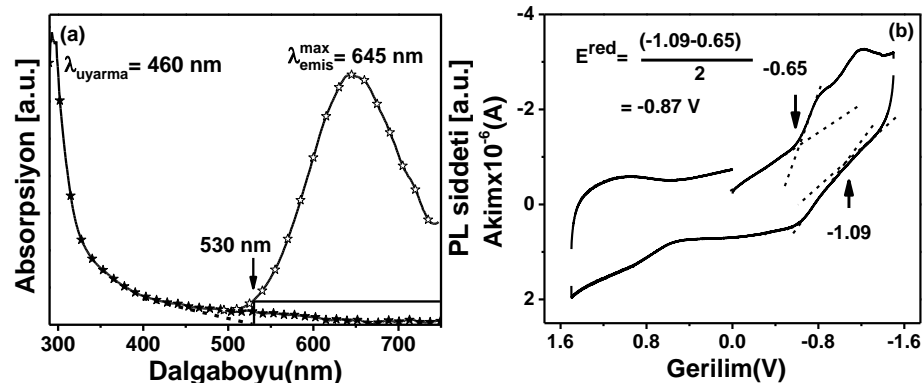
uygulanan gerilim ve ölçülen akım Labview programıyla kontrol edilmiştir. Cihazın ürettiği ışık, fiber optik kablo yardımıyla dedektöre taşınıp Ocean Optics programı ile verileri kaydedilmiştir.

BE polimerinin emisyon katmanı olarak kullanıldığı cihaz yapılarının karakterizasyonunda Hamamatsu C10083MD marka fiber optik spektrofotometre ve yine Keithley 2400 marka güç kaynağı kullanımı söz konusudur. Hamamatsu C10083MD içerdiği entegre küre sayesinde OLED cihazların elektrolüminesans, renk, parlaklığı ve elektriksel performansları gibi birçok değer aynı anda ölçülmesi avantajını sağlamaktadır. Bu yüzden, organik kaplı ITO camlar (3.0cmx3.0cm) birbirine paralel 6 mm² aktif alanları olan ve 4 adet cihaz içeren, farklı bir maske sistemi ile çalışılmıştır.

2.3 Optik ve Elektrokimyasal Çalışmalar

2.3.1 CIS20C kuantum nanoparçacığın optik ve elektrokimyasal özelliklerinin incelenmesi

CIS20C QD'nin klorobenzen (PhCl) çözeltisi içindeki absorpsiyon ve PL spektrumlarının alınmasıyla, uyarma dalga boyu 460 nm'de maksimum emisyon yaptığı dalgaboyu 645 nm olarak tespit edilmiştir.



Şekil 2.1 Klorobenzen çözeltisi içindeki CIS20C'nin a) absorpsiyon-PL grafiği ve b) 200mVs⁻¹ tarama hızıyla yarı türevi alınmış döngüsel voltammogramı.

Tüm döngüsel voltammetri çalışmalarında iç stand art olarak kullanılan Fc'nin yükseltgenme potansiyeli 0.52 V'tur. CIS20C'nin döngüsel voltammetri incelemesi sonucu, -0.87 V'ta tersinir bir indirgenme potansiyeli tespit edilmiştir. Eşitlik (1) ve (2)'de I_p iyonlaşma potansiyeli, E_a elektron ilgisidir. Bu değerler, sırasıyla yarı iletkenin yükseltgenme ve indirgenme potansiyelleri kullanılarak tespit edilebilir. Bir yarı iletkende indirgenme potansiyeli LUMO ya da iletkenlik band 1 enerji seviyesini (CB), yükseltgenme potansiyeli ise HOMO ya da değerlik band 1 enerji seviyesini (VB) hesaplamak için kullanılır.

$$I_p = -e(E_{1/2(ox,dye)} - E_{1/2(Fc)} + 4.8) \text{ eV} \quad (1)$$

$$E_a = -e(E_{1/2(red,dye)} - E_{1/2(Fc)} + 4.8) \text{ eV} \quad (2)$$

$$E_g = I_p - E_a \quad (3)$$

Yarıiletkenlerin optik band aralığının (E_g^{opt}) tespitinde, literatürde izlenen üç yaklaşım vardır;

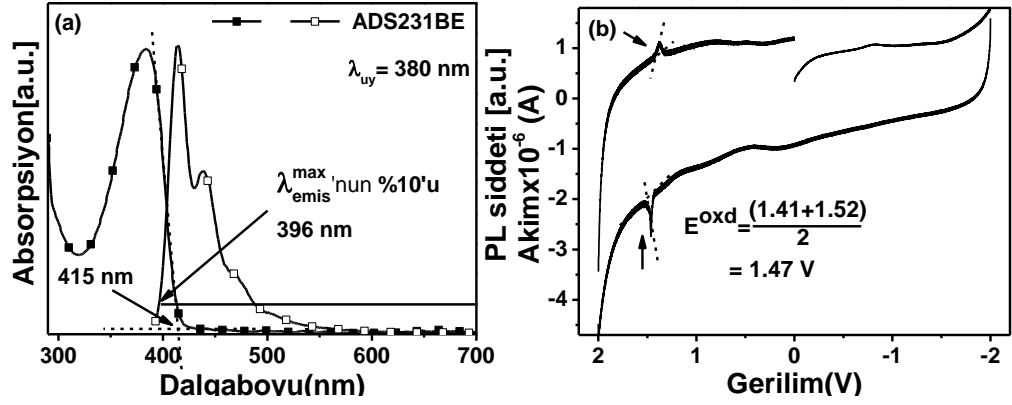
- (i) soğurma eğrisinin tepesinden sonland ığı dalgaboyuna doğru teğet çizerek tekabül ettiği dalgaboyunu,
- (ii) soğurma ve emisyon eğrilerinin kesiştiği dalgaboyunu ya da
- (iii) emisyon maksimum şiddetinin % 10 değerine ulaştığı dalgaboyunu

$$\Delta E_g^{opt} = \frac{1241}{\lambda \text{ nm}} \text{ eşitliğinde yerine koyarak hesaplanmaktadır.}$$

Şekil 2.1a'da işaretlendiği şekilde her üç yaklaşımın izlenmesinde de yaklaşık 530 nm dalgaboyuna tekabül etmektedir. Buradan CIS20C'nin ΔE_g^{opt} değeri 2.34 eV olarak hesaplanmıştır. CIS20C'nin indirgenme potansiyeli kullanılarak iletkenlik band 1 enerji seviyesi -3.41 eV olarak hesaplanmıştır. Bu değer ΔE_g^{opt} ile toplanması CIS20C'nin değerlik band 1 enerji seviyesinin -5.75 eV olarak tespit edilmesini sağlamıştır.

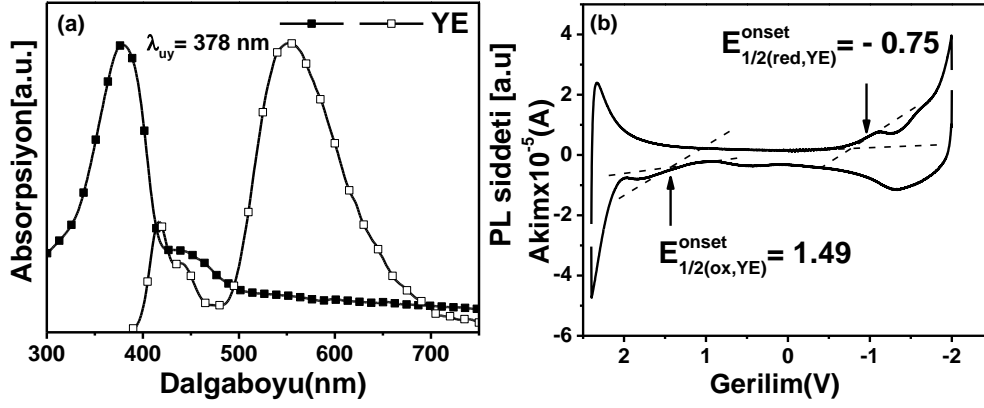
2.3.2 BE ve YE konjuge polimerlerin optik ve elektrokimyasal özellikleri

BE PhCl çözgeni ile çözeltisi hazırlanan polimerin optik özellikleri belirlenmiştir. BE polimerinin absorpsiyon ve PL eğrileri Şekil 2.2a'da verilmiştir. BE'nin maksimum absorplama dalgaboyu (λ_{abs}^{max}) 380 nm ve bu dalga boyunda uyarılmasıyla λ_{emis}^{max} 414 nm'dir. λ_{emis}^{max} 'a 440 ve 474 nm'de iki omuz eşlik etmektedir. ΔE_g^{opt} değerinin tespitinde kullanılmak üzere yukarıda tanımlanan üç yaklaşımdan yararlanılarak, 2.99-3.12 eV arasında değişen değerlere ulaşılmıştır (Şekil 2.2a). BE polimerinin döngüsel incelemesi sonucu, onseti 1.34 olan yarı tersinir bir yükseltgenme potansiyeli vermiştir (Şekil 2.2b). BE için HOMO enerji seviyesini -5.75 olarak hesaplanmıştır. ΔE_g^{opt} 'nin ortalama 3.00 eV olarak kabulü ile -2.62 eV'lik LUMO enerji seviyesi değerine ulaşılmıştır.



Şekil 2.2 PhCl içerisindeki BE polimerinin alınan a) absorpsiyon ve PL spektrumları b) 200 mV s^{-1} tarama hızıyla taranmış döngüsel voltammogramı.

YE polimeri için bu çalışmalar tekrarlanarak YE'nin maksimum absorpsiyon spektrumu 380 nm'de bir tepe ve 450 nm'de bir omuz vermektedir (Şekil 2.3a). 400 nm'nin altındaki uyarılmalarda, 400-450 nm arasında polimerin absorpsiyonundan kaynaklandığı düşünülen bir omuz ve 500-700 nm arasında bir emisyon gözlenmektedir ve $\lambda_{emis}^{max} = 552 \text{ nm}$ 'dedir (Şekil 2.3a).



Şekil 2.3a) YE polimerinin PhCl içerisinde alınan absorpsiyon ve fotoluminesans spektrumları ($\lambda_{uy}= 378$ nm), b) 200mVs^{-1} tarama hızıyla taranmış YE polimerinin döngüsel voltammogramı.

YE polimerinin Şekil 2.3b'deki döngüsel voltammogramı incelendiğinde, polimerin benzotiyadiazol grubunun onset -0.75 V'ta indirgenme ve poli (9,9-dioktilfluorenil) grubunun, onset 1.49 V'ta tersinmez bir yükseltgenme potansiyeli vardır. Eşitlik 1 ve 2'nin kullanımı ile polimerin HOMO ve LUMO enerji seviyeleri sırasıyla, -5.77 eV ve -3.53 eV olarak hesaplanmıştır.

2.3.3 Polimer:CIS20C karşımlarında fotofiziksel incelemeler

CuInS₂/ZnS'nin film fazında polimerlere etkilerini anlayabilmek için BE: kütlece % x CuInS₂/ZnS (x= 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 ve 1.5) ve YE: kütlece % x CuInS₂/ZnS (x= 0.2, 0.4, 0.8 ve 1.5) nano-kompozit çözeltileri, lamel üzerine dönü kaplama yöntemiyle kaplanarak elde edilen ince filmlerin absorpsiyon ve PL spektrumları incelenmiştir. Bu çalışmalar ışığında cihaz üretimine geçilmiştir. Elde edilen veriler Bölüm 4'te tartışılacaktır.

2.4 Cihaz Hazırlığı

Cihaz üretim aşamasına ilk olarak anot altlık hazırlanmasından başlanmış ve aktif katman olarak kullanılan organik materyal ince filmleri oluşturulduktan sonra katot materyali kaplanmasıyla cihaz üretimi tamamlanmıştır. Cihaz üretim detayları aşağıdaki alt başlıklarda verilmiştir.

2.4.1 Boşluk enjeksiyon ve taşıma materyalinin kaplanması

BE ve YE OLED cihaz üretiminde, ilk olarak ITO kaplı cam altlıklar sırasıyla boyutları 3.0 x 3.0 cm ve 2.5 x 2.5 cm olacak şekilde elmas yardımı ile kesildi. Her bir çözgünde ayrı ayrı olmak üzere toluen, aseton ve izopropil alkol içinde ultrasonik banyolarda 30'er dakika tutulan ITO'lar azot gazı ile üzerindeki izopropil alkol yüzeyden uzaklaştırıldı. Temizlenen ITO'lar O₂ plazmada 10⁻² mbar 60 W'ta 8'er dakika tutularak yüzeyde kalabilecek yabancı kirliliklerin uzaklaşması sağlandı. HTM olarak kullanılan PEDOT:PSS, 1:1 oranında saf su ile seyreltip ITO cam üzerine 2000 rpm'de ~40 nm kalınlığında kaplanmıştır (Jonghee Lee et al., 2004). İnce filmler, 120 °C sıcaklıkta 30 dakika tavlansmıştır.

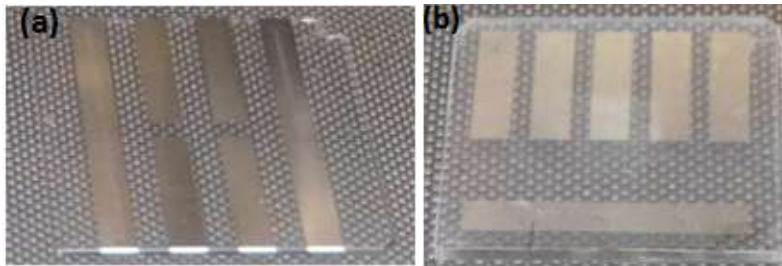
2.4.2 Aktif tabakanın oluşturulması

Öncelikle referans YE ve BE polimerleri ve BE: kütlece % x CuInS₂/ZnS(x = 0.2, 0.4, 0.6, 1.0 ve 1.2), YE: kütlece % x CuInS₂/ZnS(x = 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 ve 1.0) hibrit çözeltileri PhCl içinde hazırlanmıştır. İki polimerin de kalınlık optimizasyonu ve polimer:CuInS₂/ZnS nano-kompozit çalışmaları için, polimerlerin yoğunlukları PhCl içerisinde 10 mg/ml'de sabit tutulmuştur. Optimizasyon çalışmaları kapsamında, 1500, 2000 ve 2500 rpm farklı spin hızları kullanılarak elde edilen YE ve BE polimerlerin ince filmlerinin kalınlıkları yaklaşık olarak (\pm 5nm), YE için rpm sırasıyla 80, 70 ve 50 nm iken BE için 85, 75 ve 65nm'dir.

BE:CIS20C karşımı ve BE polimer için toplam yoğunluk 10 mg/ml olacak şekilde çözeltiler hazırlanmıştır. Hazırlanan bu çözeltilerden 250 µl alarak ITO/PEDOT:PSS üzerine, dönü kaplama yöntemi ile 2500 rpm'de (optimum kaplam hızı) ince filmleri oluşturulmuştur. YE:CIS20C karşımı ve katkısız YE polimerin ince filmlerinin oluşturulmasında BE'den farklı olarak, bu çözeltilerden 180 µl alarak ITO/PEDOT:PSS üzerine 2000 rpm'de kaplanarak aktif katman kaplaması gerçekleştirilmiştir. İnce filmler, T_g sıcaklığının altında (Ek1), 60 °C'de vakum etüvünde 30 dakika tavlanaarak çözgen buharlaştırılmıştır.

2.4.3 Elektron taşıyıcı tabakanın ve katotun oluşturulması

Elektron taşıma ve katot katmanlarının hazırlığında vakum termal evaporasyon yöntemi kullanılmıştır. Ortam basıncı 10^{-6} mbar'dır. Yukarıda belirtildiği gibi BE ve YE tabanlı OLED karakterizasyonları farklı cihazların kullanımı ile gerçekleştirilmiştir ve bu durum iki farklı katot maskesi gerekliliğini doğurmuştur. Kullanılan katot maskesi fotoğrafları Şekil Şekil 2.4 te verilmiştir. ITO/PEDOT:PSS/BE ve ITO/PEDOT:PSS/BE:CIS20C üzerine Cs_2CO_3 (2 nm) ile Al (100 nm) ve ITO/PEDOT:PSS/YE ve ITO/PEDOT:PSS/YE:CIS20C üzerine Ca(40 nm) ile Al (100 nm) kaplamaları kaplanmıştır.



Şekil 2.4 a) BE polimeri ve b) YE polimeri için kullanılan maskelerden elde edilen cihazlar.

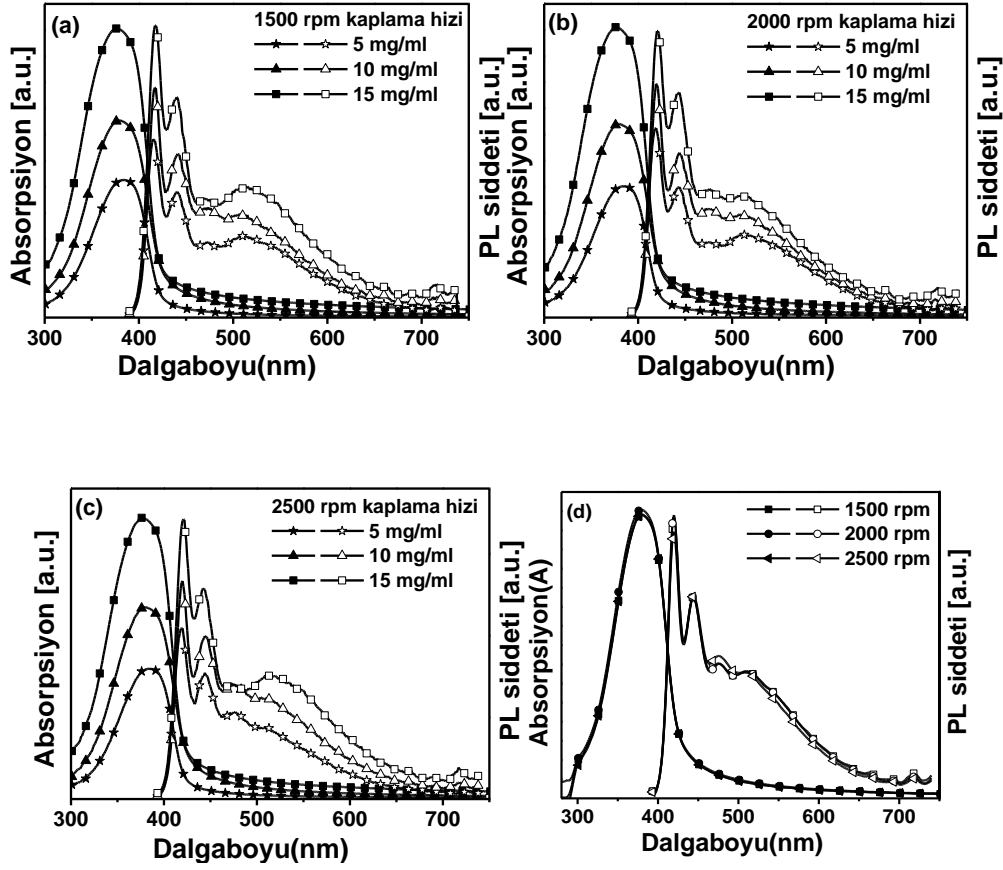
3. BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER

3.1 BE Polimerin Film Fazındaki Optik Özellikleri

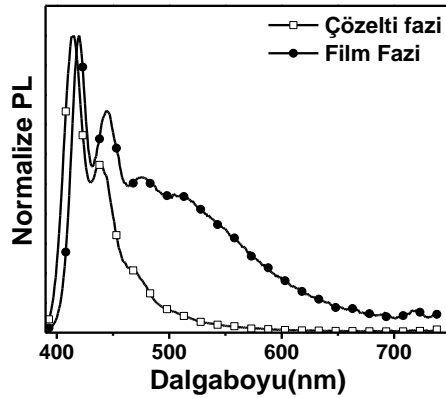
3.1.1 BE polimerinin kalınlık optimizasyonu

BE polimerlerin kalınlık optimizasyonu için 5, 10, 15 mg/ml stok çözeltileri farklı rpm'lerde (1500, 2000, 2500) lameller üzerine kaplanmasıyla ince filmleri hazırlanmıştır. Madde yoğunluğu ve film kalınlığı ile değişen absorpsiyon-PL spektrumları incelenmiştir (Şekil 3.1).Beklenildiği şekilde, rpm artışı ile BE polimerin film kalınlığı azalırken, yoğunluk artışı ile kalınlık artmıştır (Çizelge 3.1 ve Ek 2). Ayrıca, 1500 rpm ve 2500 rpm'de hazırlanan filmlerde kullanılan BE maddeyoğunluğu artışı ile yeşil bölge (~520 nm) emisyonu daha da belirginleşmiştir. Bu durum, film yüzeyinde tutunan madde miktarının artmasıyla polimerdeki zincirlerarası etkileşimin arttığı şeklinde yorumlanabilir ve madde yoğunluğu ve dönü hızına bağlı değişen yüzey pürüzlülüğü (RMS, nm) değerleri bu yorumu desteklemektedir (Çizelge 3.1 ve Ek 3). Kalınlık ölçümlerine ait eğriler ve AFM mikrografları ekler bölümünde yer almaktadır.

BE polimerinin, madde yoğunluğu ve dönü kaplama hızından bağımsız olarak film fazında maksimum absorpsiyon dalga boyu 383 nm dir. Polimerin film fazı absorpsiyon spektrumunda çözelti fazına göre 3 nm kırmızıya gözlenirken, PL spektrumunda 6 nm kırmızıya kayma ile λ_{emis}^{max} 420 nm olarak tespit edilmiştir (Şekil 3.2). 440 ve 520 nm'de gözlenen omuzlarda ise yaklaşık 5 nm'lik kırmızıya kayma ve 450-650 nm aralığında emisyon şiddeti artışı gözlenmiştir. Bu durum, BE polimerinin film fazında J-agregatları şeklinde düzenleniyor olabileceğini göstermektedir (Eisfeld and Briggs, 2006; Siddiqui and Spano, 1999; Spano and Introduction, 2010)



Şekil 3.1 BE polimerinin farklı derişimlerde klorobenzen içerisinde hazırlanmış çözeltilerinin a) 1500 b) 2000 ve c) 2500 rpm'de ve d) 10 mg/ml yoğunlukta farklı rpm'lerde kaplanmış ince filmlerinin absorpsiyon ve PL spektrumları ($\lambda_{uy} = 383$ nm).



Şekil 3.2. BE polimerinin çözelti ve 1500 rpm'deki ince filminin normalize edilmiş PL spektrumu.

Çizelge3.1. BE polimerinin farklı derişimlerde ve devir hızlarında oluşturulan ince filmlerin pürüzlülük ve kalınlık değerleri.

Yoğunluk(mg/ml)	Dönü kaplama hızı(rpm)	RMS(nm)	Kalınlık (nm)
5	1500	0.91	55-67
	2000	0.82	38-55
	2500	0.75	35-50
10	1500	1.58	75-85
	2000	1.34	65-75
	2500	1.24	55-65
15	1500	1.91	85-100
	2000	1.80	78-88
	2500	1.71	66-78

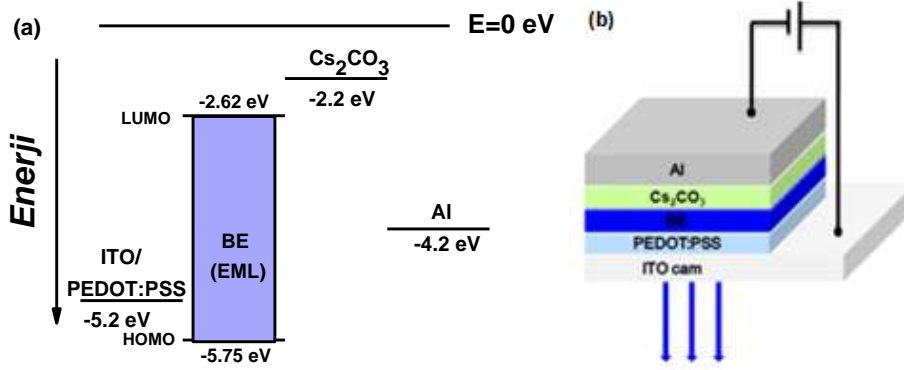
BE polimerinin 5 mg/ml yoğunluğunda film kalınlığı 35-67 nm aralığında değişmektedir. Bu kalınlık aralığında yapılan PLED uygulamalarında aktif tabakada sönümlenmelere yol açarak verimin düşmesine sebep olabilir. 15 mg/ml yoğunlukta kalınlık 66-100 nm aralığında değişmektedir. 10 mg/ml'lik stokların kullanımıyla elde edilen kalınlıklar ise literatürde emisyon katmanları için genel kabul gören kalınlık aralığındadır (55-85 nm). Bu sebeple, cihazların hazırlığında kullanılacak stok BE yoğunluğu 10 mg/ml olarak belirlenmiş olsa da dönü hızına karar verilememiştir.

3.2 BE OLED Üretimi

3.2.1 Farklı kalınlıkta BE esaslı OLED cihazların üretimi ve karakterizasyonu

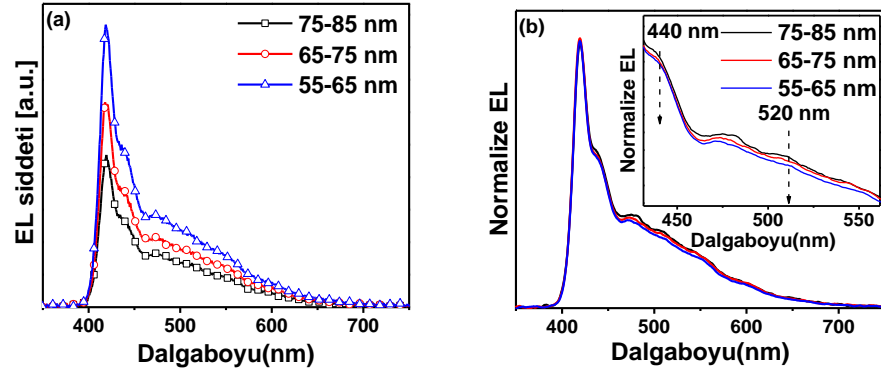
Absorpsiyon, PL, kalınlık ve AFM çalışmaları sonucunda OLED yapımında 10 mg/ml'lik yoğunluğa sahip çözeltinin kullanılmasına karar verildi. Kalınlık optimizasyonu için 75-85 nm, 65-75 nm ve 55-65 nm kalınlıklarda hazırlanan OLED'lerin performansları incelenmiştir.

Şekil 3.3'de OLED'in enerji diyagramı ve yan kesit görüntüsü verilen BE polimerinde kullanılan Al katotun iş fonksiyonu (W_k) ile BE polimerinin LUMO'su arasında 1.5 eV'den fazla fark vardır. Bu derece yüksek bir bariyer farkını azaltmak için 2 nm'lik Cs_2CO_3 EIL olarak kullanılmıştır. Cs_2CO_3 'ün termal olarak buharlaştırılması sırasında Cs_2CO_3 ve CsO_2 'a ayrışır. Daha sonra üzerine alüminyumun buharlaştırılması, Al-O-Cs kompleksini oluşmasına neden olur. Böylece, elektronların Al'dan Cs_2CO_3 'ün iletkenlik bandına geçişi için herhangi bir bariyer oluşturmamaktadır (Y. Li ve arkadaşları, 2007). Bu durumun cihaz performansına olumlu etkisi olabileceği düşünülerek Cs_2CO_3 katmanını eklenmiştir.

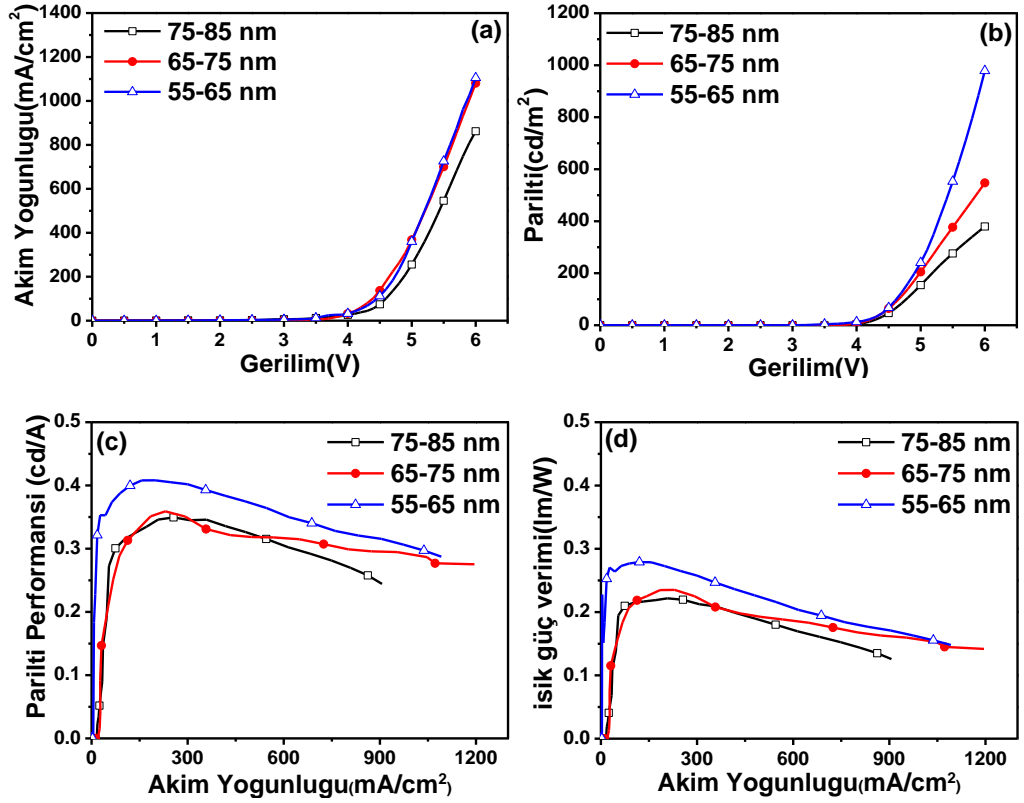


Şekil 3.3 a) BE polimerin enerji diyagramı ve b) cihaz yapısı.

Şekil 3.4'de kalınlığa bağlı değişen EL şiddeti spektrumları gösterilmiştir. EL pikleri 420 ve 440 nm'de, yaklaşık 520 nm'de bir omuz gözlenmektedir. 55-65 nm aralıktaki EL şiddeti, 75-85 nm'e göre yaklaşık 2 katı, 65-75 nm kalınlığa göre ise yaklaşık 1.5 katıdır (Şekil 3.4). Farklı kalınlıklardaki BE ince filmlerine ait normalize EL şiddetleri incelendiğinde, kalınlığı 55-65 nm aralığında BE'nin eksimer veya fluorenon bozukluklardan kaynaklı (Bliznyuk et al., 1999; List, E.J.W. Guentner, R. Scanducci de Freitas, P. Scherf, 2002) olduğu düşünülen 520 nm'deki ve 440 nm emisyon şiddetinde kısmi de olsa bir azalma gözlenmiştir.



Şekil 3.4 Farklı kalınlıklarda üretilen cihazlardan elde edilen a) EL ve b) normalize edilmiş EL spektrumları.



Şekil 3.5 Farklı kalınlıklarda hazırlanan cihazların uygulanan gerilime karşı a) akım yoğunlukları, b) luminans değerleri, c) parlıltı performansı ve d) ışık güç verimi grafikleri.

OLED'lerin akım yoğunluğu(mA/cm^2)–gerilim(V) ve parlıltı (cd/m^2) gerilim (V) grafikleri Şekil 3.5'de yer almaktadır. 55-65 nm kalınlık aralığı için çalışma gerilimi 2.7 V iken, 75-85 nm ve 65-75 nm kalınlık aralığı için bu değer 3.0 V'tur.

100 cd/m² parıltı değerinde gerilimleri sırasıyla, 4.6 V, 4.8 V ve 4.7 V'tur. 6 V gerilim altında, maksimum akım yoğunluğu ve maksimum parıltı değerleri 75-85 nm kalınlık için 1080 mA/cm² ve ~379 cd/m², 65-75 nm kalınlık aralığında 862 mA/cm² ve 547 cd/m², 55-65 nm kalınlık aralığı için ise 1091 mA/cm² ve 978 cd/m²'dir. Elde edilen maksimum parıltı performansı ve ışık güç verimi değerleri 75-85 nm kalınlık için 0.25 cd/A ve 0.13 lm/W, 65-75 nm kalınlık için 0.27 cd/A ve 0.14 lm/W'tır 55-65 nm kalınlık için 0.29 cd/A ve 0.15 lm/W'tır (Şekil 3.5) (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2 Uygulama gerilimi 6 Volt için ve 100 cd/m² OLED performans karakteristik değerleri.

	Dönü kaplama hızı (rpm)	Çalışma Gerilimi [V]	Akım yoğunluğu (mA/cm ²)	Parıltı (cd/m ²)	Parıltı performansı (cd/A)	Işık güç verimi (lm/W)	FWHM (nm)
100 cd/m²	1500	4.8	263	-	0.27	0.19	149
	2000	4.7	134	-	0.32	0.22	152
	2500	4.7	156	-	0.40	0.27	151
6 Volt	1500	-	1080	379	0.25	0.13	153
	2000	-	862	547	0.27	0.14	153
	2500	-	1091	978	0.29	0.15	151

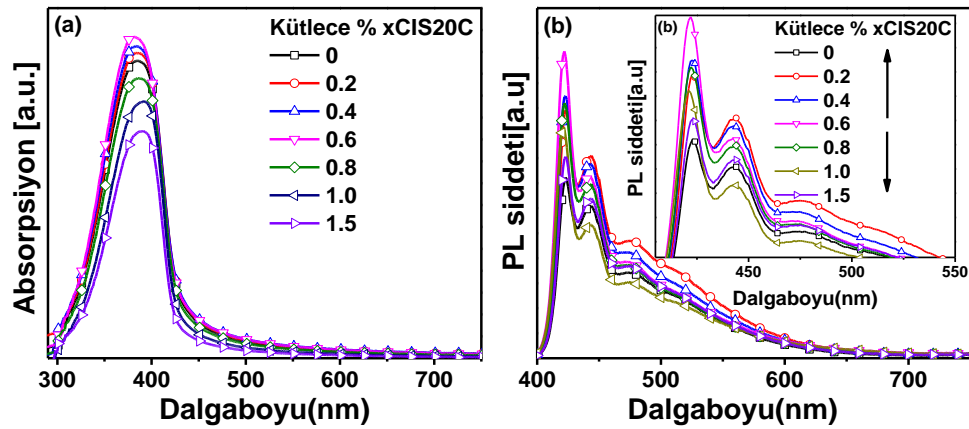
Literatürde BE polimerin çok benzeri olan PF2/6 polimeri ile yapılan bir çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmada doğrudan Al katot uygulaması yapılmış ve çalışma gerilimi 2 V, akım yoğunluğu 214 mA/cm², maksimum parıltı 179 cd/m², parıltı performansı 0.0084 cd/A ve ışık güç verimi 0.003 lm/W olarak raporlanmıştır (Zhang, 2010). PF2/6 yapısında sonlandırıcı grup olan POSS grupları bulunmamaktadır. BE polimeri ile elde edilen verimlerin daha yüksek olması, Cs₂CO₃'ün kullanımına ve stok polimer yoğunluğunun optimizasyonuna bağlanmıştır. Sonlandırıcı grup, polifluoren polimerlerde FWHM'nin daralmasına etki etmesi nedeniyle agregatlaşmanın, eksimer, keto bozuklukların ve istenmeyen yeşil emisyonun önemli oranda azalmasını sağladığı raporlanmıştır (JI Lee et al., 1999). Katkısız polimer ile yaptığımız OLED cihaz üretimi sonucunda maksimum

verime 2500 rpm dönü kaplama hızı ile ulaşılmıştır. 2500 rpm dönü kaplama hızıyla 520 nm'deki istenmeyen yeşil emisyonun azalmasıyla en yüksek verime 2500 rpm'in tekabül ettiği kalınlık aralığı 55-65 nm ile ulaşılmıştır.

3.2.2 CIS20C katkılandırılmasının BE polimer OLED performansına etkisi

3.2.2.1 BE:CIS20C karışımının optik özellikleri

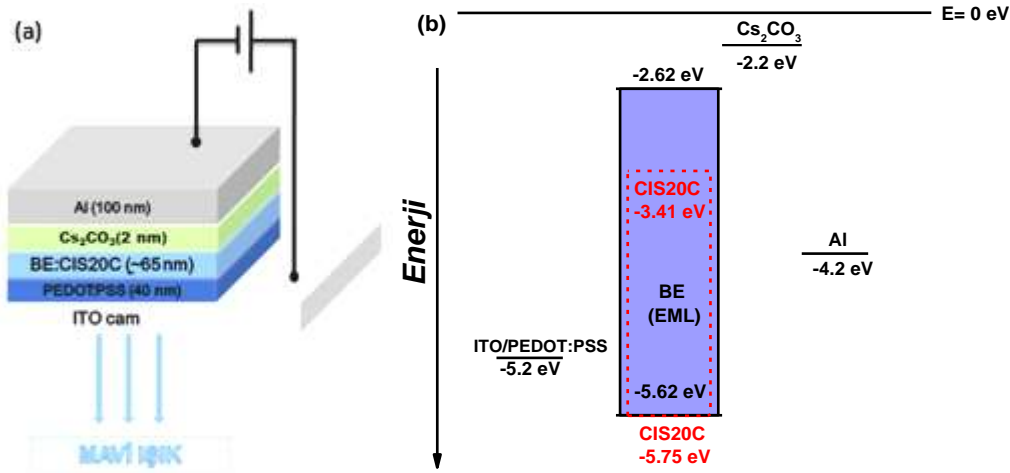
BE polimer ile CIS20C arasındaki olası enerji/elektron transferi mekanizmalarını incelemek için film fazındaki sönmleme çalışmaları yapılmıştır (Şekil 3.6). Film fazındaki çalışmada polimerin absorpsiyon şiddeti kütlece %0.6 CIS20C katımına kadar artarken, % 0.8 ve üzerindeki katkılandırılmalarda azalma ve 2-6 nm arasında kırmızıya kayma gerçekleşmiştir. PL spektrumunda ise, CIS20C'nin kütlece % 0.6 oranında katkılandırılması ile 420 nm'deki emisyon şiddetinde artışa neden olmuştur. Bununla birlikte, kütlece %0.4 ve üzerindeki katkılandırılmalarda λ_{emis}^{max} 'da 1-3 nm aralığında maviye kayma gözlenmiştir. 440 nm ve yeşil bölgeye ait 520 nm'deki maksimum emisyon şiddeti kütlece % 0.2 CIS20C katkılandırılması ile elde edilmiştir. Emisyon şiddetlerindeki artışın nedeni polimer ile CIS20C arasında Förster enerji transferi olabilir.



Şekil 3.6 Kütlece farklı derişimlerdeki CIS20C QD ile katkılandırılmış BE polimerin 55-65 nm kalınlıktaki a) absorpsiyon ve b) $\lambda_{uy} = 383$ nm'de PL spektrogramu.

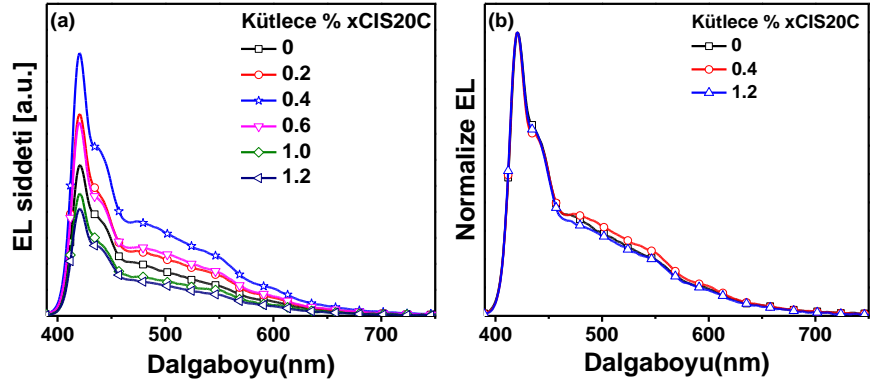
3.2.2.2 CuInS₂/ZnS katkılandırılan BE esash OLEDler

OLED cihaz yapısı ve cihaz yapısında kullanılan materyallerin enerji seviyeleri şekil3.7’de verilmektedir. Emisyon katmanı olarak kullanılan BE polimeri, kütlece %0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0 ve 1.2 oranlarında CIS20C ile katkılandırılmasıyla hibrit OLED’lerin cihaz performansları incelenmiştir.

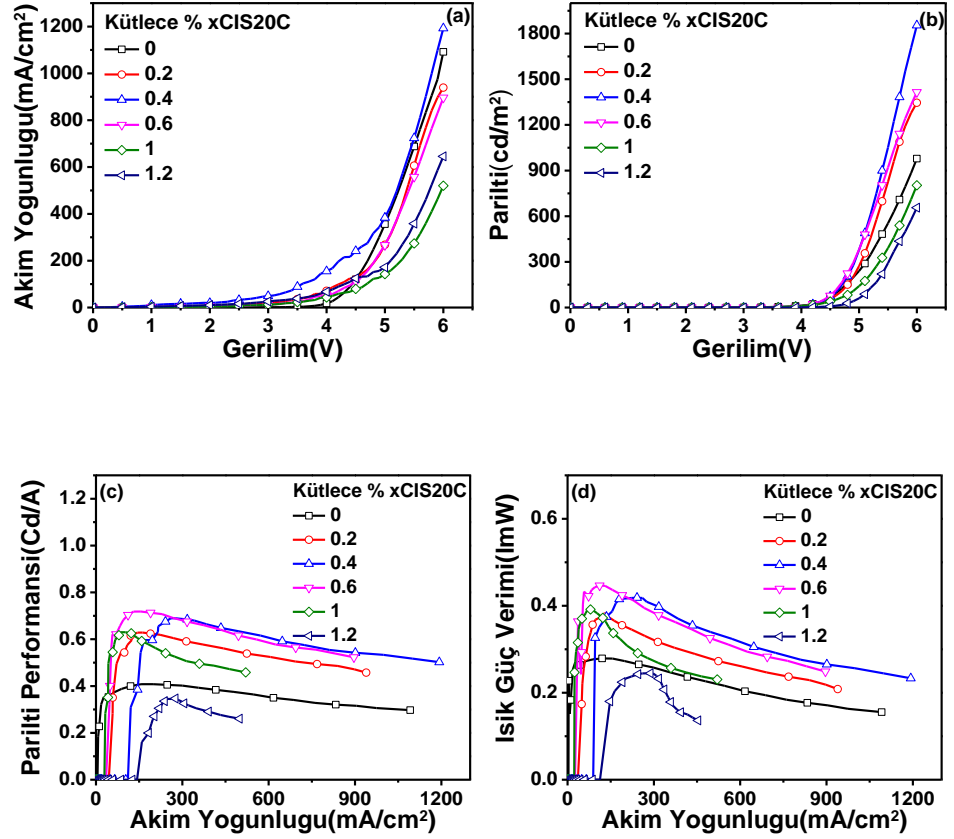


Şekil 3.7a) Kullanılan cihaz yapısı ve b) cihaz yapısında kullanılan materyallerin enerji seviyeleri.

Şekil3.8’de, %0.2, 0.4, 0.6, 1.0 ve 1.2 oranlarında CIS20C’nin katkılandırılmasıyla elde edilen cihazların dalgaboyuna göre değişen EL eğrileri gösterilmiştir. Kütlece %0.4 katkılandırılmasına kadar 420 ve 520 nm’deki EL şiddetinde artış, sonrasında ise bir azalma vardır. Hatta katkılama oranı %1’in üzerine çıktığında katkısız BE’den elde edilene göre, daha düşük bir EL performansı göstermektedir.



Şekil 3.8 BE nin kütlece farklı oranlarda $\text{CuInS}_2/\text{ZnS}$ QD katkılandırılması ile elde edilen a) EL, b) normalize edilmiş EL spektrumları.



Şekil 3.9 BE nin kütlece farklı oranlarda CIS20C'nin katkılandırılması ile elde edilen a)akım yoğunluğu-gerilim karakteristikler, b)parıltı-gerilim, c) parıltı performansı-akım yoğunluğu ve d) ışık güç verimi -akım yoğunluğu karakteristikleri.

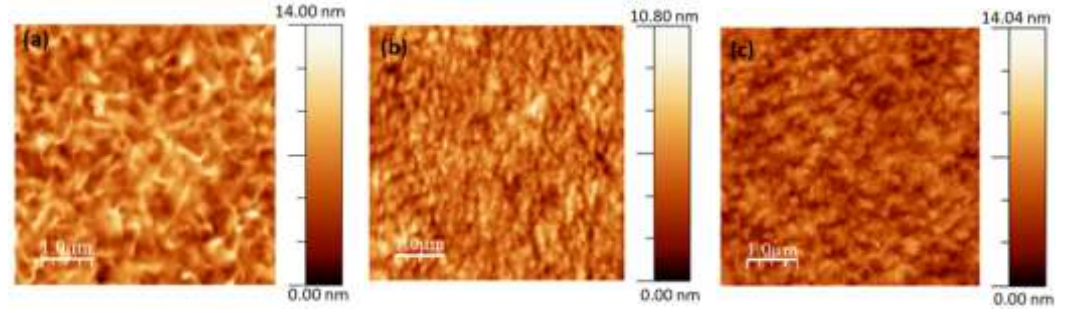
Katkılama oranlarındaki parliltı-gerilim, parliltı performansı ve ışık güç verimi-akım yoğunluğu karakteristikleri Şekil 3.9’da verilmiştir. Kütlece % 0.4 ve 0.6 CIS20C katkılı BE’nin katkısız BE cihaza göre lüminesans değeri sırasıyla, 6 V’ta 979 cd/m²’den 1855 cd/m²’ye yaklaşık 2 kat ve 1415 cd/m²’e yaklaşık 1.5 kat verim artışı olmaktadır. Kütlece % 0.4 ve 0.6 katkılı ırmalarda 4.6 V gerilim altında en yüksek parliltı performansı sırasıyla 0.69 ve 0.72 cd/A’dır. Kütlece % 0.4 katkılı ırmış cihazın akım yoğunluğu 6.0 V gerilimde en yüksek değere ulaşmıştır. Kütlece % 0.4 ve 0.6’nın üzerindeki katkılı ırmalarda QD’nin polimer içinde homojen bir dağılım göstermemesi ya da polimer ile QD arasında faz ayrımı oluşması nedeniyle akım yoğunluğu azalmış olabilir (Saygili et al., 2011). Ayrıca, hazırlanan cihazlar için renk koordinatları (0.21, 0.21)’dir. Kütlece % 0.2-1.2 aralığında katkılı ırmal BE polimeri ile hazırlanan cihazların performansları Çizelge 3.3’de özetlenmiştir.

Çizelge 3.3 Uygulama gerilimi 6 Volt için ve 100 cd/m² OLED performans karakteristik değerleri.

	Kütlece % CIS20C	Çalışma Gerilimi [V]	Akım yoğunluğu (mA/cm ²)	Pariltı (cd/m ²)	Pariltı performansı (cd/A)	Işık güç verimi (lm/W)	FWHM (nm)
100 cd/m²	0	4.7	156	-	0.40	0.27	151
	0.2	4.7	162	-	0.61	0.36	157
	0.4	4.6	260	-	0.69	0.42	151
	0.6	4.6	130	-	0.72	0.44	156
	1.0	4.9	127	-	0.62	0.36	149
	1.2	5.2	286	-	0.34	0.19	150
6 Volt	0	-	1091	979	0.30	0.15	150
	0.2	-	939	1346	0.45	0.20	157
	0.4	-	1192	1855	0.50	0.24	156
	0.6	-	896	1415	0.52	0.24	156
	1.0	-	520	802	0.45	0.23	151
	1.2	-	498	655	0.26	0.14	151

Katkısız BE, BE:%0.4 ve BE:%0.6 CIS20C karışımlarından elde edilen ince filmlerinin AFM görüntüleri Şekil 3.10’da, diğer katkılama oranlarına ait AFM

görüntüleri de Ek 4'te verilmiştir. Kuantum noktalarının polimer içindeki dağılımı AFM görüntülerinden net olarak görülmektedir. Tüm katkılama oranlarında elde edilen pürüzlülük değerlerinin birbirine çok yakın olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3.4).



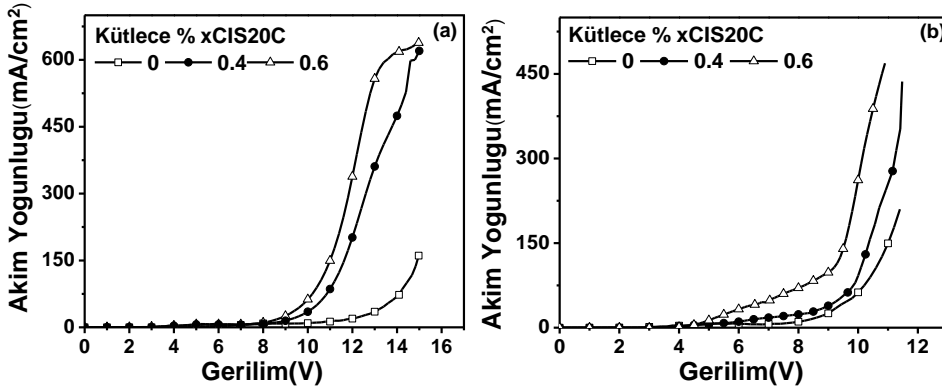
Şekil 3.10 a) Katkısız BE, b) BE:% 0.4CIS20C ve c) BE:% 0.6CIS20C karışımına ait AFM görüntüleri.

Çizelge 3.4. Katkısız BE ve BE:%xCIS20C karışımına ait pürüzlülük değerleri.

Materyal	Pürüzlülük (nm)	Dönü Kaplama Hızı (rpm)
BE	1.52	2500
BE+ kütlece % x CIS20C		
0.2 CIS20C	1.17	
0.4 CIS20C	1.16	
0.6 CIS20C	1.17	
1.0 CIS20C	1.23	
1.2 CIS20C	1.33	

CuInS₂/ZnSQD katkılamasının polimer içinde yük dengesine etkisini anlayabilmek adına kütlece % 0.4, %0.6 CIS20C katkılı BE ve katkısız BE esaslı [Al(40nm)/BE:%xCIS20C(65nm)/Cs₂CO₃(2nm)/Al(100nm)] sadece elektron ve [ITO/PEDOT:PSS(40nm)BE:%xCIS20C(65nm)/Au(70nm)] sadece boşluk cihaz yapıları tasarlanmış, sadece elektron ve boşluk hareketine izin verecek şekilde

üretimiştir. Bu cihazlara ait akım yoğunlukları Şekil 3.11’de gösterilmektedir. BE polimer içine kütlece % 0.6 CIS20C QD katkıları ile hem elektron hem de boşluk akım yoğunluğunda katkısız polimere göre büyük oranda iyileşme gözlemlenmiştir.



Şekil 3.11 Katkısız ve farklı oranlarda CIS20C QD katkıları ile BE polimer esaslı a) sadece elektron ve b) sadece boşluk cihazlarının akım yoğunlukları spektrumu.

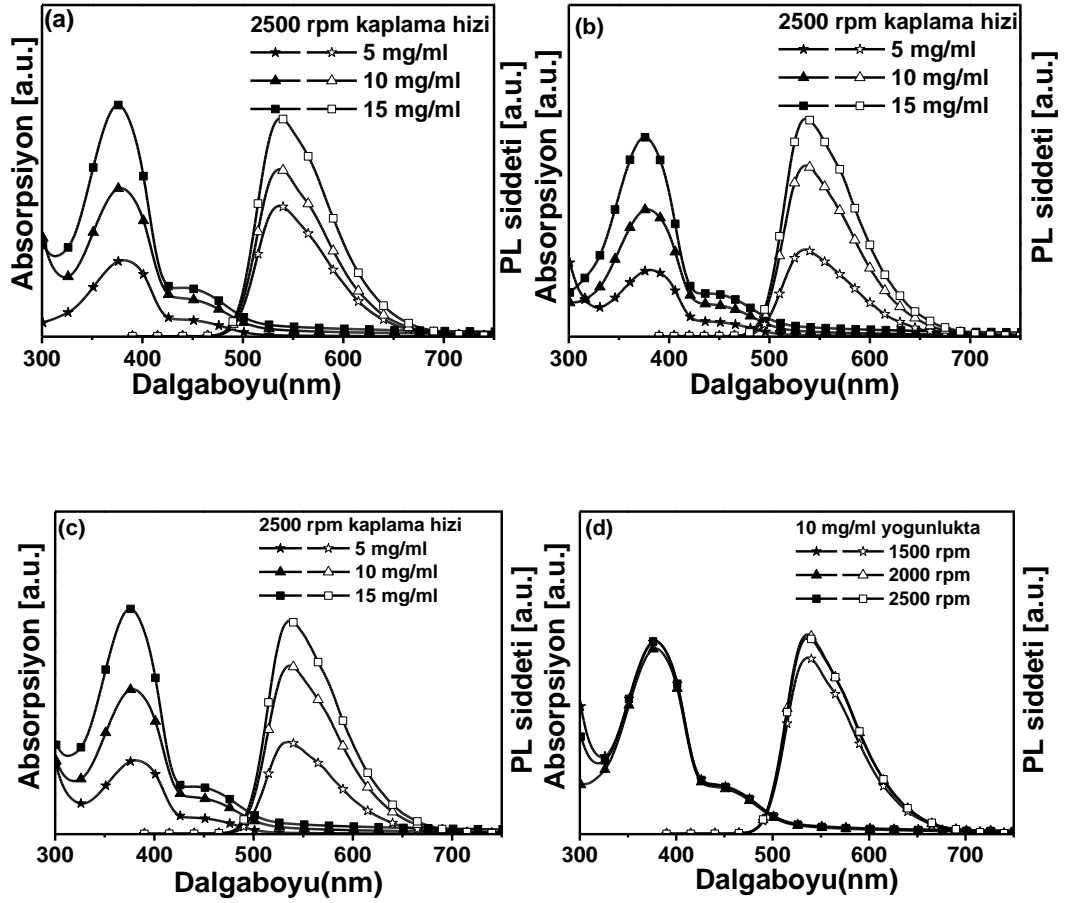
Kütlece % 0.4 katkıları ile BE % 0.6 katkıları olana göre parlıltı değeriinde ~2 katlık artışla daha verimli görünse de ışık güç verimi ve parlıltı performansındaki verim daha düşüktür. Bu nedenle, kütlece %0.6 katkıları ile BE cihazı ile en yüksek verimlerin elde edildiğini söylemek yanlış olmayacaktır. CIS20C'nin iletkenlik bandı (CB) ile polimerin LUMO enerji seviyesi arasındaki 0.79 eV'lik fark ve CIS20C'nin değerlik bandı (VB) ile BE polimerin HOMO enerji seviyeleri eşit olması sonucu, CIS20C'in sistem içi yük dengesinde iyileşme sağladığı düşünülmektedir.

3.3 YE Konjuge Polimerin Film Fazındaki Optik Özellikleri

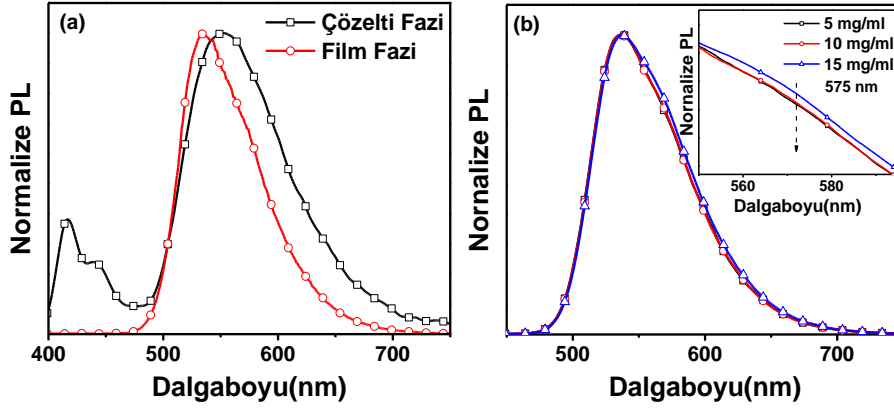
3.3.1 YE polimerinin kalınlık optimizasyonu

BE polimerdeki kalınlık optimizasyonuna benzer şekilde farklı yoğunlukta ve kaplama hızlarında elde edilen ince filmlerin absorpsiyon ve PL spektrumları

Şekil 3.12’de verilmektedir. Sabit rpm’de YE yoğunluğunun artmasıyla beklendik şekilde absorpsiyon ve emisyon şiddetleri artmaktadır. Aynı yoğunlukta ve farklı rpm’lerde kaplanan YE’den absorpsiyon ve emisyon şiddetinin maksimum olduğu noktaya 2000 rpm’de ulaşılmıştır (Şekil 3.12d). Polimerin film fazı absorpsiyon spektrumunda, çözelti fazına benzer şekilde 380 nm’de maksimum absorpsiyon ve 450 nm’de bir omuz görülmektedir. PL spektrumunda, çözelti fazındaki 400-450 nm arasındaki omuz görülmemektedir. Ancak, 575 nm’de bir omuz oluşumu gözlenmiştir. Ayrıca, film fazına geçildiğinde polimerin FWHM’nin artması sözkonusudur. FWHM’deki artış ve 575 nm’deki omuzun YE’nin film fazında agregatlaşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 3.12 YE polimerinin farklı derişimlerde PhCl içerisinde hazırlanmış çözeltilerin a) 1500, b) 2000, c) 2500 rpm ve d) 10 mg/ml çözeltiden farklı rpm’lerde kaplanmış ince filmlerinin absorpsiyon ve PL spektrumları ($\lambda_{uy}= 378$ nm).



Şekil 3.13 YE polimerin a) çözelti fazında ve b) 1500 rpm’de elde edilen film fazındaki normalize edilmiş PL spektrumları.

YE yoğunluğu ve kaplama hızından bağımsız olarak $\lambda_{emis}^{max} = 538 \text{ nm}$ ’dir. Çözelti fazı ile karşılaştırıldığında λ_{emis}^{max} ’da yaklaşık 14 nm’lik ve λ_{abs}^{max} ’da’de 3-5 nm’lik bir maviye kayma (Şekil 3.13a), YE polimerinin film fazında *H*-agregatları şeklinde düzenleniyor olabileceğini göstermektedir (M. KASHA, 2000). Şekil 3.13b’de 1500 rpm’de farklı YE yoğunlukları ile hazırlanan filmlerin normalize PL spektrumlarında, yoğunluk artışı ile 575 nm’deki omuzda kısmi şiddet artışları bu düşüncüyü desteklemektedir.

Çizelge 3.5 YE polimerin farklı derişim ve devir hızlarındaki ince filmlerinin pürüzlülük ve kalınlık değerleri.

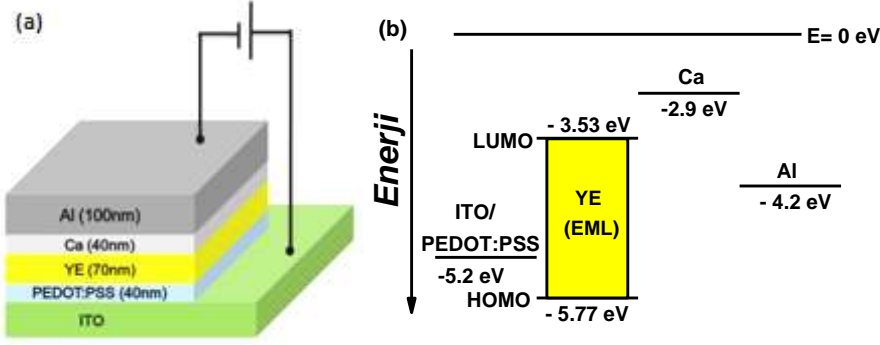
Yoğunluk (mg/ml)	Dönü kaplama hızı(rpm)	RMS(nm)	Kalınlık (nm)
5	1500	0.92	40-50
	2000	0.82	35
	2500	0.75	28
10	1500	1.58	75-85
	2000	1.34	65-75
	2500	1.21	45-60
15	1500	1.91	75-90
	2000	1.97	70-80
	2500	1.71	65-70

5,10 ve 15 mg/ml derişimlerdeki YE polimerinin 1500, 2000, 2500 rpm devir hızlarıyla cam üzerine kaplandıktan sonra 60 °C'de 30 dakika vakum etüvünde tutuldu. Bu ince filmlere ait AFM görüntüleri Ek 5'te verilmiştir. BE'de olduğu gibi beklendiği şekilde rpm artışı ile pürüzlülük değerleri düşmüştür. Polimere ait film kalınlıkları ve pürüzlülük değerleri Çizelge 3.5'de verilmektedir. 5 mg/ml yoğunlukta YE filmi 28-50 nm kalınlık aralığında sönümlenmelere neden olabilir. 15 mg/ml yoğunlukta, 2500 rpm'de hazırlanan ince filmlerin kalınlıkları literatür ile uyumlu olmasına rağmen 1500 ve 2000 rpm'de kalınlıklar oldukça yüksek olduğundan polimerin agregatlaşmasına yol açabilir. Bu durum, rpm'lere göre polimeri optimize ederken doğru bir değerlendirmeye götürmeyebilir. 10 mg/ml'de hazırlanan YE polimerinin rpm'e bağlı kalınlığı, literatürde YE PLED uygulamalarında rpm'e bağlı elde edilen kalınlıkla benzer olduğu görülmüştür (Palilis et al., 2010). Optimum verimin elde edildiği kalınlığı belirlemek için, OLED uygulamalarında kalınlık optimizasyonuna geçilmiştir.

3.4 YE OLED üretimi

3.4.1 Farklı kalınlıkta YE esaslı OLED cihazların üretimi ve karakterizasyonu

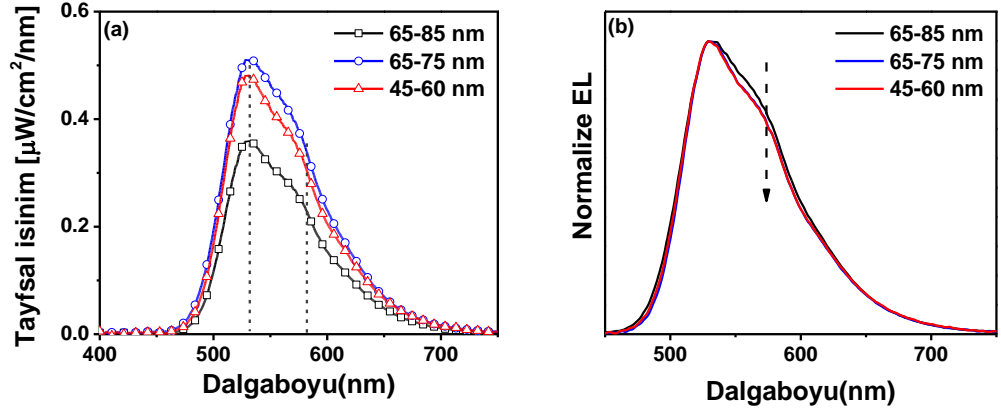
Yapılan ön çalışmalar sonucu OLED yapımında 10 mg/ml yoğunluktaki çözeltinin kullanılmasına ve polimerin 1500, 2000 ve 2500 rpm'de kaplanmasına karar verildi. OLED cihaz yapımında kullanılan materyallerin yan kesit görüntüsü ve enerji diyagramı Şekil 3.14'de verilmiştir.



Şekil 3.14 a) Kullanılan cihaz yapısı ve b) kullanılan materyallerin enerji seviyeleri.

OLED yapımında ITO kaplı cam anot, PEDOT:PSS boşluk enjeksiyon materyali, YE polimer emisyon katmanı, Ca ve Al ise katot olarak kullanılmıştır. YE polimerinden elde edilecek EL'nin optimizasyonu için 1500-2000-2500 rpm dönü kaplama hızlarının tümü denenmiştir. Şekil 3.15'de dönü hızına bağlı değişen kalınlığın EL şiddeti ve spektrumlarına etkisi gösterilmiştir.

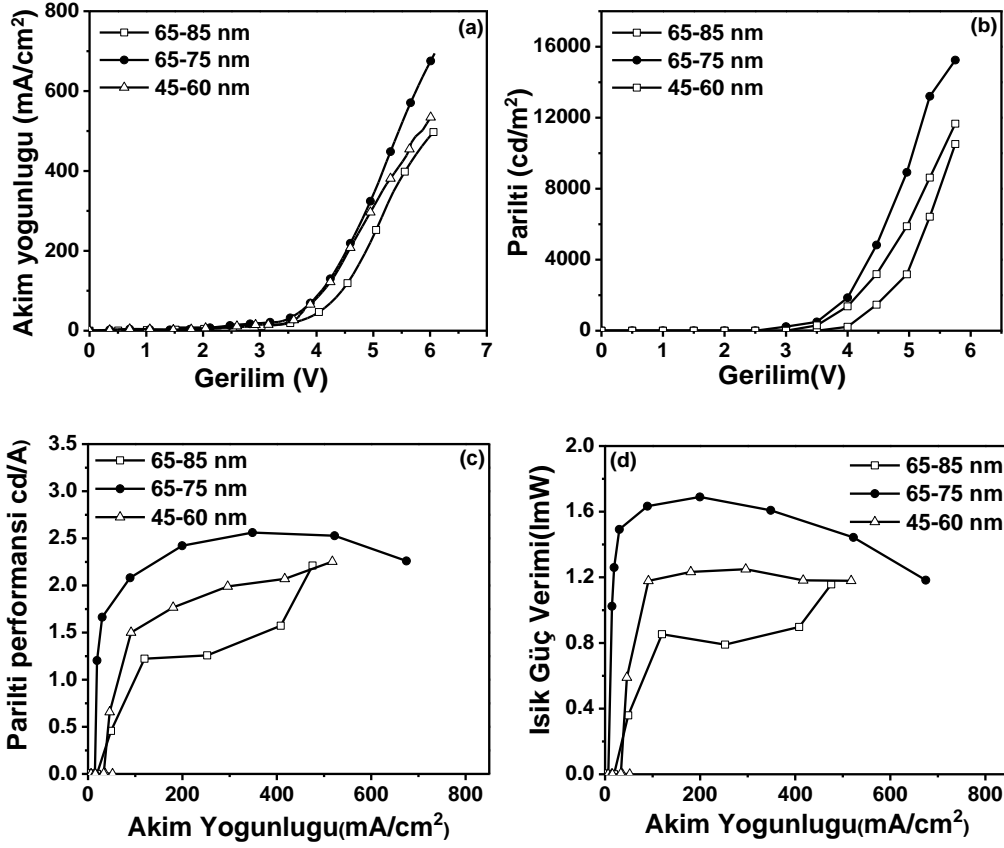
Maksimum EL dalga boyunun 530 nm ve 2000 rpm'in EL şiddetinin 1500 rpm'e oranı yaklaşık 1.5 katı olduğu gözlenmiştir. Elde edilen EL spektrumları ile polimerin PL spektrumları karşılaştırıldığında, eğrilerin benzer olduğu görülmekle birlikte PL spektrumundaki 575 nm'deki omuzun EL spektrumunda daha da belirgin hale geldiği ve λ_{emis}^{max} 'da gözlendiği dalgaboyunun yaklaşık 10 nm maviye kaydığı görülmektedir. EL ve PL spektrumlarının benzerliği, elektromer veya elektropleks oluşmadığını, emisyonun tamamen YE'den geldiğini göstermektedir. Ayrıca, FWHM'leri 1500 2000 ve 2500 rpm'e bağlı olarak sırasıyla 80, 83 ve 93 nm'dir.



Şekil 3.15 Farklı kalınlıklarda üretilen cihazlardan elde edilen a) EL ve b) normalize edilmiş EL spektrumları.

OLED'lerin akım yoğunluğu–gerilim ve parlıltı–gerilim grafikleri Şekil 3.16'da yer almaktadır. OLED'in çalışma gerilimi dönü kaplama hızı 1500 rpm için 3.5 V, 2000 ve 2500 rpm için 3.0 V' tur ve $1000 \text{ cd}/\text{m}^2$ 'de en düşük gerilim (3.7V) 2000 rpm'de elde edilmiştir. Maksimum akım yoğunluğu, parlıltı, parlıltı performansı ve ışık güç verimi değerleri 6 V gerilim altında 2000 rpm'de sırasıyla $675 \text{ mA}/\text{cm}^2$, $15247 \text{ cd}/\text{m}^2$, $2.26 \text{ cd}/\text{A}$ ve $1.18 \text{ lm}/\text{W}$ 'tır (Çizelge3.6).

Kullanılan polimerin literatür araştırması yapıldığında cihaz yapısı ITO/PEDOT:PSS(70nm)/YE(70nm)/Al(150nm) şeklinde olan YE polimerin 13 V'tamaksimum akım yoğunluğu, parlıltı, parlıltı performansı ve ışık güç verimi değerleri sırasıyla, $134.8 \text{ mA}/\text{cm}^2$, $4161 \text{ cd}/\text{m}^2$ $3.2 \text{ cd}/\text{A}$ ve $3500 \text{ cd}/\text{m}^2$ 'de ışık güç verimi $1.00 \text{ lm}/\text{W}$ 'tır (Palilis et al., 2010). Benzer yapıdaki F8BT'nin literatürde verilen ITO/PEDOT:PSS/F8BT/Ca/Al cihaz yapısı ile 3 V'ta $1130 \text{ mA}/\text{cm}^2$, $8000 \text{ cd}/\text{cm}^2$ ve $0.78 \text{ cd}/\text{A}^{-1}$ verim elde edilmiştir (Kang et al., 2013). Tez çalışmasında yapılan YE OLED cihaz verimleri ile literatürün örtüştüğü görülmektedir (Murata, Cinà, and Greenham, 2001; Palilis et al., 2010)



Şekil 3.16 Farklı rpm kaplamalarıyla üretilen cihazların uygulanan gerilime karşı a) akım yoğunlukları, b) lüminans değerleri, c) parliti performansı ve d) ışık güç verimi grafikleri.

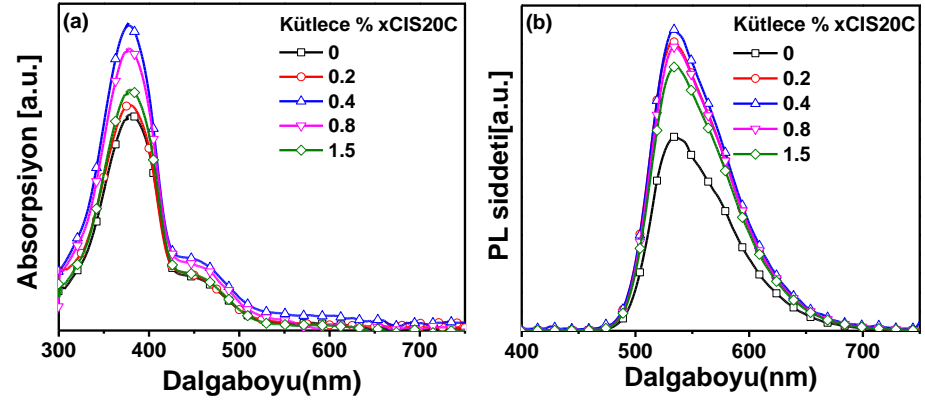
Çizelge3.6 Uygulama gerilimi 6 Volt için ve 1000 cd/m² OLED performans karakteristik değerleri.

	Dönü kaplama hızı (rpm)	Çalışma Gerilimi [V]	Akım yoğunluğu (mA/cm ²)	Parliti (cd/m ²)	Parliti performansı (cd/A)	Işık güç verimi (lm/W)	CIE (x,y)
1000 cd/m ²	1500	4.3	83.20	-	0.80	0.8	(0.38,059)
	2000	3.7	36.00	-	1.70	1.5	(0.36,0.58)
	2500	3.8	65.80	-	1.00	0.6	(0.37,059)
6 Volt	1500	-	476	10517	2.21	1.15	(0.38,059)
	2000	-	675	15247	2.26	1.18	(0.36,0.58)
	2500	-	517	11663	2.25	1.17	(0.37,059)

3.4.2 CIS20C katkılandırılmasının YE polimer OLED performansına etkisi

3.4.2.1 YE:CIS20C karışımının optik ve yapısal özelliklerinin incelenmesi

BE polimerde olduğu gibi YE polimerin de CIS20C QD ile arasındaki ilişkiyi anlamak için film fazında sönmüleme çalışmaları yapılarak olası enerji veya elektron transferi araştırılmıştır (Şekil 3.17). Kütlece %0.4CIS20C'nin katkılandırılması, polimerin PL siddetinde artışa neden olurken daha yüksek katımlarda PL şiddeti azalmaktadır. Bu azalmanın sebebi CIS20C QD'nin polimer içinde kütlece %0.4 oranındaki katımdan sonra agregat oluşumuna neden olduğu düşünülmektedir.

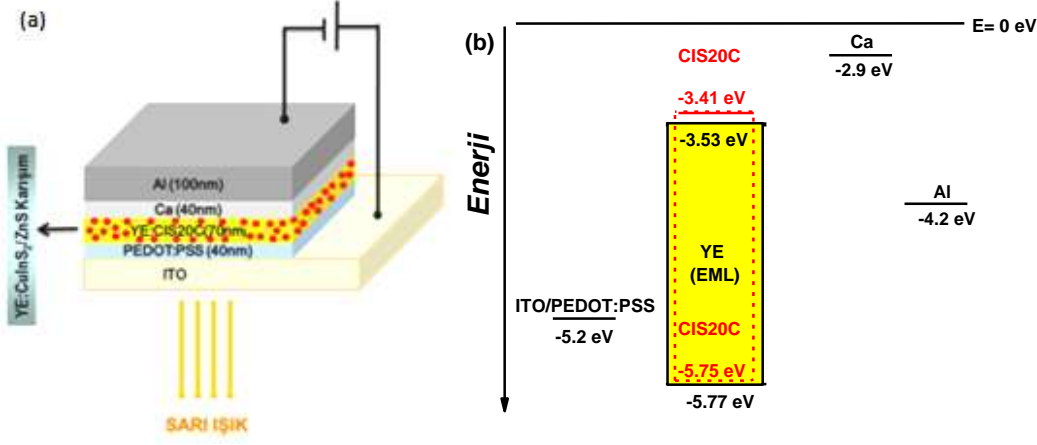


Şekil 3.17 Kütlece % 0, 0.2, 0.4, 0.8 ve 1.5 oranlarında CIS20C QD ile katkılandırılmış ve 2000 rpm dönü kaplama hızıyla kaplanmış YE film fazındaki a) absorpsiyon ve b) PL spektrumları

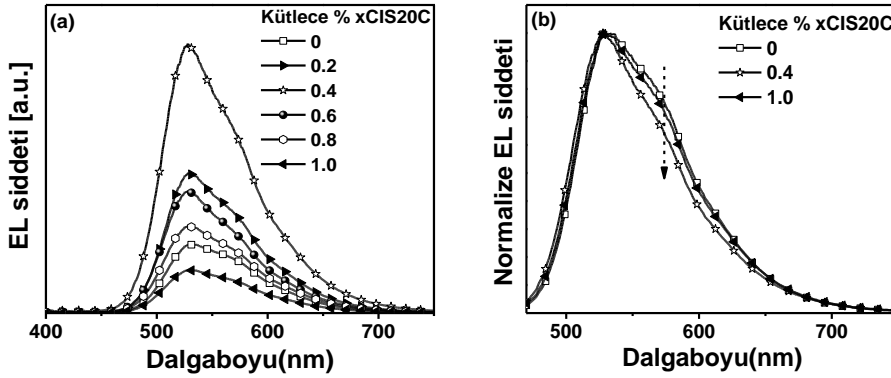
3.4.2.2 CuInS₂/ZnS katkılandırılan YE esaslı OLED üretimi

YE polimer esaslı OLED'in optimizasyonu sonucu en yüksek verime 2000 rpm'de ulaşılmıştır. Kütlece farklı oranlarda CIS20C içeren polimerlerden hibrit

OLED'ler üretilmiş ve cihaz performansına etkisi incelenmiştir. Cihaz yapısı ve kullanılan materyallerin enerji seviyeleri Şekil 3.18'de verilmektedir.



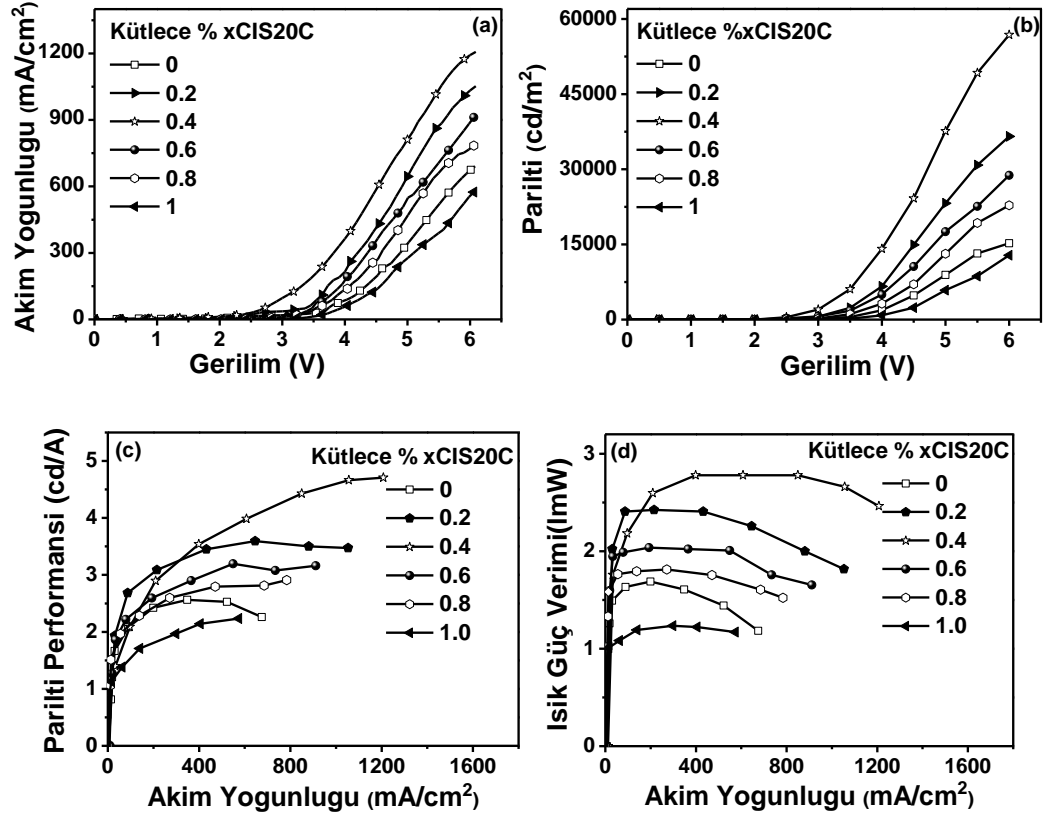
Şekil 3.18 Kullanılan cihaz yapısı ve cihaz yapısında kullanılan materyallerin enerji seviyeleri.



Şekil 3.19 Kütlece farklı oranlarda CuInS₂/ZnSQD katkılandırılması ile elde edilen a) EL ve b) normalize edilmiş spektrumları.

YE polimerin kütlece %0.2, 0.4, 0.6, 0.8 ve 1.0 oranlarında CIS20C'nin eklenmesiyle oluşturulan OLED cihazların performansları incelenmiştir. Şekil 3.19'da verilen EL spektrumlarına göre, katkısız polimerin 530 nm'deki EL piki polimerin kütlece % 0.4 oranında katkılandırılmasıyla 527 nm'e kaymaktadır.

Aynı zamanda a polimer:QD karışımında polimere ait olan 575 nm'deki pik şiddetinin düşmesiyle FWHM'da ~9 nm bir daralma olmuştur. Düşük oranlardaki katkılandırmanın polimerdeki agregatlaşmayı azalttığı, dolayısıyla sistem içi yük dengesinde iyileşme sağladığı düşünülmektedir. EL şiddetindeki artışlar da bunu desteklemektedir.



Şekil 3.20 Kütlece % 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 ve 1.0 CuInS₂/ZnSQD ile katkılandırılmış YE temelli OLED'lerin a) akım yoğunluğu-gerilim, b) parliti-gerilim, c) parliti performansı-akım yoğunluğu, d) ışık güç verimi-akım yoğunluğu karakteristikleri.

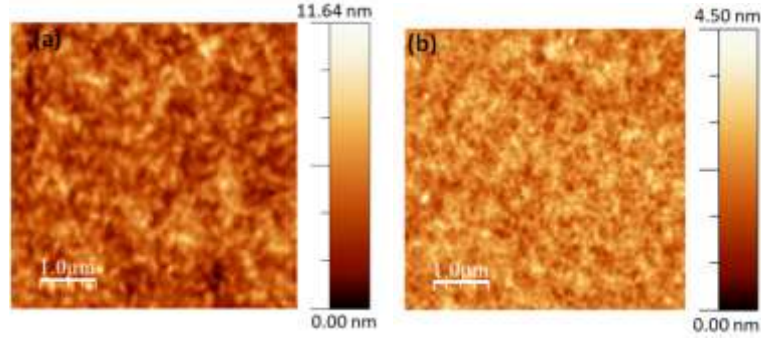
Şekil 3.20'de verilen grafikler, ITO/PEDOT:PSS/YE:CIS20C/Ca/Al cihaz yapısındaki OLED'lere ait a)akım yoğunluğu-gerilim, b) parliti-gerilim, c) parliti performansı-akım yoğunluğu,d) ışık güç verimi-akım yoğunluğugrafikleri verilmektedir. Çizelge3.7'de performans değerleri verilmektedir. Kütlece % 0.4 CIS20C ile katkılı YE polimere ait cihazın katkısız polimere göre, L_{max} değeri 6 V gerilim altında 15247 cd/m²'den 56833 cd/m²'ye çıkarak ~4 katlık bir verim artışı

göstermiştir. Kütlece % 0.2 katkılı polimerde bile cd/A ve lm/W değerlerinde verim artışı gösterirken, kütlece % 0.4 katkılı polimerde 6 V gerilimde en yüksek parlıltı performansına (4.7 cd/A) ulaşmıştır.

Çizelge 3.7 OLED'in 1000 cd/m² ve 6 V gerilimdeki performans değerleri.

	Kütlece % CIS20C	Çalışma Gerilimi [V]	Akım yoğunluğu (mA/cm ²)	Parıltı (cd/m ²)	Parıltı performansı (cd/A)	Işık güç verimi (lm/W)	FWHM (nm)
1000 cd/m²	0	3.7	36	-	1.7	1.5	87
	0.2	2.5	43	-	2.1	2.1	80
	0.4	2.0	53	-	1.6	1.8	79
	0.6	2.0	20	-	1.3	1.6	82
	0.8	2.0	39	-	1.8	1.7	84
	1.0	3.0	62	-	1.4	1.1	85
6 Volt	0	-	675	15247	2.3	1.2	93
	0.2	-	1053	36556	3.5	1.7	87
	0.4	-	1208	56834	4.7	2.3	84
	0.6	-	911	28800	3.2	1.5	83
	0.8	-	784	22801	2.9	1.5	90
	1.0	-	574	12834	2.2	1.1	90

Şekil 3.21'de verilen katkısız YE ve YE :%0.4CIS20C karışımının AFM görüntüleridir ve BE polimerinde olduğu gibi bu çalışmada da QD'nin polimer içindeki dağılımını net olarak görememekteyiz. Ancak, kütlece % 0.2CIS20C katkısı bile polimerin pürüzlülük değerinin yarı yarıya düşmesine neden olmaktadır. benzer şekilde kütlece % 0.4 CIS20C katkılı polimer ile en düşük pürüzlülük değerine ulaşılmıştır (Çizelge 3.8). Yüzey morfolojisinde önemli oranda iyileşme aynı zamanda OLED cihazlardaki performans artışını açıklamaktadır.



Şekil 3.21 Katkısız YE ve YE:%0.4CIS20C karışımına ait AFM görüntüleri.

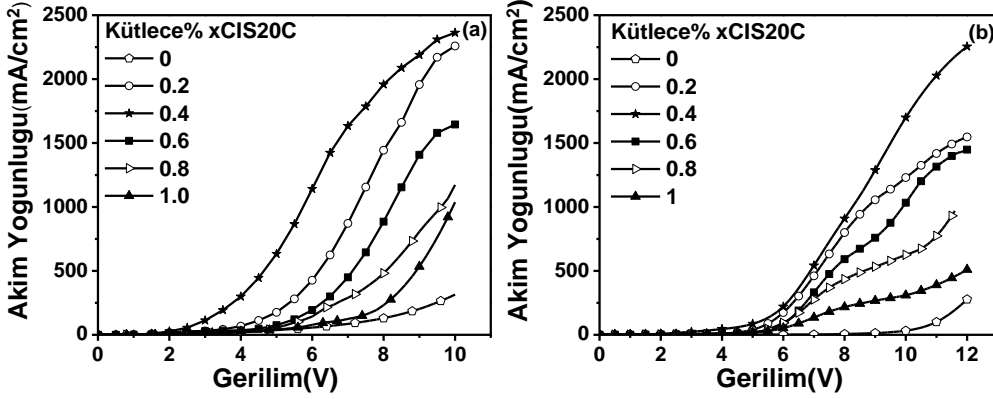
Çizelge3.8 Katkısız YE ve YE:%xCIS20C karışımına ait pürüzlülük değerleri.

Materyal	Pürüzlülük (nm)	Dönü Kaplama Hızı (rpm)
YE	1.8	2000
YE+ kütlece % xCIS20C		
0.2 CIS20C	0.59	
0.4 CIS20C	0.42	
0.6 CIS20C	0.71	
0.8 CIS20C	0.91	
1.0 CIS20C	1.08	

CuInS₂/ZnSQD katkılamasının polimer içi yük dengesine etkisini araştırmak için, katkısız ve kütlece % 0.4 CIS20C katkılı YE'nin sadece elektron hareketliliğine [Al/(40nm)/YE:%0.4CIS20C(70nm)/Ca(40nm)/Al(100nm)] ve sadece boşluk [ITO/PEDOT:PSS(40nm)YE:0.4wt%CIS20C(70nm)/Au(70nm)] hareketliliğine izin verecek şekilde cihaz yapıları tasarlanmıştır. Bu cihazlara ait akım yoğunlukları grafikleri Şekil 3.21'de gösterilmektedir. YE polimer içine CIS20C QD katkıland ırılmasıyla elektron akım yoğunluğunda katkısız polimere göre büyük oranda artış olmaktadır. Kalsiyumun (Ca), sistem içine iyi bir elektron enjeksiyonu sağlamasına ek olarak CIS20CQD katkıland ırması ile elektron hareketliliğinin iyileştiğini söyleyebiliriz. YE polimere kütlece %0.4

CIS20CQD eklenmesiyle boşluk hareketliliğinde de oldukça fazla iyileşme gözlemlendi.

CuInS₂/ZnSQD'nin polimer içine eklenmesiyle hem elektron hem de boşluk enjeksiyonu olarak davranır. Böylece, sistem içinde yük dengesinde iyileşmeyi sağlamıştır. Materyallerin enerji seviyelerine baktığımızda da kuantum noktacığın iletkenlik bandı ile polimerin LUMO enerji seviyesi arasındaki 0.12 eV'lik fark CIS20C QD'nin elektron enjeksiyonu için iyi bir enerji bariyeri oluşturduğunu göstermektedir. Aynı durum CIS20C QD'nin değerlik bandı ile YE polimerin HOMO'sunun arasında 0.02 eV gibi oldukça az bir enerji farkı olması nedeniyle boşluk enjeksiyonunun artmasını sağlamıştır.



Şekil 3.22 Katkısız ve farklı oranlarda CIS20C QD katkılı YE polimer esaslı a) sadece elektron ve b) sadece boşluk cihazlarının akım yoğunlukları spektrumu.

Farklı yoğunluklarda CuInS₂/ZnSQD katkılı YE polimer hibrit OLED cihazlar üretilmiştir. Polimere QD'nin kütlece %0.4 oranında eklenmesiyle parlilti değerinde yaklaşık 4 katlık bir artış gerçekleşmiştir. Akım yoğunluğu, ışık güç verimi ve parlilti performansında yaklaşık 2 katlık bir verim artışı olmuştur. QD sistem içinde hem elektron hem de boşluk yükünü dengelemiştir.

Literatürde, bizim çalışmamıza benzer şekilde düşük yoğunluktaki QD'ler polimer içine katkılı olarak ITO/PEDOT:PSS/(MEH-PPV+QDs)/Al şeklinde

cihaz yapısı elde edilmiştir. Bu hibrid OLED’te ELpolimerden elde edilirken QD’den elde edilememiştir. Hibrid OLED’te polimernoptik ve elektriksel özelliklerindeki iyileşmenin nedenini anlamak için QD’nin tuzak seviyesi ölçümü yapılmış. Polimer ve QD’nin birleşmesi sonucu nanoparçacığın kendi içindeki tuzaklarından kaynaklı yeni bir bozuk bir seviyesi oluşturduğu ve polimerde luminesans sönümlenmelerine neden olan tuzak merkezlerinin azalmasına katkı sağladığı sonucuna varılmıştır (C. Lee, Renaud, Hsu, and Nguyen, 2008).

4. SONUÇ

CuInS₂/ZnS (CIS20C) QD küttelece farklı oranlarda BE ve YE polimerlere entegre hibrit OLED'ler yapılarak optik ve elektriksel özellikleri karakterize edilmiştir. BE polimeri için küttelece % 0.6 ve YE polimeri için küttelece % 0.4 katımlarıyla önemli oranda verim artışı gerçekleşmiştir. CIS20C QD'nin BE ve YE polimerleri içinde homojen bir şekilde dağılması ile pürüzlülük değerinin azalması yüzey morfolojisinde iyileşme ve elektron-boşluk yük dengesi sağlayarak, verim artışına neden olmuştur.

Bu tez çalışmasında, sarı-yeşil ve mavi-yeşil emisyon veren polimerlere turuncu kırmızı emisyon veren CIS20C QD'nin eklenmesi ile beyaz ışığa gidilmesi hedeflenmişti. Ancak, CIS20C QD'den çözelti fazında elde ettiğimiz emisyon film fazına geçildiğinde gözlenemediği için beyaz ışığa gidilememiştir. CIS20C'yi doğrudan emisyon katmanı olarak EL alınamamış ve sadece polimerden EL alınmıştır. Bunun iki nedeni olabilir: *i*) CIS20C içinde bulunan tuzakların polimer ile birleşmesi sonucu yeni oluşan tuzak seviyesi polimerdeki tuzak yoğunluğunu azaltması ve *ii*) CIS20C sentezinde kullanılan, 14C'lu düz zincirden oluşan miristik asit ligand 1, enjekte edilen elektronları tuzaklayarak CIS20CQD'den elektrolüminesans elde edilemediği söylenebilir. Sentetik aşamalar bu karbon zincir uzunluğunu mümkün olduğunca kısaltmak için kurgulanabilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Alsalmi, M. S., Alam, J., Dass, L. A., and Raja, M.** (2011). Recent advances in conjugated polymers for light emitting devices. In *International journal of molecular sciences* (Vol. 12, pp. 2036–54). doi:10.3390/ijms12032036
- Baldo, M. A., O'Brien, D. F., You, Y., Shoustikov, A., Sibley, S., Thompson, M. E., and Forrest, S. R.** (1998). Highly efficient phosphorescent emission from organic electroluminescent devices. *Nature*, 395(September), (pp.2260–2345). doi:10.3390/ma3042260
- Bernius, M. T., Inbasekaran, M., O'Brien, J., and Wu, W.** (2000). Progress with Light-Emitting Polymers. *Advanced Materials*, 12(23), (pp.1737–1750). doi:10.1002/1521-4095(200012)12:23<1737::AID-ADMA1737>3.0.CO;2-N
- Bliznyuk, V., Carter, S., and Scott, J.** (1999). Electrical and photoinduced degradation of polyfluorene based films and light-emitting devices. *Macromolecules*, 32(0), (pp.361–369). Retrieved from <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ma9808979>
- Breu, F., Guggenbichler, S., and Wollmann, J.** (2008). *Organic Light-Emitting Materials and Devices Edited by Zhigang Li Hong Meng CRC is. Vasa* (pp. 1–692). Retrieved from <http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf>
- Brütting, W.** (2005). *Physics of Organic Semiconductors*. (Wolfgang Brütting, Ed.) (pp. 1–555). Weinheim, FRG: Wiley-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA. doi:10.1002/3527606637
- Campbell, I. H., and Crone, B. K.** (2008). Efficient, visible organic light-emitting diodes utilizing a single polymer layer doped with quantum dots. *Applied Physics Letters*, 92(4), 043303. doi:10.1063/1.2839407
- Committee, B. N., Committee, I. N., Oswietleniowy, K., Roman, C. N., Russian, D. I., National, S. A., and Committee, T. N.** (2006). THE CIE AND THE INTERNATIONAL LIGHTING News from the Divisions Division 1 - Vision and Colour. *New CIE Publications*, pp. 1–12.
- Consulting, B., Navigant Consulting, I., Radcliffe Advisors, I., and Consulting, S.** (2011). *July 2011 SSL Manufacturing Roadmap Page 1* (pp. 1–79).
- Diodes, L., Vohra, V., Giovanella, U., Tubino, R., Murata, H., and Botta, C.** (2011). Electroluminescence from Conjugated Polymer Electrospun Nano fibers in Solution Processable Organic, (7), 5572–5578.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- EFROS, Al. L. and EFROS, A. L.** (1982). Interband absorption of light in a semiconductor sphere. *SPIE milestone series*, 180, (pp. 71–74). Retrieved from <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=18785991>
- Eisfeld, A., and Briggs, J. S.** (2006). The J- and H-bands of organic dye aggregates. *Chemical Physics*, 324, (pp.376–384). doi:10.1016/j.chemphys.2005.11.015
- Ezhili, G., and Akshaya, V. S.** (2013). Flexible OLED on a Polyimide Substrate, 1(1).
- Farinola, G. M., and Ragni, R.** (2011). Electroluminescent materials for white organic light emitting diodes. *Chemical Society reviews*, 40(7), (pp. 3467–82). doi:10.1039/c0cs00204f
- Fenwick, O., Sprafke, J. K., Binas, J., Kondratuk, D. V, Di Stasio, F., Anderson, H. L., and Cacialli, F.** (2011). Linear and cyclic porphyrin hexamers as near-infrared emitters in organic light-emitting diodes. *Nano letters*, 11(6), 2451–6. doi:10.1021/nl2008778
- Friend, R. H., Gymer, R. W., Holmes, A. B., Burroughes, J. H., Marks, R. N., Taliani, C., ... Bre, J. L.** (1999). Electroluminescence in conjugated polymers, pp. 121–128.
- Fukuda, T., Asaki, H., Asano, T., Takagi, K., Honda, Z., Kamata, N., ... Yamagata, Y.** (2011). Surface morphology of fluorene thin film fabricated by electrospray deposition technique using two organic solvents: Application for organic light-emitting diodes. *Thin Solid Films*, 520(1), pp. 600–605. doi:10.1016/j.tsf.2011.07.048
- G.K. Pal, and Pal, G. K.** (2001). No Title. In *Textbook of Practical Physiology* (p. 530).
- Gather, M. C., Köhnen, A., and Meerholz, K.** (2011). White organic light-emitting diodes. *Advanced materials (Deerfield Beach, Fla.)*, 23(2), pp. 233–48. doi:10.1002/adma.201002636
- Georgiadou, D. G., Palilis, L. C., Vasilopoulou, M., Pistolis, G., Dimotikali, D., and Argitis, P.** (2011). Incorporating triphenyl sulfonium salts in polyfluorene PLEDs: an all-organic approach to improved charge injection. *Journal of Materials Chemistry*, 21(25), 9296. doi:10.1039/c0jm04567e
- Greenler, R., and Lynch, D. K.** (2011). Light and Color in Nature: A Return to Optics' Roots. *Optics and Photonics News*, 22(9), 30. doi:10.1364/OPN.22.9.000030

http://en.wikipedia.org/wiki/File:EM_spectrum.svg.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- J. U. Wallace · S. H. Chen.** (2008). Fluorene-Based Conjugated Oligomers for Organic Photonics and Electronics. *Adv. Polym. Sci.*, (June), 1–42.
- Kalinowski, J.** (2005). *Organic Light-Emitting Diodes* (pp. 1–473).
- Kang, B., Kang, H., Kang, N., Lee, C., Lee, K., and Lee, J.** (2013). Polymer Chemistry Thermally cross-linkable hole transporting polymer synthesized by living anionic polymerization for effective electron blocking and reduction of exciton quenching in multilayer polymer light emitting diodes †. *Polym. Chem.*, 4, 969–977. doi:10.1039/c2py20721d
- Kim, Y., and Bradley, D. D. C.** (2005) Bright red emission from single layer polymer light-emitting devices based on blends of regioregular P3HT and F8BT. *Current Applied Physics*, 5(3), 222–226. doi:10.1016/j.cap.2003.11.090
- Kuçur, E., Bücking, W., Giernoth, R., and Nann, T.** (2005). Determination of defect states in semiconductor nanocrystals by cyclic voltammetry. *The journal of physical chemistry. B*, 109(43), 20355–60. doi:10.1021/jp053891b
- Kwak, J., Bae, W. K., Zorn, M., Woo, H., Yoon, H., Lim, J., ... Lee, C.** (2009). Characterization of Quantum Dot/Conducting Polymer Hybrid Films and Their Application to Light-Emitting Diodes. *Advanced Materials*, 21(48), 5022–5026. doi:10.1002/adma.200902072
- Lee, C., Renaud, C., Hsu, C., and Nguyen, T.** (2008). MEH-PPV / CdSe (ZnS) nanocomposite-based organic light-emitting diodes. *Nanotechnology*, 19, 455202–455209. doi:10.1088/0957-4484/19/45/455202
- Lee, C.-W., Renaud, C., Hsu, C.-S., and Nguyen, T.-P.** (2008). Traps and performance of MEH-PPV/CdSe(ZnS) nanocomposite-based organic light-emitting diodes. *Nanotechnology*, 19(45), p. 455202. doi:10.1088/0957-4484/19/45/455202
- Lee, JI, Klaerner, G., and Miller, R.** (1999). Oxidative stability and its effect on the photoluminescence of poly (fluorene) derivatives: end group effects. *Chemistry of materials*, 11(13), pp. 1083–1088. Retrieved from <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/cm981049v>
- Lee, Jonghee, Cho, H.-J., Jung, B.-J., Cho, N. S., and Shim, H.-K.** (2004). Stabilized Blue Luminescent Polyfluorenes: Introducing Polyhedral Oligomeric Silsesquioxane. *Macromolecules*, 37(23), pp. 8523–8529. doi:10.1021/ma0497759

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Letian Dou, You, J., Hong, Z., Xu, Z., Li, G., Street, R. A., and Yang, and Y.** (2013). 25th Anniversary Article: A Decade of Organic/Polymeric Photovoltaic Research. *Advanced materials (Deerfield Beach, Fla.)*, 1–30. doi:10.1002/adma.201302563
- Li, Y. Q., Rizzo, a., Cingolani, R., and Gigli, G.** (2006). Bright White-Light-Emitting Device from Ternary Nanocrystal Composites. *Advanced Materials*, 18(19), pp. 2545–2548. doi:10.1002/adma.200600181
- Li, Y., Zhang, D.-Q., Duan, L., Zhang, R., Wang, L.-D., and Qiu, Y.** (2007). Elucidation of the electron injection mechanism of evaporated cesium carbonate cathode interlayer for organic light-emitting diodes. *Applied Physics Letters*, 90(1), 012119. doi:10.1063/1.2429920
- List, E.J.W. Guentner, R. Scand ucci de Freitas, P. Scherf, U.** (2002). The Effect of Keto Defect Sites on the Emission Properties of Polyfluorene-Type Materials. *Advanced Materials*, 14(5), p. 374. doi:10.1002/1521-4095(20020304)14:5<374::AID-ADMA374>3.0.CO;2-U
- M. KASHA, H. R. R. and M. A. E.-B.** (2 000). *THE EXCITON MODEL IN MOLECULAR* (pp. 371–392).
- Masahiko Fukuda, K. S. and K. Y.** (1989). Fusible Conducting Poly (9-alkylfluorene) and Poly (9 , 9-dialkylfluorene) and Their Characteristics. *Japanese Journal of Applied Physics*, 28, 1433–1435.
- Mather, P. T., Jeon, H. G., Mlbp, A., Street, P., Patterson, W., Force, A., ... Lichtenhan, J. D.** (1999). Mechanical Relaxation and Microstructure of Poly (norbornyl-POSS) Copolymers. *Macromolecules*, 32(4), 1194–1203.
- Millennium Technology Prize to lighting sector for the development of LED light sources.** (2006). *Helsinki university of technology lighting laboratory*, p. 4982.
- Minolta, K.** (2011). WORLD ' S EFFICIENT COMMERCIAL.
- Murata, K., Cinà, S., and Greenham, N. C.** (2001). Barriers to electron extraction in polymer light-emitting diodes. *Applied Physics Letters*, 79(8), p. 1193. doi:10.1063/1.1396627
- Navigant Consulting, I.** (2006). Solid-State Lighting Development Portfolio Solid-State Lighting Research and . *Multi-Year Program Plan FY'07-FY'12*, (March).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Nguyen, T.-P.** (2011). Polymer-based nanocomposites for organic optoelectronic devices. A review. *Surface and Coatings Technology*, 206(4), pp.742–752. doi:10.1016/j.surfcoat.2011.07.010
- OECD/IEA.** (2006). *LIGHT ' S LABOUR ' S LOST LIGHT ' S LABOUR ' S LOST* (pp. 1–561). Paris.
- Palilis, L. C., Vasilopoulou, M., Georgiadou, D. G., and Argitis, P.** (2010). A water soluble inorganic molecular oxide as a novel efficient electron injection layer for hybrid light-emitting diodes (HyLEDs). *Organic Electronics*, 11(5), pp. 887–894. doi:10.1016/j.orgel.2010.02.004
- Patent Insight Pro.** (2010). *Technology Insight Report* (pp. 1–13).
- Perepichka, I. F., Perepichka, D. F., Meng, H., and Wudl, F.** (2005). Light-Emitting Polythiophenes. *Advanced Materials*, 17(19), pp. 2281–2305. doi:10.1002/adma.200500461
- Pierre Buser, M. I.** (1992). No Title. In *VISION* (p. 543).
- Pope, M., Kallmann, H. P., and Magnante, P.** (1963). Electroluminescence in Organic Crystals. *The Journal of Chemical Physics*, 38(8), p. 2042. doi:10.1063/1.1733929
- Rachford, A. a, and Castellano, F. N.** (2009). Thermochromic absorption and photoluminescence in [Pt(ppy)(μ -Ph₂pz)]₂. *Inorganic chemistry*, 48(23), pp. 10865–10867. doi:10.1021/ic901156z
- Rodrigues, P. C., Berlim, L. S., Azevedo, D., Saavedra, N. C., Prasad, P. N., Schreiner, W. H., ... Akcelrud, L.** (2012). Electronic structure and optical properties of an alternated fluorene-benzothiadiazole copolymer: interplay between experimental and theoretical data. *The journal of physical chemistry. A*, 116(14), pp. 3681–90. doi:10.1021/jp211042v
- Saygili, G., Ozsoy, C., Oner, I., Zafer, C., Varlikli, C., and Icli, S.** (2011). Enhanced electroluminescence from MEH-PPV-POSS:CuInS₂ nanocomposite based organic light emitting diode. *Synthetic Metals*, 161(1-2), pp. 196–202. doi:10.1016/j.synthmet.2010.11.026
- SCENIHR.** (2012). *Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks SCENIHR Health Effects of Artificial Light* (pp. 1–118). doi:10.2772/8624
- Shiang, W. R., Roof, R., and Bernius, M. T.** (2001). FLUORENE-CONTAINING POLYMERS AND COMPOUNDS USEFUL IN THE PREPARATION THEREOF.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Siddiqui, S., and Spano, F. C.** (1999). H- and J-aggregates of conjugated polymers and oligomers A theoretical investigation. *Chemical Physics Letters*, 308(July), pp. 99–105.
- Sliney, D. H., Wangemann, R. T., Franks, J. K., and Wolbarsht, M. L.** (1976). Visual sensitivity of the eye to infrared laser radiation. *Journal of the Optical Society of America*, 66(4), p. 339. doi:10.1364/JOSA.66.000339
- Smalley, R. E.** (2005). Future Global Energy Prosperity: The Terawatt Challenge. *Material Matters*, 30, 412–417.
- Sonar, P., Williams, E. L., Singh, S. P., and Dodabalapur, A.** (2011). Thiophene–benzothiadiazole–thiophene (D–A–D) based polymers: effect of donor/acceptor moieties adjacent to D–A–D segment on photophysical and photovoltaic properties. *Journal of Materials Chemistry*, 21(28), p.10532. doi:10.1039/c1jm10649j
- Spano, F. C., and Introduction, I.** (2010). The Spectral Signatures of Frenkel Polarons in. *ACCOUNTS OF CHEMICAL RESEARCH*, 43(3), pp. 429–439.
- Swaraj, S., Wang, C., Yan, H., Watts, B., Lüning, J., McNeill, C. R., and Ade, H.** (2010). Nanomorphology of bulk heterojunction photovoltaic thin films probed with resonant soft X-ray scattering. *Nano letters*, 10(8), pp. 2863–2869. doi:10.1021/nl1009266
- Tang, C. W., and VanSlyke, S. a.** (1987). Organic electroluminescent diodes. *Applied Physics Letters*, 51(12), p. 913. doi:10.1063/1.98799
- The Commission Internationale de l'Éclairage (CIE).** (2002). *Lighting of Indoor Work Places. Pal, G. K.; Pal, Pravati (2001). "chapter 52". Textbook of Practical Physiology (1st ed.). Chennai: Orient Blackswan. p. 387. ISBN 978-81-250-2021-9. Buser, Pierre A.;Imbert, Michel (1992). Vision. MIT Press. p. 50. ISBN 978-0-262-02336-8. Retrieved 11 Oct (Vol. 2002, pp. 1–19).*
- Thejo Kalyani, N., and Dhoble, S. J.** (2012). Organic light emitting diodes: Energy saving lighting technology—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 2696–2723. doi:10.1016/j.rser.2012.02.021
- Tuan, N. H., Koh, K. H., Nga, P. T., and Lee, S.** (2011). Effect of cathodes on high efficiency inorganic–organic hybrid LEDs based on CdSe/ZnS quantum dots. *Journal of Crystal Growth*, 326(1), pp. 109–112. doi:10.1016/j.jcrysgro.2011.01.063

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Waddon, A. J., and Coughlin, E. B.** (2003). Crystal Structure of Polyhedral Oligomeric Silsesquioxane (POSS) Nano-materials: A Study by X-ray Diffraction and Electron Microscopy. *Chemistry of Materials*, 15(18), 4555–4561.
- Wood, V., and Bulović, V.** (2010). Colloidal quantum dot light-emitting devices. *Nano reviews*, 1, 1–7. doi:10.3402/nano.v1i0.5202
- Xiao, S., Nguyen, M., Gong, X., Cao, Y., Wu, H., Moses, D., and Heeger, a. J.** (2003). Stabilization of Semiconducting Polymers with Silsesquioxane. *Advanced Functional Materials*, 13(1), pp. 25–29. doi:10.1002/adfm.200390000
- Y. Wang and N. Herron.** (1991). Nanometer-sized semiconductor clusters—materials synthesis, quantum size effects, and photophysical properties. *Effects, Quantum Size Properties, Photophysical*, 95(7625), pp. 525–532.
- Yang, C.-H., Bhongale, C. J., Chou, C.-H., Yang, S.-H., Lo, C.-N., Chen, T.-M., and Hsu, C.-S.** (2007). Synthesis and light emitting properties of sulfide-containing polyfluorenes and their nanocomposites with CdSe nanocrystals: A simple process to suppress keto-defect. *Polymer*, 48(1), pp. 116–128. doi:10.1016/j.polymer.2006.11.012
- Zhang, Q.** (2010). Polymer Light-emitting Diodes Based on End-capped Poly [9 , 9-di- (2'-ethylhexyl) fluorenyl-2,7-diyl]. *chinese journal of chemistry*, 28, pp. 1482–1486.
- Zhao, X.** (2005). Synthesis, characterization and structure dependence of thermochromism of polythiophene derivatives. *Journal of Materials Science*, 40(13), pp. 3423–3428. doi:10.1007/s10853-005-2849-z
- Zhu, D., Ye, H., Zhen, H., and Liu, X.** (2008). Improved performance in green light-emitting diodes made with CdSe-conjugated polymer composite. *Synthetic Metals*, 158(21-24), pp. 879–882. doi:10.1016/j.synthmet.2008.06.008
- Zorn, M., Bae, W. K., Kwak, J., Lee, H., Lee, C., and Zentel, Rudolf and Char, K.** (2009). Quantum Dot Block Copolymer Hybrids with Improved Properties and Their Application to Quantum Dot. *American Chemical Society (ACS) Nano*, 3(5), pp.1063–1068.

ÖZGEÇMİŞ



İLETİŞİM BİLGİLERİ :

Adı ve Soyadı : Nuriye DEMİR
Adres : 249/2 Sk. Seçkinler Sit. Begonya Apt. K:3
D:11Bornova/İZMİR
E-posta ve Telefon : nuriyetaslan@gmail.com/ 0 554 877 29 42

KİŞİSEL BİLGİLER :

Doğum Yeri ve Tarihi : EDİRNE - 10/08/1981
Medeni Durum : Evli
Ehliyet : B sınıfı

EĞİTİM :

2012-2014 Yükek Lisans, “Sarı ve Mavi Işıma Yapan Konjuge Polimer-CuInS₂ Kuantum Parçacığı Hibritlerinde Foto-fiziksel Davranışların Tespiti ve Organik Işık Yayan Diyotlarda (OLED) Uygulamaları” Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü,İZMİR

2011-2012 Pedagojik Formasyon, Ege Üniversitesi Eğitim Fakültesi, İZMİR

2004 - 2009 Lisans, “Polipropilenin Katı Hal Bozunma Kinetiği ve Termogravimetrik Analiz Yöntemleriyle İncelenmesi” Ege Üniversitesi Fen Fakültesi/Kimya Bölümü, İZMİR

1995 – 1999 Fen Bölümü, Edirne Süper Lisesi, EDİRNE

KONGRE VE SEMİNER SÖZLÜ SUNUMLARI:

- "Photophysical properties and QDLED applications of yellow emitting conjugated polymer:CuInS₂/ZnS QD nanoparticles"Nuriye Demir, İlker Öner, Canan Varlıklı, Cihan Özsoy, Ceylan Zafer, Advanced Materials, 16-19 Eylül 2013, Çeşme,Türkiye(Sözlü sunum)
- “ADS233YE:CuInS₂ Kuantum Nokta HibridPLED” Nuriye Demir, Canan Varlikli, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, 30 Haziran 2013, İzmir (Sözlü sunum)
- “Kuantum noktaların OLED uygulamaları: QDLED’lere genel bakış” Nuriye Demir, Canan Varlikli, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, 04 Mart 2013, İzmir (Sözlü sunum)

PROJE ve SERTİFİKALAR:

- 2013** 11DPT001 nolu ve “Enerji Verimliliğinde Organik Optoelektronik ve Fotovoltaik Teknolojiler” başlıklı proje,
Proje Yöneticisi: Prof. Dr. Sıddık İÇLİ
- 2013** Patent Veri Tabanlarında Araştırma-**EBİLTEM**
- 2009** ISO 17025 Laboratuvar Akreditasyon Stand ardı- **Kimyagerler Derneği**
- 2009** GMP(İyi Üretim Uygulamaları) – **Kimyagerler Derneği**
- 2007** İngilizce Dil Eğitimi Katılım Belgesi – **NILE School**
- 2003** ISO 14001 Kalite Sistem Danışmanlık- **Kocaeli ÇMO**

BİLGİSYAR PROGRAMLARI:

- S.A.P. (Reporting), Microsoft office uygulamaları, Origin Lab Programları

KULLANDIĞI LABORATUVAR CİHAZLARI:

- Hamamatsu marka entegre küre, Fotonik çok-kanallı dedektör
- Keithley 2400, Ocean Optics USB-4000 spektrofotometre
- MBRAUN 200B Glove Box-Termal evaporasyon cihazı
- Döngüsel Voltammetri
- Perkin Elmer Pyris 6 DSC ve TGA
- Edinburgh FLSP920P floresans spektrometre
- Perkin Elmer Lambda 950 UV/VIS/NIR spektrometre
- WS-400B-6npp/Lite dönü kaplama cihazı
- Ambiostrchnology XP1 profilometre
- Ambiostrchnology Q scope, atomik kuvvet mikroskopu (AFM)

EKLER

Ek 1. a) BE ve b) YE polimerlerinin DSC eğrileri

Ek 2. 5 mg/ml'de a)1500 b) 2000 c) 2500 rpm, 10 mg/ml'de d)1500 e) 2000 f) 2500 rpm ve 15 mg/ml'de g)1500 h) 2000 ı) 2500 rpm hızlarına ait BE polimerinin kalınlık ölçümleri.

Ek 3. 5 mg/ml'de a)1500 b) 2000 c) 2500 rpm, 10 mg/ml'de d)1500 e) 2000 f) 2500 rpm ve 15 mg/ml'de g)1500 h) 2000 ı) 2500 rpm hızlarına ait BE ince filmlerinin AFM görüntüleri.

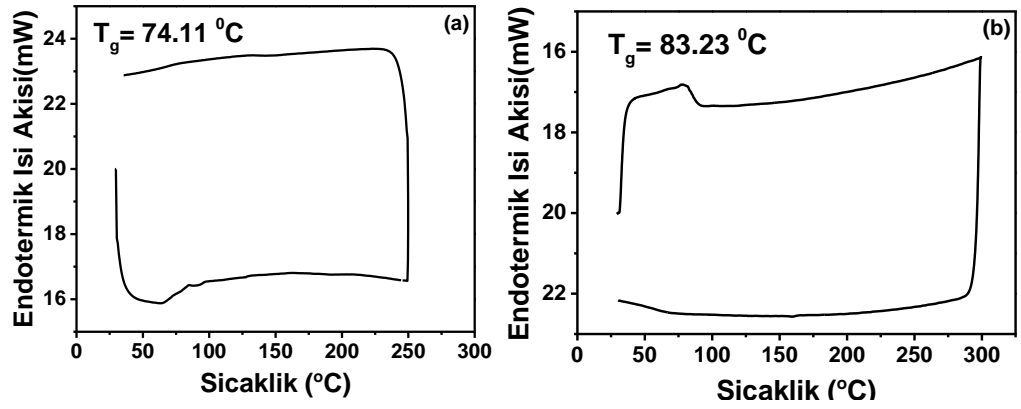
Ek 4. Kütlece % a) 0.2, b) 0.4, c) 0.6, d) 0.8, e) 1.0 ve f) 1.2 CIS20C katkılı BE ince filmlerinin AFM görüntüleri.

Ek 5. 5 mg/ml'de a)1500 b) 2000 c) 2500 rpm, 10 mg/ml'de d)1500 e) 2000 f) 2500 rpm ve 15 mg/ml'de g)1500 h) 2000 ı) 2500 rpm hızlarına ait YE polimerinin kalınlık ölçümleri.

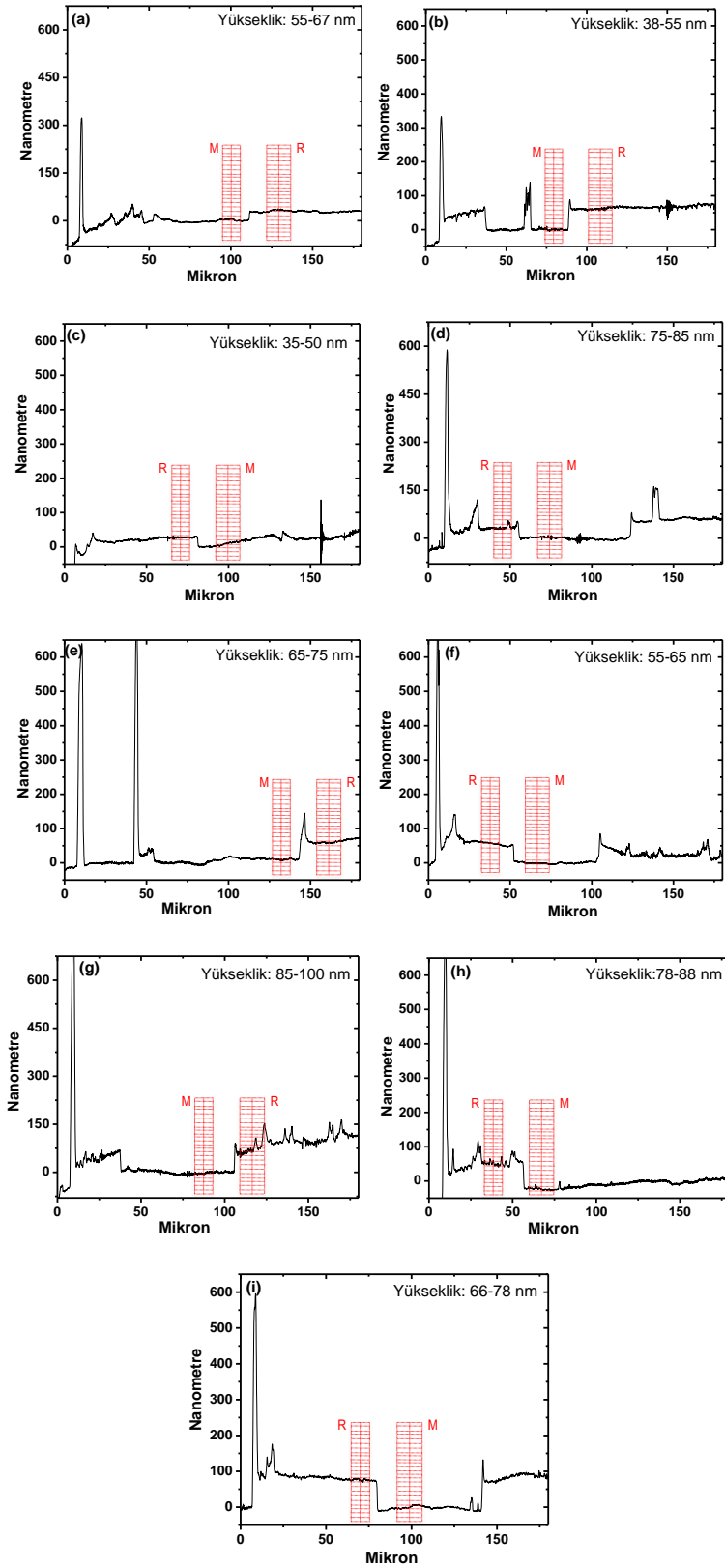
Ek 6. 5 mg/ml'de a)1500 b) 2000 c) 2500 rpm, 10 mg/ml'de d)1500 e) 2000 f) 2500 rpm ve 15 mg/ml'de g)1500 h) 2000 ı) 2500 rpm hızlarına ait YE ince filmlerinin AFM görüntüleri.

Ek 7. Kütlece % a) 0.2, b) 0.4, c) 0.6, d) 0.8 ve e) 1.0 CIS20C katkılı YE ince filmlerinin AFM görüntüleri.

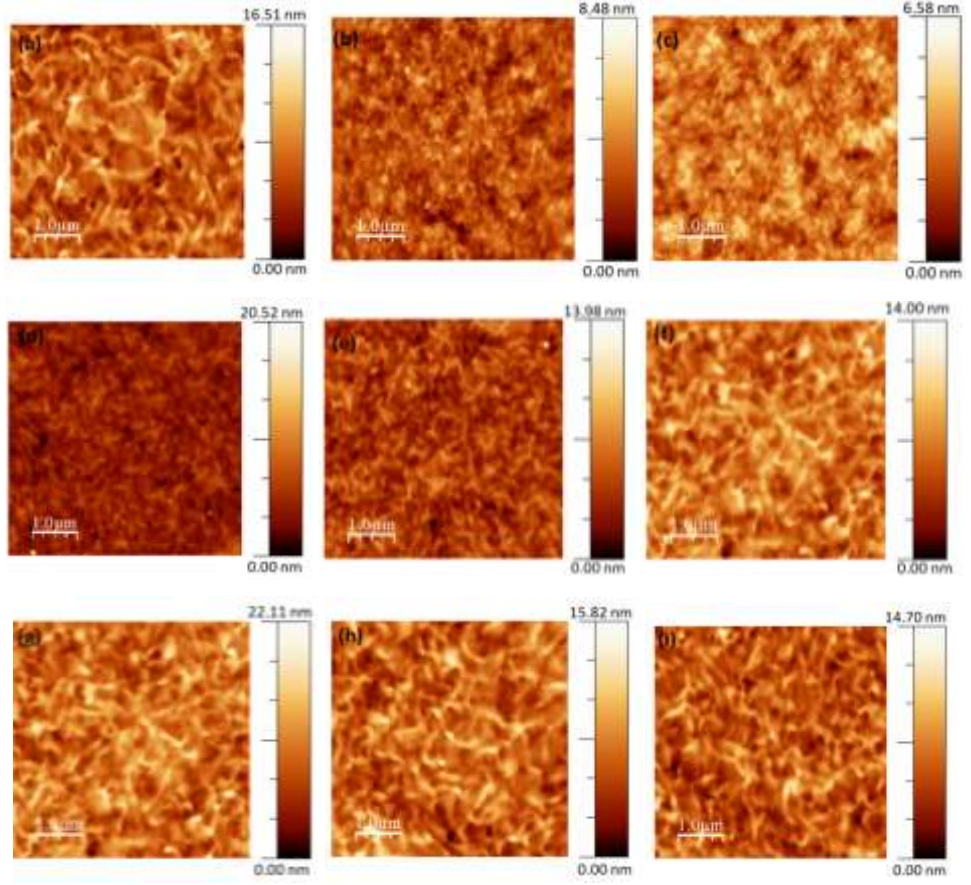
EKLER



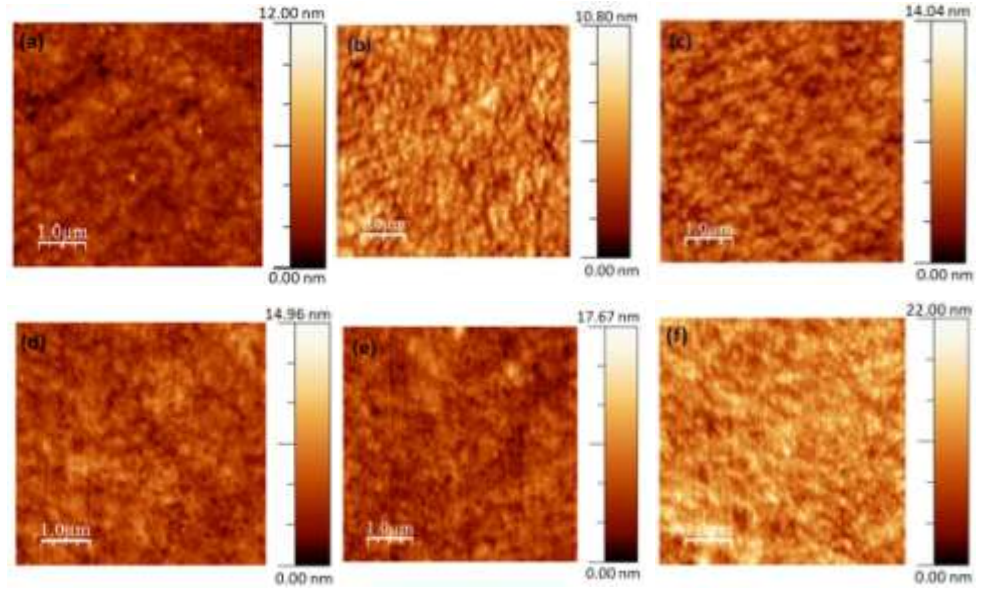
Ek 1. a) BE ve b) YE polimerlerinin DSC eğrileri.



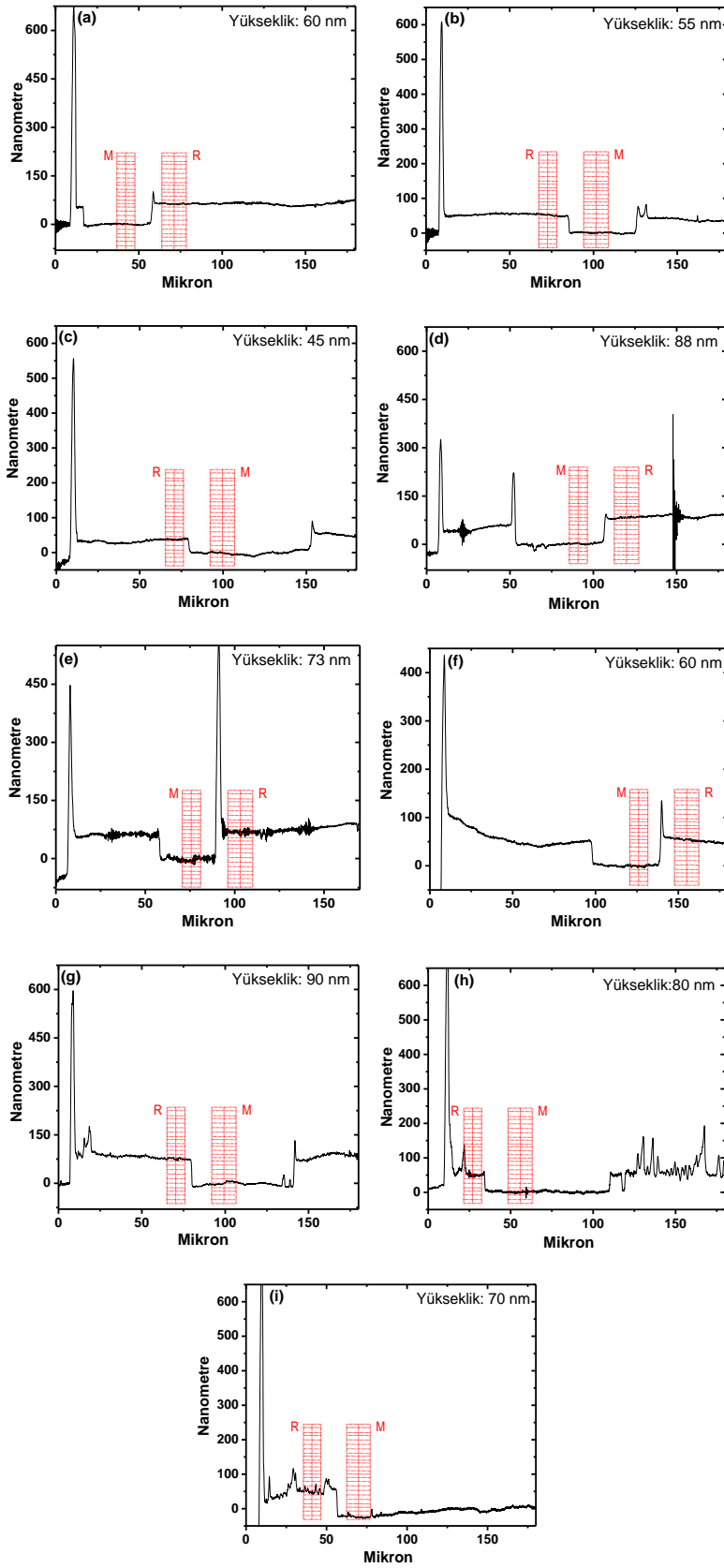
Ek 2. 5 mg/ml'de a)1500 b) 2000 c) 2500 rpm, 10 mg/ml'de d)1500 e) 2000 f) 2500 rpm ve 15 mg/ml'de g)1500 h) 2000 i) 2500 rpm hızlarına ait BE polimerinin kalınlık ölçümleri.



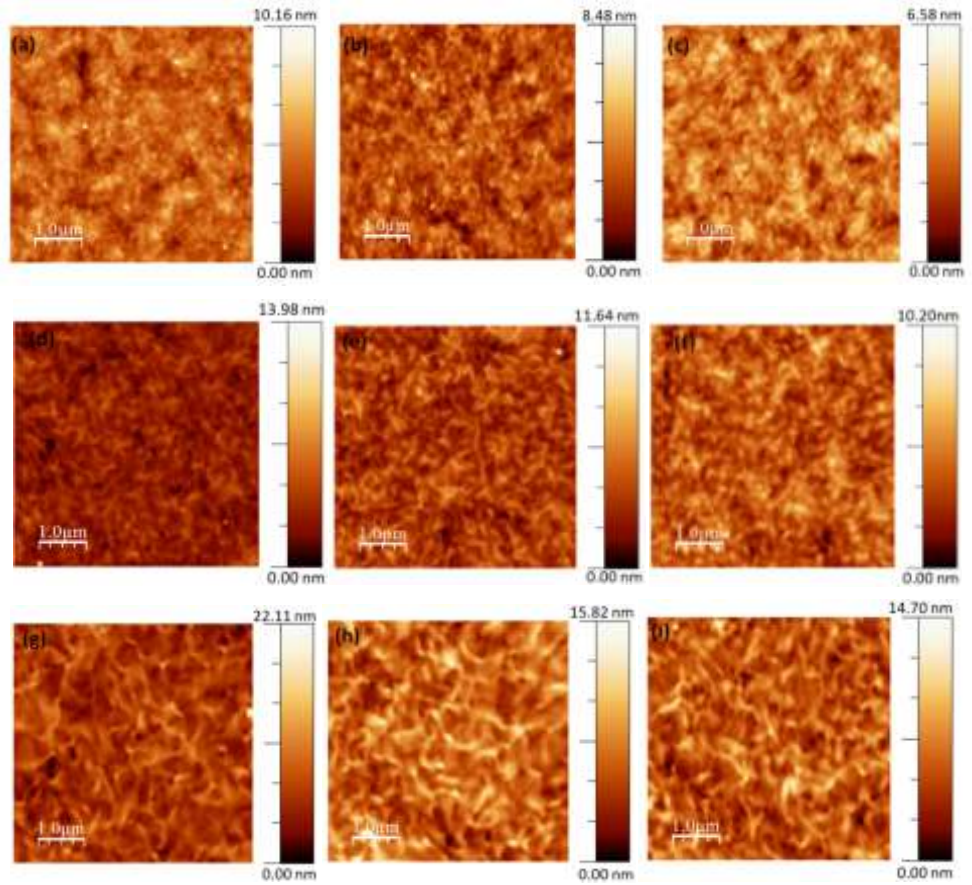
Ek 3. 5 mg/ml'de a)1500 b) 2000 c) 2500 rpm, 10 mg/ml'de d)1500 e) 2000 f) 2500 rpm ve 15 mg/ml'de g)1500 h) 2000 ı) 2500 rpm hızlarına ait BE ince filmlerinin AFM görüntüleri.



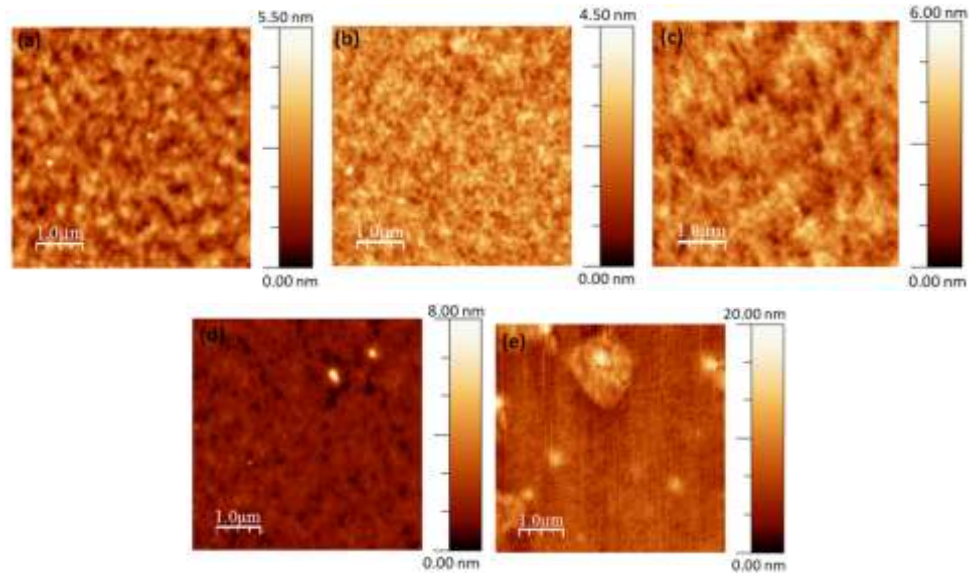
Ek 4. Kütlece % a) 0.2, b) 0.4, c) 0.6, d) 0.8, e) 1.0 ve f) 1.2 CIS20C katkıli BE ince filmlerinin AFM görüntüleri.



Ek 5.5 mg/ml'de a)1500 b) 2000 c) 2500 rpm, 10 mg/ml'de d)1500 e) 2000 f) 2500 rpm ve 15 mg/ml'de g)1500 h) 2000 i) 2500 rpm hızlarına ait YE polimerinin kalınlık ölçümleri.



Ek 6. 5 mg/ml'de a)1500 b) 2000 c) 2500 rpm, 10 mg/ml'de d)1500 e) 2000 f) 2500 rpm ve 15 mg/ml'de g)1500 h) 2000 ı) 2500 rpm hızlarına ait YE ince filmlerinin AFM görüntüleri.



Ek 7. Kütlece % (a) 0.2, (b) 0.4, (c) 0.6, (d) 0.8 ve (e) 1.0 CIS20C katkılı YE ince filmlerinin AFM görüntüleri.