

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

MAVİ IŞIK YAYAN POLİMER/QD TEMELLİ

QDLED VE HİBRİT OLEDLERİN

HAZIRLIĞI VE KARAKTERİZASYONU

Hakan BOZKURT

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Canan VARLIKLİ

Güneş Enerjisi Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi : 08.02.2018

Bornova-İZMİR

2018

Hakan BOZKURT tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan “**Mavi Işık Yayan Polimer/QD Temelli QDLED ve Hibrit OLEDlerin Hazırlığı Ve Karakterizasyonu**” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’ nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 08.02.2018 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

Jüri Başkanı

: Prof. Dr. Canan VARLIKLI

İmza



Raportör Üye

: Doç. Dr. Ceylan ZAFER



Üye

: Prof. Dr. Serdar ÖZÇELİK



EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi / ~~Doktora~~ Tezi olarak sunduğum “Mavi Işık Yayan Polimer/QD Temelli QDLED ve Hibrit OLEDlerin Hazırlığı ve Karakterizasyonu” 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.

08 / 02 / 2018

Hakan BOZKURT



ÖZET**MAVİ IŞIK YAYAN POLİMER/QD TEMELLİ QDLED VE HİBRİT
OLEDLERİN HAZIRLIĞI VE KARAKTERİZASYONU**

BOZKURT, Hakan

Yüksek Lisans Tezi, Güneş Enerjisi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Canan VARLIKLI

Şubat 2018, 46 sayfa

Bu tez kapsamında kuantum nokta (QD) ve polimer malzeme kompozitleri *i*) ışığa ve *ii*) boşluk aktarım (HT) katmanlarında kullanılmıştır. Kompozit yapı kullanımı ile inorganik ve organik yapıların avantajlarının birlikte kullanımı hedeflenmiştir.

Işığa katmanı kompozitinde, yeşil ışık yayan ZnCdSSe QD, POSS grubu ile sonlandırılmış fluorenil tabanlı bir mavi ışık yayan polimer (ADS231BE) birlikte kullanılmıştır. Normalize elektrolüminesans eğrileri, ışığın sadece ADS231BE'den sağlandığını ve QD' den ışığa elde edilemediğini göstermektedir. Mavi ışık verim değerleri düşmüş ancak aygıt kararlılığında artış tespit edilmiştir.

HT katmanı kompoziti, bir amin ile modifiye edilen grafen oksit (DOA-GO) ve poli(3,4-etilendioksitiyofen) polistren sülfonat (PEDOT:PSS) içermektedir. DOA-GO ve PEDOT:PSS polimeri bir arada uygulanarak, hem boşluk taşınım mekanizmasında iyileşme, hem de dalgaboyu dönüştürücü olarak kullanım hedeflenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Organik ışık yayan diyot (OLED), kuantum nokta (QD)

ABSTRACT**PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF BLUE LIGHT
EMITTING POLYMER/QD BASED QDLED AND HYBRID OLED**

BOZKURT, Hakan

MSc in Solar Energy

Supervisor: Prof. Dr. Canan VARLIKLI

February 2018, 46 pages

In this thesis, quantum dot (QD) and polymer material composites are used in *i*) emissive and *ii*) hole transport layers. It is intended to be used the advantages of the inorganic and organic structures together, with using composites structures.

Green light emitting ZnCdSSe QD, fluorenyl based blue light emitting polymer (ADS231BE) that ended with POSS group were used together, in the composite of emissive layer. Normalized electroluminescence curves show that the emission is only provided from ADS231BE and the emission can not be obtained from QD. Although blue light efficiency values have decreased, it is determined that device stability increased.

The HTL composite has contained, poly (3,4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate (PEDOT: PSS) and graphene oxide modified with an amine (DOA-GO). DOA-GO and PEDOT:PSS polymer are applied together, for both improvement at the hole transport mechanism and using as a wavelength converter are aimed.

Keywords: Organic light emitting diode (OLED), Quantum dot (QD)

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca, sadece tez çalışmamda değil, karşılaştığım her problemde yanımda bulduğum, hep desteğini hissettiğim, aklım karıştığında yol gösteren, moralim bozulduğunda düzelten, ilham veren ve beni bu günlere getiren sevgili hocam Prof. Dr. Canan VARLIKLI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Sayelerinde sadece bir çalışma ortamı değil, aynı zamanda bir aile ortamı bulduğum değerli arkadaşlarıma, hayata dair akıl hocalığı yapan ve bizi hep güldüren Ali Koray ERDİNÇ'e, lisanstan mezun olmak üzereyken tanıştığım halde neredeyse çocukluk arkadaşım gibi olan Fulya AYDIN'a, bize tutumlu olmayı öğreten ve dışarıdan sinirli gözükse de içinde melek barındıran Merve KIRAN HERGÜN'e, tecrübelerinden faydalandığım ve bana çok katkısı olan değerli kişiler İlker ÖNER'e, Saliha ÖNER'e, Deniz AYKUT'a, Halide DİKER'e, Görkem MEMİŞOĞLU'na ve Nuriye DEMİR'e, ekibe sonradan katılsalar da kısa sürede çok yol kat ettiğimiz Gamze Belkıs DURMAZ ÇAYCI'ya ve Erkan AKSOY'a, beraber laboratuvarında en çok mesai harcadığımız çalışma arkadaşım Fatih YEŞİL'e ve son olarak yardımlarından ve malzeme teminatından dolayı değerli arkadaşım Seçil SEVİM ÜNLÜTÜRK'e çok teşekkür ederim.

114M508 ve 113Z253 kodlu projelerde proje bursiyeri olarak sağladığı imkanlardan dolayı TÜBİTAK'a teşekkürlerimi iletirim.

Her zaman yanımda oldukları, desteklerini esirgemedikleri, bana olan sevgilerini hep hissettirdikleri için evlatları olmaktan gurur duyduğum canım aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Sıkılmadan beni dinleyen ve de bu süreçte yanımda olarak bana gerekli enerjiyi veren sevgili eşim Merve'ye teşekkür ederim.

Hakan BOZKURT

İZMİR,2018

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xviii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Işık, Aydınlatma ve Ekran Teknolojileri İlişkisi: Genel Bakış.....	1
1.2. LED, OLED ve QDLED Karşılaştırması	7
1.3. Polimer, QD ve GQD	13
1.4. QDLED yapım ve karakterizasyon literatür özeti	14
1.5. Tez Kapsamı ve Amacı.....	19
2. DENEYSEL BÖLÜM	20
2.1. Materyaller, Araç ve Teknikler.....	20
2.2. Aygıt Hazırlığı	21
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	24
3.1. Polimer:QD Kompozitinin ve QD' nin Işıma Katmanında Kullanımı (Aygıt 1-3).....	24

İÇİNDEKİLER(devam)Sayfa

3.1.1. Aygıt 1: ITO/Al4083/ADS231BE:xkt%QD/Cs ₂ CO ₃ -Al	24
3.1.2. Aygıt 2: ITO/Al4083/PVK/QD/ZnO/Al ve Aygıt 3: ITO/Al4083/ PVK/QD/Ca-Al.....	29
3.2. Polimer:QD Kompozitinin ve QD' nin HT Katmanında Kullanımı (Aygıt 4)...	29
3.2.1. Aygıt 4: ITO/Al4083:0.05kt% mGO(çözgen)/ADS231BE/ Cs ₂ CO ₃ -Al	29
3.2.1.1. ITO/Al4083: kt% x GO/ ADS231BE/ Cs ₂ CO ₃ /Al.....	30
3.2.1.2. ITO/Al4083:Çözgen/ADS231BE/Cs ₂ CO ₃ /Al ve ITO/Al4083:0.05 kt% mGO (çözgen)/ ADS231BE/ Cs ₂ CO ₃ /Al.....	33
4. ÖNERİLER.....	38
KAYNAK DİZİNİ.....	39
ÖZGEÇMİŞ	46
EKLER	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Güneş Spektrumu (5250 °C deki kara cisim ışıması baz alınarak çizilmiştir.).....	1
Şekil 1.2. Elektromanyetik Spektrum.....	2
Şekil 1.3. Ekran gelişimi ve öngörüler (OLED Activity and Technology Development, Furong Zhu, Institute of Materials Research and Engineering, Singapore, Symposium on Sustainability Driven Innovative Technologies, May 7-8, 2009, Hong Kong)	5
Şekil 1.4. LCD ekran teknolojisinde arka aydınlatmanın sağlanma kaynağına bağlı olarak NTSC standartlarına yaklaşma durumu (CCFL, floresan lamba; 1p-LED, mavi LED üzerinde tek fosfor; 2p-LED, mavi LED üzerinde çift fosfor; RGB, beyaz LED; QD6, referans makalede kullanılan QD türevi) (Luo ve ark., 2013)...	6
Şekil 1.5. OLED ve LCD ekranların NTSC standardını karşılama durumlarının karşılaştırılması (https://brunch.co.kr/@gungs/72).	7
Şekil 1.6. PN eklem bant diyagramı, (a) başlangıç hali, (b) denge hali	8
Şekil 1.7. pn eklemi, deplasyon bölgesi ve yapı içi potansiyeli.....	9
Şekil 1.8. İleri besleme altında bir pn eklemi, Is:Sızıntı akımı, IÇ:Çoğunluk yük taşıyıcı akımı, ID:Diyot akımı/Dış devre akımı.....	9
Şekil 1.9. Geri besleme altında bir pn eklemi	10
Şekil 1.10. OLED Çalışma Prensibi.....	10
Şekil 1.11. Tipik bir QDLED yan kesit görüntüsü.....	12

ŞEKİLLER DİZİNİ(devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.12. Kompozisyon ve çap değişimine göre çözgen içinde dağılmış olan QD lerden alınmış bir fotolüminesans görüntüsü (Shirasaki ve ark., 2013).....	13
Şekil 1.13. Külçe yapıdan, QD ye kadar kristal yapılar ve durum yoğunlukları (HOUGLAND, 2008)	14
Şekil 1.14. Külçe yapıdan, atom ve moleküle kadar enerji seviye değişimi yapılar Size matters: why nanomaterials are different, Emil Roduner Chem. Soc. Rev, 2006, 35, 583-592	14
Şekil 2.1. TOPO kaplı ZnCdSSe QD yapısının termogravimetrik analiz eğrisi....	21
Şekil 2.2. Hazırlanan aygıt mimarileri: Aktif katmanı a) BE : QD karışımı, b) QD, ET katmanı ZnO, c) QD, katodu Ca/Al, d) BE, HT katmanı PP:mGO karışımı.	22
Şekil 3.1. QD' nin film fazı absorpsiyonu ve QD ve ADS231BE' nin film fazı absorpsiyon ve fotolüminesansı	25
Şekil 3.2. ADS231BE üzerine kütlece QD eklenmesi ile fotolüminesanstaki değişim (çözelti fazı).....	25
Şekil 3.3. ADS231BE:kt%QD film fazı fotolüminesans ölçümleri.	26
Şekil 3.4. ITO/Al4083/ADS231BE:xkt%QD/Cs ₂ CO ₃ -Al aygıtına ait enerji diyagramı	26
Şekil 3.5. ADS231BE:kt%xQD filmlerinin AFM görüntüleri	27
Şekil 3.6. ITO/PEDOT-PSS/ ADS231BE : x kt% QD / Cs ₂ CO ₃ /Al aygıtına ait a) akım yoğunluğu-gerilim, b) parlıltı-gerilim, c) Normalize EL -dalgaboyu, d) parlıltı verimi- akım yoğunluğu, e) ışık güç verimi-akım yoğunluğu ve f) DKV-akım yoğunluğu eğrileri	28
Şekil 3.7. Hazırlanan aygıtların genel enerji diyagramı.	30

ŞEKİLLER DİZİNİ(devam)

Şekil

Sayfa

Şekil 3.8. ITO/PEDOT-PSS: x kt% GO/ ADS231BE/Cs₂CO₃/Al aygıtına ait a) akım yoğunluğu-gerilim, b) parıltı-gerilim, c) EL şiddeti -dalgaboyu, d) parıltı verimi- akım yoğunluğu, e) ışık güç verimi-akım yoğunluğu ve f) DKV-akım yoğunluğu eğrileri.....32

Şekil 3.9. ITO/PEDOT-PSS: x kt% GO/ ADS231BE/Cs₂CO₃/Au yapısındaki, sadece boşluk taşınımına uygun aygıtta ait akım yoğunluğu-gerilim eğrisi.....33

Şekil 3.10. ITO/Al4083:Çözgen/ADS231BE/Cs₂CO₃/Al ve ITO/Al4083:0.05 kt% DOA-GO (Çözgen)/ADS231BE/Cs₂CO₃/Al aygıtlarının performans eğrileri a) Akım Yoğunluğu -, b) Parıltı - Gerilim, c) Işık Güç Verimi -, d) Parıltı Verimi-, e) Dış Kuantum Verimi - Akım Yoğunluğu, f) Normalize Elektrolüminesans - Dalgaboyu.....36

Şekil 3.11. ITO/Al4083:EG/ADS231BE/Cs₂CO₃/Al ve ITO/Al4083:0.05 kt% mGO(EG) /ADS231BE/Cs₂CO₃/Al aygıtlarının performans eğrileri a) Akım Yoğunluğu -, b) Parıltı - Gerilim, c) Işık Güç Verimi -, d) Parıltı Verimi-, e) Dış Kuantum Verimi - Akım Yoğunluğu, f) Normalize Elektrolüminesans - Dalgaboyu37

ÇİZELGELER DİZİNİÇizelgeSayfa

Çizelge 3.1. 7 Volt gerilim altında hibrit aygıtta ait karakteristik değerler.	29
Çizelge 3.2. ITO/PEDOT-PSS: x kt% GO/ ADS231BE/ Cs ₂ CO ₃ /Al aygıtına ait maksimum performans verileri	31
Çizelge 3.3. ITO/Al4083:0.05 kt% mGO(çözgen)/ADS231BE/Cs ₂ CO ₃ /Al aygıtlarının maksimum performans değerleri	34



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Birimler</u>	<u>Açıklama</u>
A	Amper
μm	Mikrometre
μL	Mikrolitre
cd	Kandela
cd/A	Parıltı Verimi (Kandela bölü Amper)
cd/ m ²	Parıltı (Kandela bölü Metrekare)
cm	Santimetre
cm ²	Santimetrekare
dk	Dakika
eV	Elektronvolt
kt%	Kütlece yüzde katkılama
K	Kelvin ölçeği cinsinden sıcaklık
lm	Lümen
lm/W	Işık güç verimi (Lümen bölü Watt)
m ²	Metrekare
mA	Miliamper
mA/cm ²	Akım yoğunluğu (Miliamper bölü Santimetrekare)
mg	Miligram
mg/mL	Derişim
mL	Mililitre
mm	Milimetre
mm ²	Milimetrekare
nm	Nanometre
°C	Celcius ölçeği cinsinden sıcaklık
RPM	Dakika başına dönüş sayısı
W	Watt

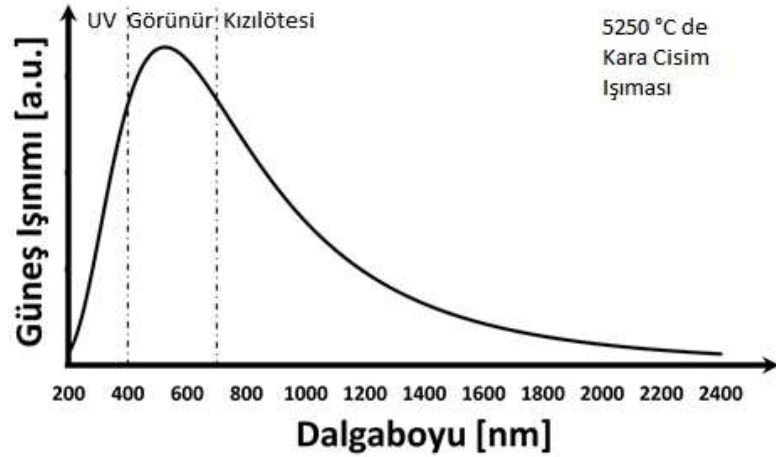
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ(devam)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
2EHA	2 Etilhekzilamin
ABS	Absorpsiyon
A14083	Kullanılan PEDOT:PSS polimeri ticari kodu
BE	ADS231BE Polihedral oligomerik silseskuioksan (POSS) grubu ile sonlandırılmış poli[9,9-di-(2-etilhekzil)-fluorenil-2,7-diil]
DKV	Dış Kuantum Verimi
DMF	Dimetilformamid
DOA	Dioktilamin
EG	Etilenglikol
EL	Elektrolüminesans
GO	Grafen Oksit
HCl	Hidroklorik Asit
HOMO	En Yüksek Dolu Molekül Orbitali
IPA	Izopropil Alkol
ITO	İndiyum katkılı kalay oksit
LUMO	En Düşük Boş Molekül Orbitali
mGO	Modifiye Grafen Oksit
n-PRPYL	n-Propilamin
OLED	Organik ışık yayan diyot
PEDOT:PSS	Poli(3,4-etilendiyoksitiyofen)-Poli(sitirensulfonat)
PL	Fotolüminesans
PRPOH	Propil alkol
PVK	Poli(9-vinilkarbazol)
QD	Kuantum Nokta
QDLED	Kuantum Nokta Işık Yayan Diyot
TOPO	Trioktilfosfinoksit

1. GİRİŞ

1.1. Işık, Aydınlatma ve Ekran Teknolojileri İlişkisi: Genel Bakış

Işık, evrendeki ve çevremizdeki nesnelere bilgi alabilmemizi ve iletebilmemizi sağlayan ana kaynaktır. Işık, eski zamanlardan beri tartışma konusu olmuştur. Yunanlılara göre, ışık, bir ışık kaynağından yayılan ve sonra da gözlemcinin gözüne çarpıp görüntü algısını oluşturan küçük parçacıklardan oluşuyordu. Newton bu tanecik teorisini, ışığın yansıma ve kırılma gibi özelliklerini açıklamak için kullandı. Fakat herkes ışığın tanecik olabileceği konusunda hemfikir değildi. Huygens, tanecik teorisinin aksine, ışığın bir dalga olduğunu kabul ederek onun pek çok özelliğini açıklayabildi. Maxwell tarafından geliştirilen elektromanyetik dalgaların ışık hızında ilerlemesi teorisi bunu pekiştirdi. Dalga kuramları birbirini destekleyedursun, 20. yüzyıl başlarında Planck, kara cisim ışınımını açıklayabilmek için tekrar tanecik modeline dönmüştü. Einstein, Planck'ın tanecik teorisini kullanarak fotoelektrik olayı açıklamıştı ve bu ışığın tanecik olduğunun güçlü bir kanıtı gibi olsa da bugün biliyoruz ki, ışık hem dalga hem de parçacık olarak kabul görmektedir (Serway, Beichner and Jewett, Jr, 2007).

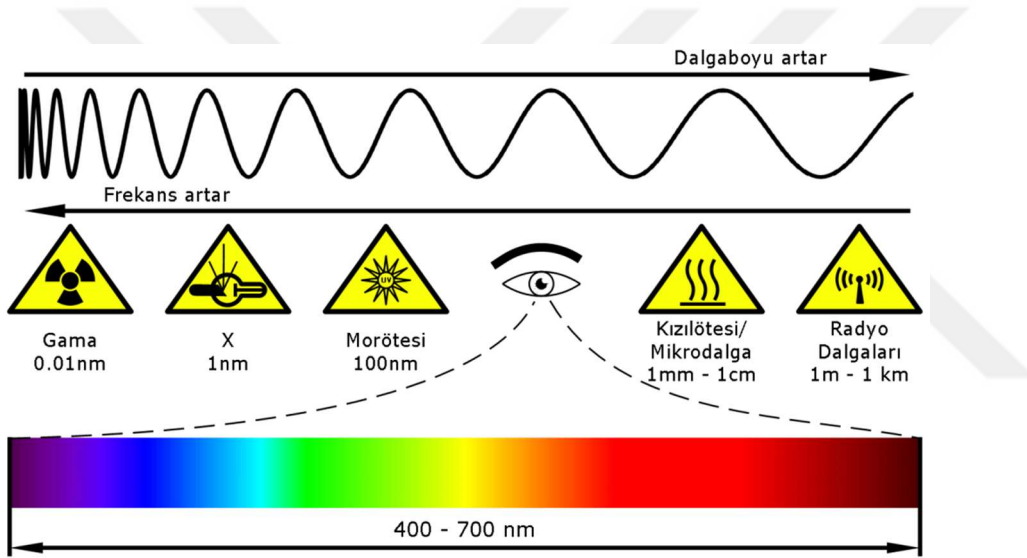


Şekil 1.1. Güneş Spektrumu (5250 °C deki kara cisim ışınımı baz alınarak çizilmiştir.)

Şüphesiz ki ışık deyince ilk akla gelen Güneş'tir. Işığın doğasını anlamak adına yapılan araştırmalardan biri olan kara cisim ışınımı, Güneş'in yaydığı ışığın onun sıcaklığı ile alakalı olduğunu göstermiştir. Ancak bizim için ışık algısı bu

spektrumun tamamını kapsamaz. İnsan gözünün algıladığı ve bizim ışık diye adlandırdığımız kısım Şekil 1.1. de görünür bölge olarak tanımlanmıştır.

Aydınlatma teknolojisi, bildiğimiz en büyük ışık kaynağı olan Güneş'in spektrumunu taklit edebilme esasına dayanır. Kara cismin ışımaya yapabilmesi sahip olduğu sıcaklığa bağlıdır. Her ne kadar ilk insanların bundan haberi olmasa da, insanlar tarafından kullanılan, bilinen ilk yapay ışık kaynağı ateştir. İnsanlık tarihi, ateşin icadından, Edison'un ampulüne kadar, kara cisim ışımalarını taklit etmiş ve aydınlatma ihtiyacını gidermiştir. Enkandesen lamba, alışıktığımız güneş spektrumunu taklit açısından başarılı olsa da, aldığı elektriksel gücün büyük bir kısmı ısı olarak kayba uğradığı için verimsizdir.



Şekil 1.2. Elektromanyetik Spektrum

Görünür ışık, aynı zamanda elektromanyetik bir radyasyondur. Bütün elektromanyetik spektrum düşünüldüğünde (Şekil 1.2), görünür bölge çok dar bir alana karşılık gelse de, ışığın bu spektruma ait olması, onun elektromanyetik olarak da elde edilebileceğinin bir göstergesidir. Bu gerçek, enkandesen lambalar kadar ısı kaybı olmayan ve bu nedenle de daha verimli çalışan kompakt floresan lambanın icadına dayanak olmuştur.

Yarıiletken teknolojisinin gelişimi ile ısınarak çalışan vakum tüplerinin yerini diyot ve transistör gibi yeni devre elemanları alır. Isıyan bir flamanıya sahip olan vakum tüpler de kara cisim ışımalarına uyar ve ışık yayar. Diyotun icadı her ne kadar

elektrik akımını tek yönde kontrol edebilmek için olsa da Nick Holonyak bir radyo diyotunun kırmızı ışık yaydığını fark eder ve bu durum LED teknolojisinin başlangıcı olur. (Patent Insight Pro, 2010) Ancak, LED'in aydınlatmada kullanılmasının önünü açan gelişme mavi LED'in icadıdır, bu nedenle Nobel Ödülü ve Milenyum Teknoloji Ödülü, mavi LED üzerine fosfor bir malzeme kaplayarak beyaz ışık elde edilen çalışmaya verilmiştir.

Ekran teknolojisi, bilginin ekrana taşınmasında önemli bir role sahiptir; ekranda yansıyan bir resim, ifade yoluyla verebilecek olandan daha fazla bilgiyi aktarabilmektedir. Bu anlamda, ekran teknolojisi bilgi paylaşımını basitleştirmektedir. Ekran teknolojilerinin tarihi, 1897'de Braun'un Katot-Işın-Tüp (CRT)'ünü keşfi ile başlar ve günümüzde düz panel ekran kalitesine kadar gelmiştir. Renk ve çözünürlük kalitesi yüksek olan CRT ekranlar, hacimsel büyüklükleri ve ağır oluşlarının yanı sıra yüksek güç tüketimi nedeniyle oldukça maliyetlidir. 1960ların sonunda keşfedilen Vakum Floresan Ekranların (VFD) enerji tüketimlerinin yüksek olması ve sadece önceden belirlenen kombinasyonları yansıtabilmeleri nedenleriyle kullanımları, hesap makineleri, dijital saatler ve oto teyp gibi alanlarla sınırlı kalmıştır. 2000'li yıllarda CRT ekranların yerini sırasıyla, Sıvı Kristal Ekranlar (LCD), Plazma Ekran Panelleri (PDP) ve Işık Yayan Diyot (LED) ekranlar almıştır. Bu teknolojilerden ilk ikisinin, dar görme açısı, rengin ayarlanabilirliği, parlaklık ve resim kayması gibi bazı kısıtları vardır. LED ekran olarak piyasada satışa sunulan ekranların ise, aslında LCD ekranları kullandığı ve sadece arka aydınlatmada kullanılan flüoresan lambaların yerini beyaz LEDlere bıraktığı bilinmektedir. Gerçekte, LEDlerin noktasal ışık kaynağı olmaları, sadece LEDlerden oluşturulan ekranların ancak reklam panosu vb. uygulamalarına imkân tanıyabilmektedir. Son dönemde QLED ekranlar olarak satışa sunulan ekranlarda ise, tıpkı LED ekranlarda olduğu gibi LEDler LCD panel için arka aydınlatma bileşeni olarak kullanılırken kuantum nokta (QD) lar dalga boyu dönüştürücü olarak hizmet vermektedir (Luo ve ark., 2013). Bir yarıiletken türü olan QDler, LCD ekranlarda renk kalitesini artırmak için fotoluminesans özellikleri ile kullanılmaktadırlar. Her ne kadar QDlerin doğrudan ekran bileşeni olarak kullanımları için elektrolüminesans özelliklerinin araştırıldığı bilimsel çalışmalar yapılıyor olsa da henüz bu alanda, büyük alan uygulama mümkün olmamıştır (Fernandez-Argüelles ve ark., 2007; Kim and Yang, 2014; Kwak ve ark., 2012; Lim

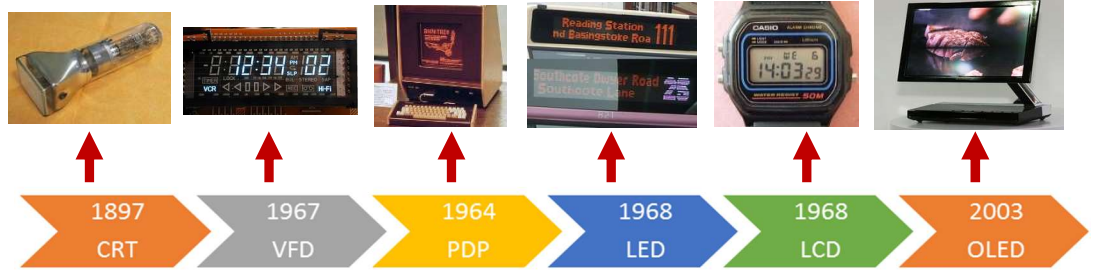
ve ark., 2013; Luo ve ark., 2013; Wood and Bulović, 2010; Yang ve ark., 2015). Dolayısıyla ticari bir QD ekran yoktur. Reklamları yapıyor olan QLED ekranlar, yukarıda da söylendiği gibi, QDlerin fotoluminesans özelliklerini kullanan ve arka aydınlatmayı LEDler sağlayan LCD ekranlardır.

Ekran teknolojisinin temel ihtiyaçları, iyi ışık kaynağı, parlaklık, renk çeşitliliği, yüksek çözünürlük, kontrast, görme açısı artırımı, daha ince ekran, düşük maliyet ve düşük güç tüketimi şeklinde sıralanabilir.

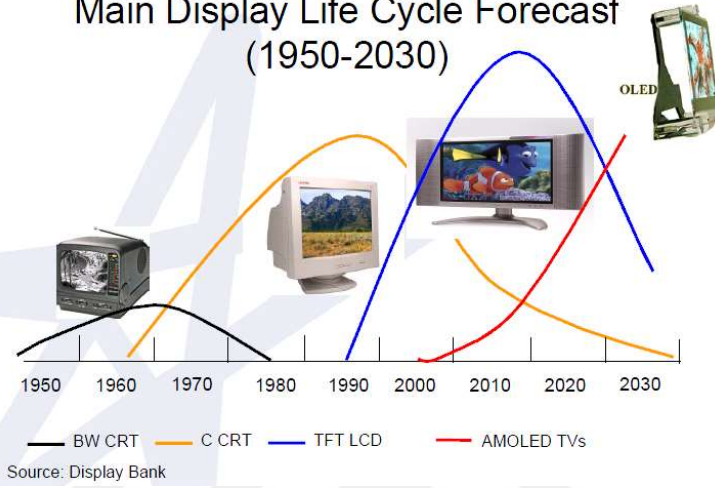
Yeni nesil ekran teknolojisi olarak tanımlanan Organik Işık Yayan Diyot (OLED) ekranlar bu ihtiyaçların tümüne yanıt verme potansiyeli sahiptir. OLED ekranlar, arka aydınlatmaya ihtiyaç duymamaları (OLED pikseli doğrudan ışık yayar), organik yarıiletkenin doğasına bağlı renk çeşitlilikleri, $>170^\circ$ görme açıları, birkaç yüz nanometrelik kalınlıkları ile hafiflikleri, düşük güç tüketimleri gibi avantajlara sahiptir (Thejo Kalyani and Dhoble, 2012).

2003 yılından günümüze dek OLED teknolojisi, Samsung, Motorola, LG, Sony Ericsson ve Nokia gibi büyük firmalar tarafından, taşınabilir telefon, MP3 çalar, dijital kamera gibi birçok ticari üründe küçük ekran olarak kullanılmaktadır. İlk OLED TV ise 2007 yılında, 11" boyutunda ve 3 mm inceliğinde Sony tarafından piyasaya sürülmüştür. 2010 yılında Sony 24.5" OLED 3D TV prototipini sunmuş ve iki yıl sonra LG tarafından 55" OLED 3D TV prototipi üretilmiştir. Günümüzde LG, OLED-TV teknolojisi üzerine Ar-Ge ye devam etmekteyken, Samsung QLED-TV ekranlar üzerine çalışmaktadır. Daha önce de söylediğimiz gibi, QLED ekranlar aslında LCD panelleri kullanmaktadır ve dolayısıyla Ar-Ge ihtiyaçları sınırlıdır. Oysa ki, OLED teknolojisinin ve özellikle doğrudan QD'nin ışığa katmanı olarak kullanıldığı QD-LED teknolojisinin, Ar-Ge'si hem endüstriyel hem de akademik alanda devam etmekte, termal ve renk kararlılığı yüksek yeni organik materyallerin tasarımı, sürücü devre oluşturma, yazılım geliştirme, aygıt maliyet düşürme ve performansı arttırmaya yönelik parametreler üzerine araştırmalar sürdürülmektedir (Oner, 2015; Saygili, 2012).

Ekran teknolojilerinin tarihsel gelişimi Şekil 1.3'de özetlenmiştir.



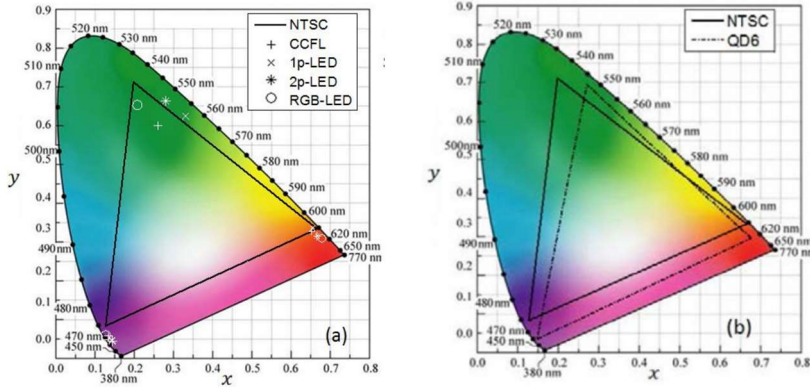
Main Display Life Cycle Forecast (1950-2030)



Şekil 1.3. Ekran gelişimi ve öngörüler (OLED Activity and Technology Development, Furong Zhu, Institute of Materials Research and Engineering, Singapore, Symposium on Sustainability Driven Innovative Technologies, May 7-8, 2009, Hong Kong)

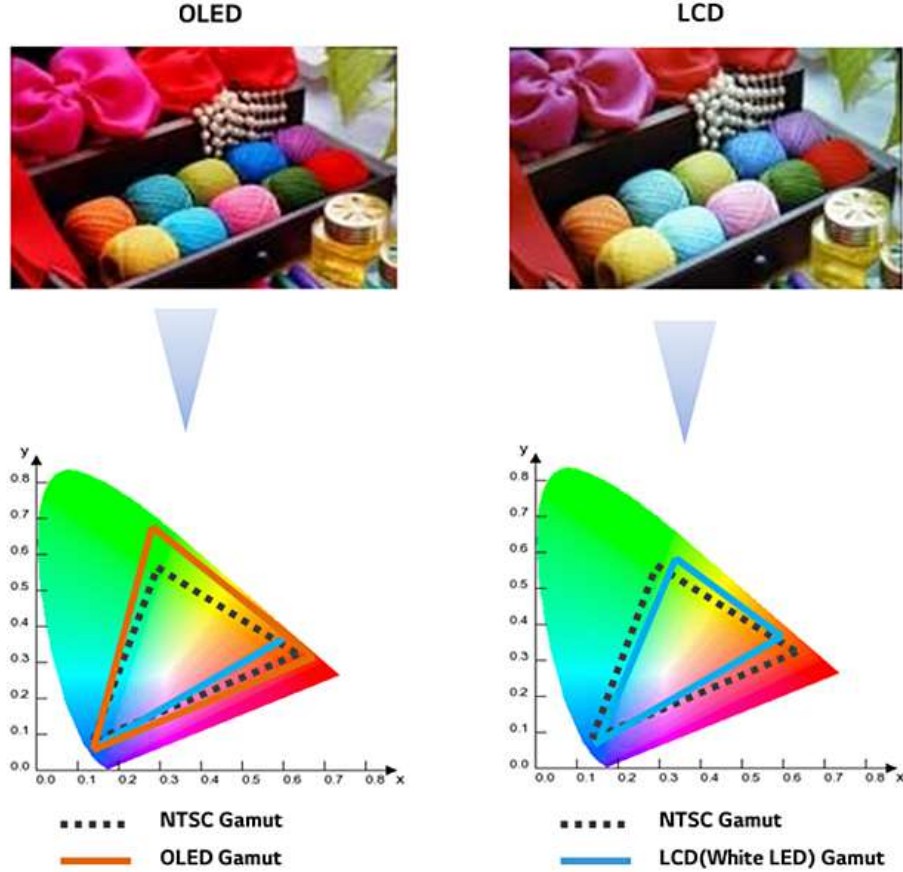
Ekran teknolojileri için saniyede geçen fotoğraf karesi sayısına bağlı olarak farklı adlandırılan iki standart söz konusudur: NTSC (National Television Systems Commission) ve PAL (Phase Alternation by Line) (Kate, T.; Sehgal, Pooja; Jasuja, 2018). LCD ekran arka aydınlatma bileşeni olarak kullanılan farklı aydınlatma aygıtlarının NTSC renk dağılım standardına uygunluk durumları da farklı olmaktadır. Örneğin, mavi LED ile birlikte tek fosforun kullanıldığı dalga boyu dönüştürücüsü ve iki fosfor kullanıldığı dalga boyu dönüştürücüsü, beyaz LEDin (RGB) doğrudan kullanımı ya da QDlerin kullanımı farklı renk koordinatlarına sebep olmaktadır (Şekil 1.4) (Luo ve ark., 2013). Henüz hiçbiri, üç ana rengin tümü için NTSC standartlarını yakalayamamıştır. Oysa ki OLED ekranlarda arka aydınlatma ihtiyaç olmadığı (piksel doğrudan ışık yayar) için bu standarda uygun renk koordinatlarının yakalanabilmesi mümkündür. Şekil 1.5 de günümüz OLED ekranlarının standardı sağlama durumu, LCD (LED arka aydınlatma) ekran ile karşılaştırılmıştır. Görüldüğü üzere, OLED ekranın oluşturduğu üçgen standardı

fazlasıyla karşılayabilmekte ve böylece renkler çok daha canlı ve parlak olarak ekranda görülebilmektedir (<https://brunch.co.kr/@gungs/72>).



Şekil 1.4. LCD ekran teknolojisinde arka aydınlatmanın sağlanma kaynağına bağlı olarak NTSC standartlarına yaklaşıma durumu (CCFL, floresan lamba; 1p-LED, mavi LED üzerinde tek fosfor; 2p-LED, mavi LED üzerinde çift fosfor; RGB, beyaz LED; QD6, referans makalede kullanılan QD türevi) (Luo ve ark., 2013)

OLED ekran teknolojisi geldiği performans noktası itibariyle mevcut teknolojilere iyi bir rakip olabilese de, dayanım, maliyetler ve dolayısıyla da satış fiyatları noktasında dezavantajlıdır. Dayanım ile ilgili sorunlar büyük oranda organik yarıiletkenlerin doğasıyla ilişkilidir ve QD:organik hibritleri bu soruna yanıt oluşturabilir. Yüksek maliyetin en temel nedeni ise, ekran üretim aşamasında kullanılan ve yüksek vakum ihtiyacı olan kaplama tekniklerinin kullanılıyor olmasıdır. Bu soruna çözüm olarak, matbaa basımına uygun çözümlerden kaplama teknikleri üzerine araştırmalar devam etmektedir. Araştırmalar henüz akademik düzeydedir ve bu kaplama tekniğini kullanan ticari ürün yoktur (Cattanes, Lorena; Maeda, Chiharu; Petersen, 2006; Chen ve ark., 2017; Earmme and Jenekhe, 2012; Fu ve ark., 2012; Gupta ve ark., 2015; Ho ve ark., 2007; Jin and Sturm, 2009; Kabra ve ark., 2010; Kim ve ark., 2013; Lighting, 2012; Thiery ve ark., 2015; Yu, 2011; Zhu ve ark., 2014)



Şekil 1.5. OLED ve LCD ekranların NTSC standardını karşılama durumlarının karşılaştırılması (<https://brunch.co.kr/@gungs/72>).

1.2. LED, OLED ve QDLED Karşılaştırması

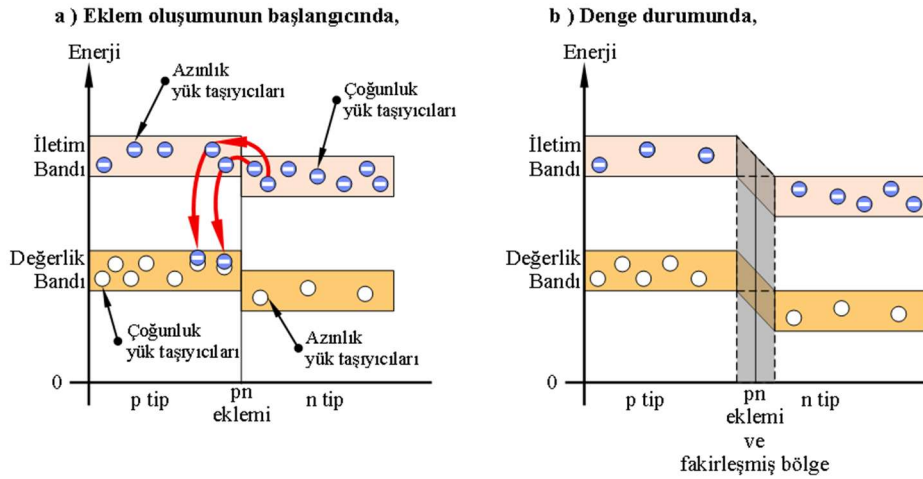
LED bir PN ekleminden oluşan, tek yönde akım geçiren bir aygıttır. LED'i anlamak için bir PN eklemının nasıl oluştuğu ve gerilim altındaki davranışını incelemek gerekir. Bir pn eklemi, p-tip bir yarıiletken ile n-tip bir yarıiletkenin bir araya getirilip kontak elde edilmesi sonucu meydana gelir. Bir PN eklemi ile diyot yapısı elde edilir. Birleşme öncesi p-tip yarıiletkende boşluk yoğunluğu (değerlik bandında), n-tipte ise elektron yoğunluğu (iletim bandında) fazladır. Denge halinde Fermi Seviyesi tek olacağından, eklem oluştuğunda, elektronca zengin n-tip bölgesinden, elektronca fakir p-tip bölgesine, boşlukça zengin olan p-tip bölgesinden, boşlukça fakir olan p-tip bölgesine yük difüzyonu olur. Bu iki yapının bir eklem dönüşürülmesi sonucu;

1. n-tip yarıiletkende iletim bandındaki elektronlar, p-tip tarafına geçerken geride pozitif yüklü donör atomları bırakırlar.

2. p-tipi tarafına geçen elektronların boşluklarla birleşmesi sonucu bu bölgede nötr atomlar meydana gelir.

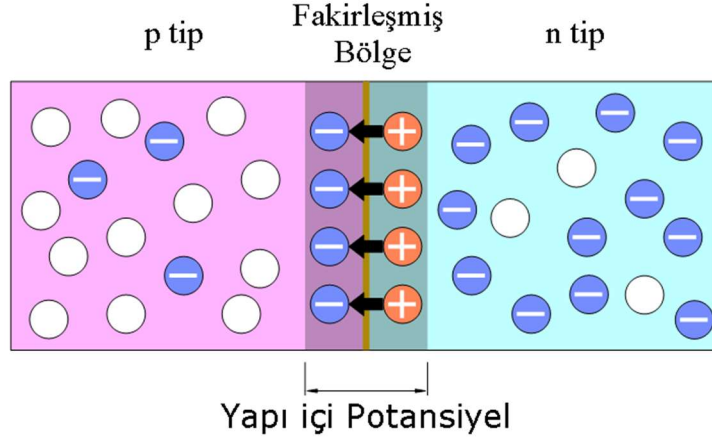
3. p-tipi tarafındaki azınlık yük taşıyıcısı olan elektronların ve negatif yüklü akseptör iyonlarının itmesi sonucu bu elektron difüzyonu bir noktada duracaktır.

Yukarıda belirtilen hareketler, p-tipi bölgeden n-tipe boşluk geçişi içinde benzer bir mekanizmaya sahiptir. Sonuç olarak; iki yarıiletkenin birleşmesi sonucu $\sim 1\mu m$ kalınlığında bir bölge oluşur. Bu bölgede difüzyon sonucu elektron ve boşluklar birleşerek nötr atomlar kalır, yani bu bölge yük taşıyıcısı yönünden fakirdir. Bu nedenle bu bölgeye deplasyon bölgesi (boşaltılmış bölge-fakirleşmiş bölge) denir. Şekil 1.6 da bu durum, enerji band diyagramı üzerinden şematize edilerek gösterilmiştir.



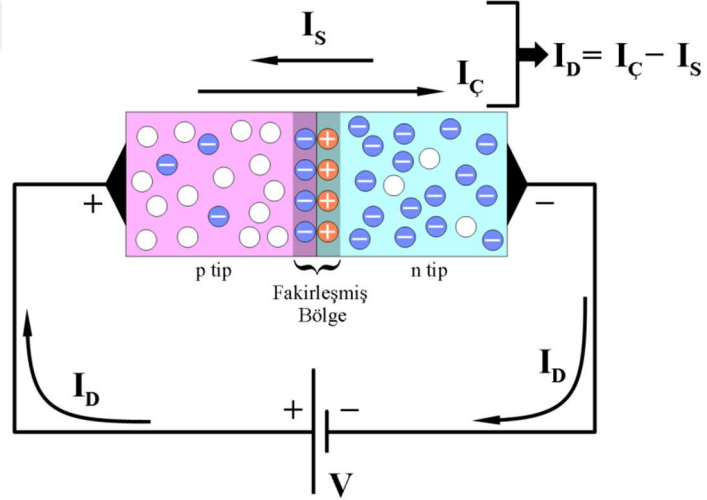
Şekil 1.6. PN eklem bant diyagramı, (a) başlangıç hali, (b) denge hali

Ayrıca, n tarafında dar bir pozitif tabaka (donör iyonları) ve p tarafında dar bir negatif tabaka (akseptör iyonları) olduğundan, sistem içi bir potansiyel söz konusudur, Şekil 1.7 de de görüldüğü gibi, bu potansiyel de yapı içi potansiyel (bariyer potansiyeli) adını alır.



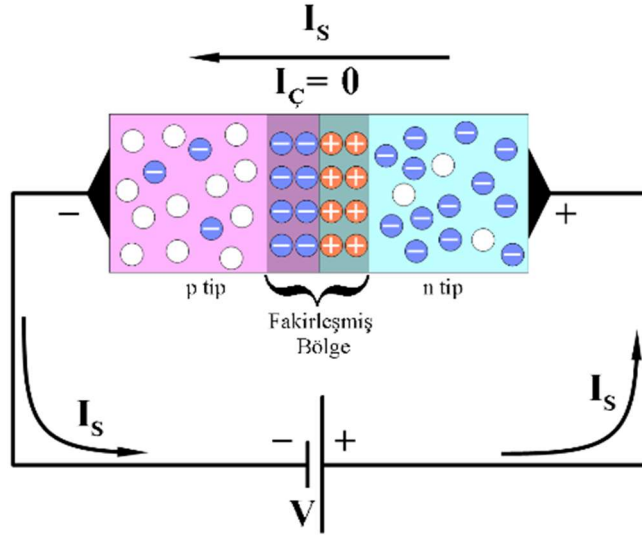
Şekil 1.7. pn eklemi, deplasyon bölgesi ve yapı içi potansiyeli

İleri besleme, Şekil 1.8 de gösterildiği gibi, pn-eklemindeki fakirleşmiş bölgenin daralmasına yol açacaktır. Elektronlar ve boşluklar kaynak kutupları tarafından eklem doğru itilirler. Elektronlar ve boşluklar eklem bölgesini geçecek kadar enerjiye sahip olurlar ve eklemden akım akışı başlar.



Şekil 1.8. İleri besleme altında bir pn eklemi, I_s : Sızıntı akımı, I_C : Çoğunluk yük taşıyıcı akımı, I_D : Diyot akımı/Dış devre akımı

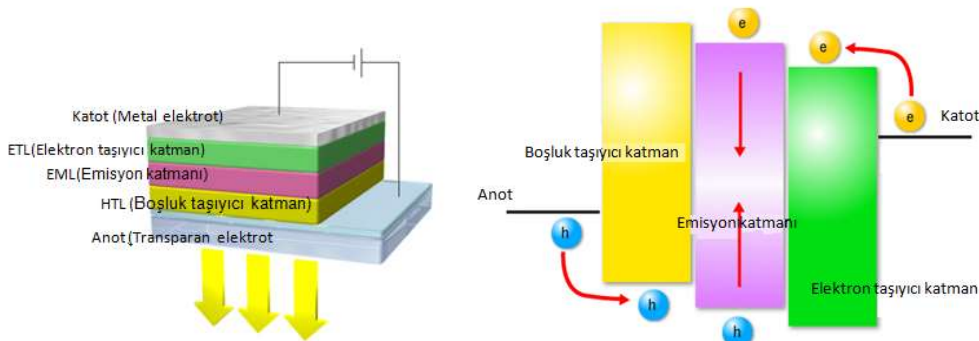
Geri besleme durumunda, Şekil 1.9 da gösterildiği gibi, pn-eklem yapısındaki fakirleşmiş bölge genişler ve yapıda ters yönlü küçük bir sızıntı akımı dışında akım akmaz. n-tip malzemedeki elektronlar kaynağın pozitif kutbu tarafından çekilirken, p-tip malzemedeki boşluklar ise kaynağın negatif kutbu tarafından çekilirler.



Şekil 1.9. Geri besleme altında bir pn eklemi

Geri besleme altındaki bir PN eklemi sadece azınlık yük taşıyıcılarının akımına izin verir ve sistemden çok az bir akım geçer. İleri yönde ise boşluklar ile elektronların birleşmeleri sonucu, PN eklemine oluşturan malzemelerin özelliklerine göre bir ışık yayılabilir (Aydoğan, 2014; Ozek, 1998; Streetman, Ben G.; Banerjee, 2015).

En basit OLED aygıtında 3 katman bulunsa da, emisyon katmanında ışımlı birleşme veriminin artırımı ve dayanım gibi sorunların aşılması için ek katmanlara ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu katmanların altlık dâhil olmak üzere kısa tanımları aşağıda yapılmıştır. Tipik bir OLED aygıtının yan kesit görüntüsü ve çalışma mekanizması Şekil 1.10 da gösterilmiş ve katman tanımları aşağıda yapılmıştır.



Şekil 1.10. OLED Çalışma Prensibi

Altık: Genellikle cam, plastik ve metal folyo gibi şeffaf iletken altlıklar kullanılmaktadır.

Anot: Boşlukların organik materyale geçişini sağlayan şeffaf yapıda bir elektrottur. Oluşturduğu film yüzeyi düşük pürüzlülükte ve yüksek iş fonksiyonuna (ϕ_w) sahip olmalıdır (Ezhili and Akshaya, 2013). İndiyum katkılı kalay oksit (ITO), özellikle indiyum rezervlerinin azlığı ve mekanik dayanım sorunları sebebiyle son yıllarda alternatif oluşturulmaya çalışılan bir transparan iletken oksit olsa da, OLED teknolojisinde en çok kullanılan anot malzemesidir. (ITO için $\phi_w=4.7$ eV)

Boşluk (Hol) taşıyıcı katman (HTL): İleri besleme ile harekete geçirilen boşluk yük taşıyıcıların anottan EML ye ulaşmasını ve katottan gelen elektronların anoda geçişini engeller. Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) Polystyrene sulfonate-(PEDOT:PSS) bu amaçla en yaygın kullanılan malzemedir.

Emisyon katmanı(EML): HTL ile elektron taşıyıcı katman arasında bulunan emisyon katmanı, fosforesans ya da floresans (bazen ikisinin birlikte) yapan malzemenin bulunduğu katmandır. Emisyon katmanı olarak genelde, düşük molekül ağırlıklı küçük moleküller ve yüksek molekül ağırlıklı polimerler kullanılmaktadır.

Elektron taşıyıcı katman (ETL): Katot ile EML arasındaki enerji bariyerini azaltarak, elektronların katottan organik katmana geçişini sağlar (Thejo Kalyani and Dhoble, 2012).

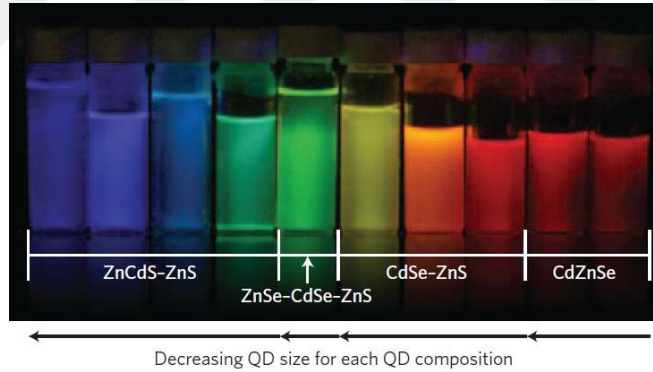
Katot: Genellikle katot materyalleri, yüksek iletkenliğe sahip, saf metaller veya metal alaşımlarıdır. Elektron enjeksiyonu sağlamak için düşük iş fonksiyonuna sahip ($\phi_w = 2.9-4.0$ eV), kararlılığı iyi, organik materyalle iyi bir kontak sağlayan metallerdir (Thejo Kalyani and Dhoble, 2012).

Yukarıda da belirtildiği gibi, OLED ler özellikle ekran teknolojisi uygulamalarında dikkat çekmektedir. Bu uygulamalar, bir transistörün üzerine kaplama yapılması durumunda, aktif matriks (AMOLED), transistör kullanımının olmaması durumunda ise pasif matriks (PMOLED) olarak adlandırılır.

1.3. Polimer, QD ve GQD

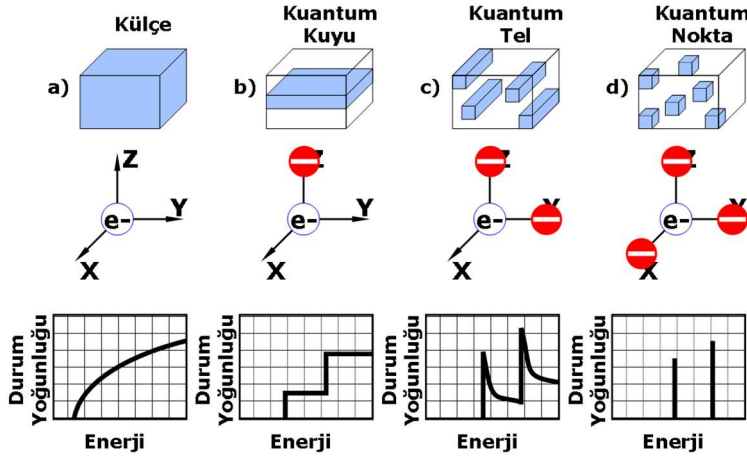
Organik yarıiletken malzemeler, karbonca zengin olan delokalize konjuge π elektron sistemi içeren moleküllerdir. Bilindiği gibi karbon, silikon ve germanyum gibi periyodik cetvelin 4. kolunda bulunur. Elektronegativitesi sayesinde birçok element ile bileşik oluşturabilir. Karbonlu yapılar, elektriksel iletim bakımından iletken (grafit, grafen), yalıtkan (elmas) veya yarıiletken olabilirler. Organik yarıiletken malzemeler, modifiye edilerek özellikleri değiştirilebilen malzemelerdir.

QD ler, inorganik nanokristaldır. Şekil 1.12 de görüldüğü gibi aynı kompozisyon farklı boyutta ya da aynı boyut farklı kompozisyonda farklı bir renkte ışığa yapabilmektedir. Bunun nedeni, QD lerin sıfır boyutlu olmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 1.13 e baktığımızda külçe (bulk) bir malzemede, yük taşıyıcıları üç ekseninde de hareket etmekte özgürdürler, durum yoğunluğu süreklidir. QD lerde ise birkaç atom olduğundan, yük taşıyıcıları artık özgürce hareket edemezler ve durum yoğunluğu artık kuantize olmuştur.

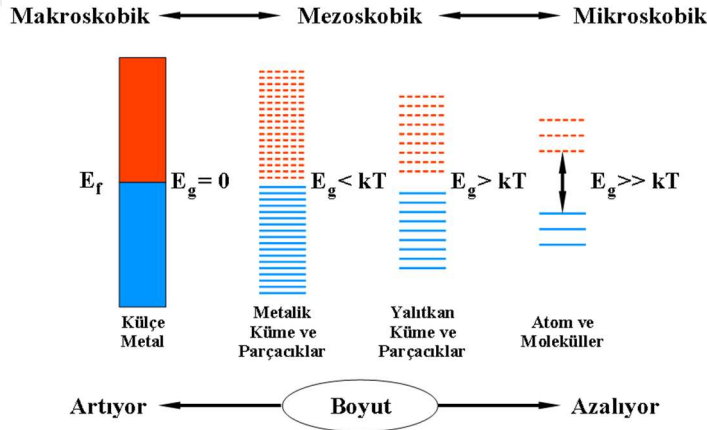


Şekil 1.12. Kompozisyon ve çap değişimine göre çözgen içinde dağılmış olan QD lerden alınmış bir fotoluminesans görüntüsü (Shirasaki ve ark., 2013)

Şekil 1.14 de ise çok fazla atomun bir araya gelip oluşan külçedeki enerji bant oluşumu gösterilmiştir. Ancak atom sayısı azaldıkça bu bantlaşma, yerini enerji seviyelerine bırakır. Atom sayısına göre enerji seviyelerinde değişim meydana geldiği için, boyut değiştikçe QD lerin renkleri değişir.



Şekil 1.13. Külçe yapıdan, QD ye kadar kristal yapılar ve durum yoğunlukları (HOOGLAND, 2008)



Şekil 1.14. Külçe yapıdan, atom ve moleküle kadar enerji seviye değişimi yapılar Size matters: why nanomaterials are different, Emil Roduner Chem. Soc. Rev, 2006, 35, 583-592

Düzlemsel yapıya sahip olması ile bilinen grafenin kimyasal yöntemlerle önce grafen oksite dönüştürülmesi ve ardından indirgeme işlemine tabi tutulması ile de grafen kuantum noktalar elde edildiği görülmüştür. Uygun filtreleme tekniği ile çeşitli çaplarda QDler ayrıştırılmış ve bunların cihaz içindeki katkıları incelenmiştir. Genellikle GQD lerin karakteristik olarak sarı renklere lüminesans yaptığı literatürde gözlemlenmiştir (Kim ve ark., 2015; Kwon ve ark., 2014).

1.4. QDLED yapım ve karakterizasyon literatür özeti

QD/polimer çalışması ilk olarak 1994 yılında Alivisatos ve çalışma arkadaşları tarafından raporlanmıştır. CdSe ayrı bir katman olarak çözünebilen PPV

türevi üzerine kaplanmıştır. ITO' ya yakın boşluk geçiş katmanı PPV ve elektronların enjekte edildiği QD katmanı ITO ile Mg/Ag katot materyalleri arasında yer almaktadır. 4V luk besleme ile elektrolüminesans (EL) rengi sarıdan kırmızıya kadar değiştirilebilmiştir (Colvin, V. L.; Schlamp, M. C.; Alivisatos, 1994). Daha yüksek gerilimlerde ise yeşil emisyon veren PPV türevinin baskın olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmayı takiben, boşluk taşıma özeliğine sahip PVK polimerinin içine CdSe QD'ın homojen bir şekilde dağılmasıyla tek katmandan EL eldesi çalışılmıştır. ITO ve Al elektrotları arasında elektron taşıma katmanı olarak oksadiazol türevi [2-(4-bifenil5-(4-tertbutilfenil)-1,3,4-oksadiazol (butil-PBD)] kullanılmıştır. 77 K'de, 17 V'a kadar gerilim uygulandığında sadece 60 Å boyutundaki CdSe nanoparçacığından EL alınırken, daha yüksek gerilimlerde PVK'deki komşu karbazol gruplarının oluşturduğu eksimerlerden kaynaklı bir EL gözlenmiştir. Bu ilk iki çalışmanın dış kuantum verimleri çok düşük olsa da (%0.001-0.0005) hibrit sistemlerde nano parçacıklardan doğrudan EL alınabileceği göstermiştir (Dabbousi ve ark., 1995). Daha düşük gerilimde verimi arttırmaya yönelik yapılan çalışmalarda farklı elektrot denemeleri ve QD çekirdek/kabuk yapıları ile çalışılmıştır. Aynı grubun çekirdek/kabuk yapısına yönelik yaptığı çalışmada kullanılan cihaz yapısı ITO/PPV/CdSe(CdS)/Mg/Ag şeklindedir. Bu çekirdek/kabuk yapısı ile yapılan çalışma, ilk kez 1994 yılında yapılan CdSe içeren cihaza göre önemli bir ilerleme kaydetmiştir. Kuantum veriminde 20 kat ve yaşam ömründe 100 katlık bir artış sağlanmıştır. Farklı büyüklüklerdeki kuantum noktacıklarla yapılan denemelerde, 34 Å CdSe çekirdek ve 7 Å CdS kabuk nanokristalin elektrolüminesansı, 4 V gerilim altında, 600 cd/m² ve 1 A/cm²'deki dış kuantum verimi %0.22 olarak tespit edilmiştir (Schlamp ve ark., 1997). 520 ve 560 nm'deki pikler PPV'den kaynaklanırken 613 nm'de daha geniş bir pik CdSe/CdS çekirdek/kabuk nanokristalden kaynaklanmaktadır.

2000'li yıllara gelindiğinde hibrit cihazların optimizasyonuna yönelik iki organik katman arasında QD'ın ayrı bir katman olarak kullanımı üzerine gidilmiştir. QD'ın organik ligantları (capping) ile aromatik organik materyaller arasında faz ayrışması metodu kullanılarak 1997 yılında yapılan (Schlamp ve ark., 1997) çalışmaya göre lüminesans veriminde 25 katlık bir artış gözlenmiştir (1.6 cd/A at 2.000 cdm²). Nanokristaller ilk raporlanan çalışmalardan farklı olarak hem elektron taşıyıcı hem de emisyon katmanı olarak görev almaktadır. Trioktilfosfin oksit

(TOPO) ligantı ile sarılmış nanokristal, N,N'-difenil-N,N'-bis(3-metilfenil)-(1,1'-bifenil)-4,4'-diamin(TPD) boşluk taşıyıcı materyal arasında faz ayrışması gerçekleşir. 3-(4-bifenil)-4-fenil-5-tert-bütilfenil-1,2,4-triazol (TAZ) boşlukları bloklayarak, TPD ve Alq₃'ten daha az katkı sağlanmasına ve dolayısıyla daha dar bir emisyon alınmasına katkı sağlar. Ancak, eksitonları hapsedmesi nedeniyle TAZ boşluk taşıyıcının kullanılmadığı cihaz yapısında verim artışının %50 daha fazla olduğu görülmüştür (ITO/TPD(35nm)/CdSe/ZnS/TAZ(10nm)/Alq₃(40nm)/Mg:Ag/Ag) (Seth Coe, Wing-Keung Woo, 2002). Tek katmanlı cihaz yapısında çok yüksek uyarılma yoğunluğunu sağlamanın yolu iyi kurgulanmış QD nanokristalleri ile mümkün olabilir. Aynı kurguyla hazırlanan yeşil emisyonu sahip ve renk doygunluğu yüksek Cd_xZn_{1-x}Se/Cd_yZn_{1-y}S çekirdek-kabuk alaşımli nanokristal tek katmanlı olarak gösterilmiştir (Steckel ve ark., 2006). Bu gelişmelerden sonra, PVK ve bütil-PBD filmleri arasında sandviç yapıdaki CdSe/ZnS çekirdek/kabuk nanokristaller üç katmanlı hibrit sistemler olarak tasarlanmıştır. PVK-QD-PBD'den oluşan tek katmanlı çalışmaya göre 5 V gibi düşük bir uygulama gerilimi ile 20 kat daha yüksek verim elde edilmiştir (%0.2). Karışımlardan üç katmanlı yapılara geçişteki gelişmeler üzerine daha dengeli bir yük iletimine katkı sağladığı söylenebilir (Chaudhary ve ark., 2012).

QDLED'lerin tek renkli emisyonlarının yanı sıra aydınlatma ve ekran teknolojisinde beyaz ışık yayan cihazlarda oldukça ilgi çekmektedir. Beyaz ışığı elde etmek için üç ana renk ya da 2 tamamlayıcı rengi veren materyalleri tasarlamak gerekir. Beyaz hibrit organik-inorganik ışık yayan cihaz TOPO ligantı ile sarılı, kırmızı emisyon veren CdSe/ZnS çekirdek/kabuk nanokristal kullanılarak oluşturulmuştur. Kırmızı emisyonu sahip nanokristal ile katkılandırılmış poli[(9,9-dihexiloksifluoren-2,7-dil)-alt-co-(2-metoksi-5-{2-etilhekziloksi} fenilen-1,4-dil)] (PFH-MEH) polimer (mavi emisyon) ve yeşil emisyonlu Alq₃'ten oluşan bir sistemdir. Alq₃, farklı bileşenler arasındaki Förster enerji transferi ve yük transferi sürecinin dengeli bir şekilde yürümesini sağlamasıyla 1 V gerilim uygulandığında 1 mA/cm² CIE (0.30,0.33) ve EL verimi % 0.24 elde edilmiştir (Li ve ark., 2005).

İlgili literatürün 2010 lu yıllarına gelindiğinde, QD-LEDlerin renk saflığı açısından geleneksel LED ve organik LED lere üstünlükleri kabul edilmiş olsa da, verimlilik, kararlılık ve üretim maliyeti açısından avantaj sağlayabilecekleri

noktalarında halen şüpheler vardır. Üretim maliyetlerini düşürmek için tek katmanda yüksek performans ve bu hedefin ihtiyaç duyacağı malzeme özellikleri açısından araştırmaların devam etmesi gerekliliği de bilinen bir gerçektir. QD'lerin nanoyapısını ve bileşimini kontrollü bir şekilde tasarlamak gerekmektedir. QDLED'ler kuantum noktalarının elektronik özelliklerinden etkilenmektedir. Cihazdaki eksitonların ışısız birleşimini önlemek için çekirdek-kabuk-kabuk QD'ler geliştirilmiştir. Ancak bu yapılar beklenen etkiyi gösterememiş ve kuantum veriminin düşmesi nedeniyle QD-LED'lerin verimlerini sınırlamıştır. Alternatif bir yaklaşım olarak QD katman kalınlığı artırılması yoluyla metal oksit ETL ile oluşturulan kontakta daha hızlı yük aktarımı izlenmiştir. Bu yolla elde edilen verimler belli derecede yüksek olsa da katman kalınlığı ya da QD kabuk kalınlığının artması nedeniyle cihazın direnci artmaktadır ve yüksek parlılık değerlerini elde etmek için daha yüksek gerilim uygulanmaktadır. Bu durum cihazda daha fazla ısı oluşumuna ve cihaz performansının daha hızlı düşmesine neden olmuştur.

Çözüm olarak son yıllarda izlenen yöntem, üçlü ve dörtlü alaşım QDler ile bileşen oranına bağlı renk farklanması eldesidir (Yang ve ark., 2015). 2015 yılında raporlanan bir çalışmada, alaşımlı orta kabuk ($Cd_{1-x}Zn_xSe_{1-y}S_y$) Cd- ve Se-zengin çekirdeği ile Zn- ve S-zengin dış kabuğu arasındaki sandviç yapı tanıtılmıştır. CdS-zengin ve ZnSe-zengin ortak kabuk ve ZnS-dış kabuk yeşil QD; ZnSe-zengin orta katman ve ultra ince ZnS dış kabuk kırmızı QD; $Cd_{1-x}Zn_xS$ çekirdek ve ZnS dış kabuk mavi renk elde edilmiştir. Mavi, yeşil ve kırmızı emisyon veren QD-LED yaklaşık % 10 dış kuantum verimine ulaşılmıştır. Kuantum noktacığın nanoyapısı incelendiğinde orta kabuk ve dış kabuğun kalınlığının QD-LED cihaz verimi üzerine önemli bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada her üç renkteki QD-LED'lerin hem yaşam ömrü hem de cihaz verimi yüksek performans göstermiştir. Yeşil emisyon veren QD-LED 63 cd/A ve %14.5 dış kuantum verimine sahip, kırmızı renk için 15 cd/A ve %12 dış kuantum verimi, 4.4 cd/A ve %10.7 dış kuantum verimi mavi renk için elde edilen verimlerdir. Parlılık değerleri ise 10^2 - 10^4 cd/m² arasındadır. Yeşil emisyon veren QD-LED yaşam-ömrü 90.000 saatten fazla iken kırmızı için 300.000 saatten fazladır. QD'lerin orta kabuk ve dış kabuk kalınlığının QD-LED performansına etki ettiği gösterilmiştir.

Her ne kadar Yang ve ark'ın çalışmasında ulaşıldığı söylenen dayanım

süreleri dikkat çekici olsa da (Yang ve ark., 2015), genel QDLED literaründe ve ilgili teknolojinin önünde duran ve aşılması gereken diğer bir sorun da, dayanımdır. Dayanımı artırmak adına, genel organik fotonik teknolojilerde kullanılan ve çalıştığı ispatlanmış olan evrik mimari yaklaşımı izlenebilir. Evrik mimari yaklaşımı ile dayanım süreleri artırılabilse de, genelde raporlanan verimler düşüktür. Bu durumun aşılabilirliği 2012 yılında raporlanan bir çalışma ile gösterilmiştir: standart cihaz yapısı ITO/PEDOT:PSS(40 nm)/ poli-(N,N' -bis(4-butilfenil)-N,N' -bis-(fenil)benzidin)(poli-TPD) (50nm)/QD /1,3,5-tris(Nfenil benzimidazol-2,yl)benzen (TPBI)(40 nm)/LiF (0.5 nm)/Al (100 nm) hızlı bir bozunma gösterirken evrik yapı ITO/ZnO/QD/4,4' -bis(karbazol-9-il)bifenil (CBP)/MoO₃ ile yüksek parlaklıkta kırmızı, yeşil ve mavi QD-LED'lerden sırasıyla, 23.040, 218.800, ve 2250 cd/m², ve dış kuantum verimleri % 7.3, 5.8, ve 1.7 tespit edilmiştir. Kırmızı, yeşil ve mavi renkte ışımaya yapan QD'ler sırasıyla CdSe/CdS/ZnS, CdSe/ZnS, and Cd_{1-x}Zn_xS/ZnS yapısındadır ve bu QDlerden yine sırasıyla, 1.8, 2.4, ve 3.0 V da EL elde edilmiştir (Kwak ve ark., 2012). Çözelti fazındaki ZnO elektron enjeksiyon katmanı olarak kullanılmış ve organik boşluk enjeksiyon katmanı ile enerji seviyeleri optimize edilmiştir. Evrik mimaride, kırmızı EL nin eldesi için basitleştiren bir cihaz yapısı ile (ITO/ZnO/QD/NBP/LG-101(HIL)/Al), 15, 30, 45 ve 60 nm kalınlıkta CdSe-CdS QD ler kullanılmıştır. QD-ZnO ara yüzeyinden QD filmi içinde ışımaya birleşme alan uzaklığının kontrolü ile parlaltı değeri >50.000 cd/m², parlaltı verimi 19 cd/A, dış kuantum verimi %18 olarak raporlanmış ve iç kuantum verimi %90 olarak hesaplanmıştır. Cihazın uygulama gerilimin düşmesi nedeniyle ışık güç verimi >25 lm/W elde edilmiştir (Mashford ve ark., 2013).

Genel olarak, QDLED literatürünün yoğunlaştığı sorunlar halen, verimlilik, kararlılık ve üretim maliyetleridir. Geleneksel mimaride, ek ETL ve HTL katmanlarının kullanımı ve/veya evrik mimari yaklaşım bu sorunlardan sadece birine (verim) ya da iyimser bir bakış açısı ile ikisine (verim, kararlılık) aynı anda yanıt oluşturabilmektedir.

QDlerin ıslak kaplamaya uygun oluşları büyük alan kaplamalarında, R2R gibi kaplama tekniklerinin kullanılmasına olanak sağlayabilir. Mevcut literatürde yoğun olarak kullanılan ıslak kaplama tekniği, dönü kaplamadır ve bu yöntem alan büyütme çalışmaları için uygun değilse de, henüz laboratuvar aşamasındaki ön

deneme sonuçlarının ve aktif katman optimizasyonlarının eldesinde tercih edilmektedir. QDlerin malzeme özelliklerinin getirdiği tüm avantajlara rağmen, uygulanacakları teknolojinin gerek duyacağı ek katmanların kaplanmalarında vakum içeren sistemlerin kullanımının gerekliliği ise, üretim maliyetleri açısından bir olumsuzluktur. Tez projesinde, anot ve katot hariç tüm katmanların ıslak kaplama teknikleri ile oluşturulduğu bir mimari kullanılmıştır.

1.5. Tez Kapsamı ve Amacı

Bu tez kapsamında kuantum nokta (QD) ve polimer malzeme kompozitleri *i*) ışığa ve *ii*) boşluk aktarım (HT) katmanlarında kullanılmıştır. Kompozit yapı kullanımı ile inorganik ve organik yapıların avantajlarının birlikte kullanımı hedeflenmiştir.

Işıma katmanı kompozitinde, yeşil ışık yayan ZnCdSSe QD, POSS grubu ile sonlandırılmış fluorenil tabanlı bir mavi ışık yayan polimer (ADS231BE) birlikte kullanılmıştır.

HT katmanı kompoziti, bir amin ile modifiye edilen grafen oksit (DOA-GO) ve poli(3,4-etilendioksitiyofen) polistren sülfonat (PEDOT:PSS) içermektedir. DOA-GO:PEDOT:PSS polimeri bir arada uygulanarak, hem boşluk taşınım mekanizmasında iyileşme, hem de dalgaboyu dönüştürücü olarak kullanım hedeflenmiştir.

2. DENEYSEL BÖLÜM

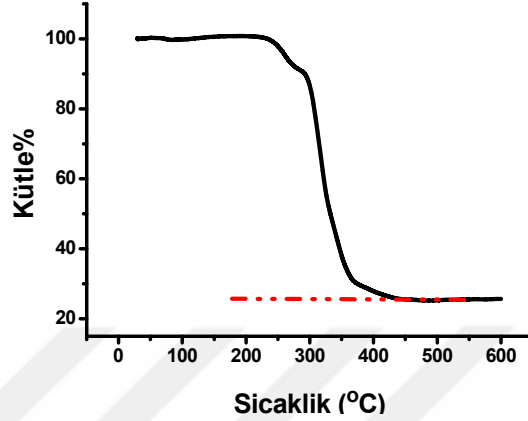
2.1. Materyaller, Araç ve Teknikler

Anot olarak kullanılmak üzere Lumtec firmasından $15 \Omega / \square$ yüzey direncine sahip 150 nm kalınlığında ITO kaplı cam altlıklar temin edilmiştir. Boşluk enjeksiyon katmanı olarak Clevios™ P VP firmasından AL 4083 kodlu düşük iletkenlik değerine sahip poli(3,4-etilendioksitiyofen) polistren sulfonat (PEDOT-PSS) polimeri saf su içerisine dağılmış halde alınmıştır. Sigma Aldrich firmasından temin edilen 182605-10G kodlu PVK, American Dye Source firmasından alınan mavi renkte emisyonu sahip POSS grubu ile sonlandırılmış poli[9,9-di-(2-etilhekzil)-fluorenil-2,7-diil] (ADS231BE) polimeri sırasıyla boşluk taşıma katmanı ve aktif tabaka olarak kullanılmıştır. Katot ve elektron enjeksiyon materyalleri olarak kullanılan Cs_2CO_3 , Ca, ve Al Sigma Aldrich firmasından alınmıştır. Kullanılan çözümler, (klorobenzen, toluen, aseton, izopropil alkol) ve hidroklorik asit (HCl) analitik saflıktadır.

Kullanılan QD (ZnCdSSe) ile ilgili sentetik detaylar İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Kimya Bölümü'nden Seçil Sevim ÜNLÜTÜRK'ün Doktora Tezi'nde yer alacaktır. Tez bütünlüğünün sağlanması amacıyla ile kimi yapısal özellikleri bu tez içerisinde de paylaşılmıştır: ZnCdSSe, TOPO ligand ile çevrelenmiş haldedir. Bu sayede organik çözümler içerisinde dağılımı mümkündür. Tanecik boyutu 4.1 nm dir. Toluen çözümleri içine dağılmış halde kullanılmıştır. Maksimum absorpsiyon ve emisyon dalgaboyları, sırasıyla, 540 nm ve 560 nm dir. Fotoluminesans eğrisinin band genişliği ≈ 40 nm, fotoluminesans kuantum verimi %30 ve ömrü ≈ 20 ns dir. İletim ve değerlik bant enerji seviyeleri sırası ile -3.4 eV ve -5.6 eV dir. 300 °C den sonra TOPO nun uzaklaşmaya başladığı ve kütleinin %75 inin TOPO ya ait olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2.1). SEM-EDS analizleri yapısının $\text{Zn}_{0.20}\text{Cd}_{0.80}\text{S}_{0.76}\text{Se}_{0.24}$ şeklinde olduğunu göstermektedir. Amin modifiye grafen oksitini (DAO-GO) sentetik detayları Halide Diker'in doktora tezinde raporlanmıştır (Diker, 2017).

Laurell marka WS-400B-6NPP/Lite model dönü kaplama cihazı hibrit OLED ve QDLED aygıtlarını oluşturan ince film katmanlarının hazırlığında kullanılmıştır. Filmlerin morfolojik değerleri Ambios Qscope 250 Model Atomik Kuvvet

Mikroskopu (AFM) ile elde edilmiştir. Elde edilen ince film kaplamalarına ve çözelti fazındaki malzemelere ait absorpsiyon ve emisyon karakteristikleri Analytik Jena S 600 UV ve Edinburg Instruments FLS900P spektrofotometre kullanılarak elde edilmiştir.



Şekil 2.1. TOPO kaplı ZnCdSSe QD yapısının termogravimetrik analiz eğrisi

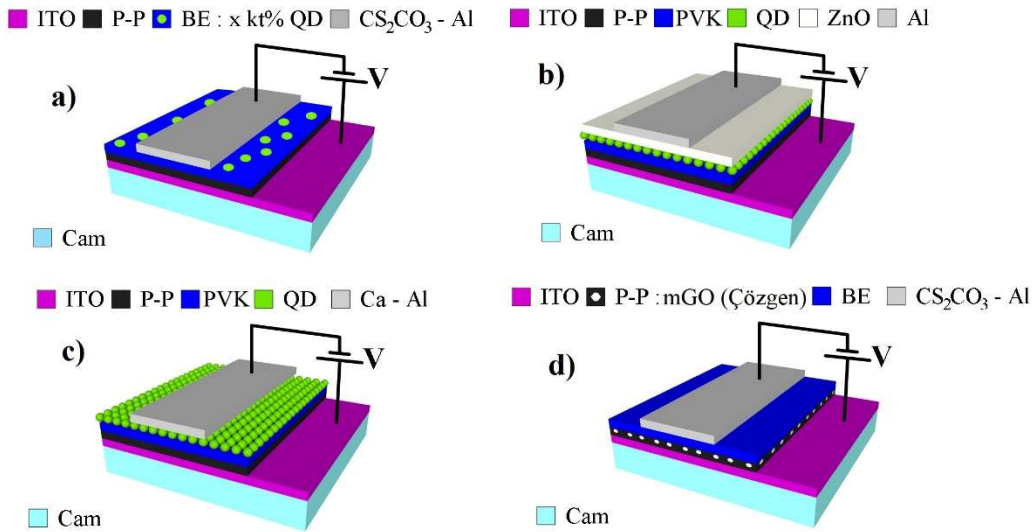
Katot materyallerin ve elektron enjeksiyon katmanlarının kaplanmasında MBRAUN 200B Glove Box sistemine entegre Termal Evaporatör kullanılmıştır. Aygıtların karakterizasyonları, MBRAUN 200B Glove Box sistemi içindeki Hamamatsu C10083MD cihazının entegre küresi ve dışarıda bulunan Keithley 2400 marka güç kaynağı kullanımı ile elde edilmiştir.

2.2. Aygıt Hazırlığı

Bölüm 1.5'te de belirtildiği gibi, tez içeriğinde QD ler temelde iki farklı aygıt katmanında kullanılmıştır. Emisyon ve HT katmanında kullanımda, QD lerin organik bir polimer çözeltisi içine katkılanması ve tek başına ayrı bir katman olarak kullanımı söz konusudur. Bu doğrultuda dört farklı aygıt mimarisi hazırlanmış (Şekil 2.2).

Hazırlanan aygıtlarda aktif alanın belirlenmesi ve anot ile katot arasında kısa devre ihtimalinin ortadan kaldırılabilmesi için cam altlık üzerindeki ITO kaplaması 6 mm ene ve 30 mm boya sahip olacak şekilde HCl kullanımı ile kimyasal aşındırmaya maruz bırakılmıştır. Akabinde, ITO kaplı cam altlık, sırası ile saf su,

aseton ve izopropil alkol içinde ultrasonik banyoda 15' er dakika tutularak temizlenmiştir. Ardından, azot tabancası ile yüzey üzerinde kalan izopropil alkol uzaklaştırılmış ve son olarak 70 W' ta 8' er dakika O₂ plazmada tutulmuştur. Plazma uygulaması, temizliğin son aşaması olduğu gibi yüzeyin hidrofilik özelliğini de arttırmaktadır. Bu sayede saf suda dağılmış olan PEDOT-PSS boşluk enjeksiyon malzemesi yüzeye daha kolay tutunacaktır. 0.45 µm lik filtreden geçirilen dispersiyon, mikro pipet yardımı ile çekilmiş ve cam yüzeyine yayılıp 2500 RPM de 1 dk dönü kaplama yöntemi ile kaplanmıştır. Ardından 120 °C de vakum etüvünde 30 dk boyunca bekletilmiştir. Şekil 2.2 deki a,b ve c cihazları için ilk katman bu şekilde üretilmiştir, Şekil 2.2 deki d cihazında ise PEDOT-PSS polimeri ile etilen glikol (EG), dimetil formamid (DMF) ve izopropil alkol (İPA) içerisinde dağılmış, dioktilamin (DOA-), 2-etilhekzil amin (2EHA), n-propil amin (n-PRPYL), ve propanol amin (PROH-) modifiyeli grafen oksit (mGO), kütlece % 0.05 olacak şekilde karıştırılarak benzer deneysel süreç izlenilmiştir.



Şekil 2.2. Hazırlanan aygıt mimarileri: Aktif katmanı a) BE : QD karışımı, b) QD, ET katmanı ZnO, c) QD, katodu Ca/Al, d) BE, HT katmanı PP:mGO karışımı.

Hazırlanan hibrit aygıtlarda PEDOT-PSS polimeri boşluk transfer katmanı olarak kullanılmıştır. Bu polimer ile yapılan OLED mimarilerinde genellikle ek bir boşluk enjeksiyon katmanına ihtiyaç duyulmamaktadır. Aktif katmanda, yalnızca ADS231BE ve bu polimerin ZnCdSSe QD ile katkılandırılmış halleri kullanılmıştır. 10 mg/ml lik derişimdeki ADS231BE polimerinin kaplanması dönü kaplama yöntemi kullanılarak 2000 RPM de 1 dk süre ile gerçekleştirilmiş ve polimerin

düşük camsı geçiş sıcaklığına sahip olması nedeni ile 65 °C de vakum etüvünde 30 dk boyunca bekletilmiştir. 2000 RPM in seçilme nedeni film fazında QD fotoluminesansının bu değerde artış göstermesidir. Film fazı optik özellikler Bölüm 3 te verilmiştir. Hibrit aygıtlar, Cs₂CO₃ (3 nm) ve Al (100 nm) kaplamaları ile tamamlanmıştır (ortam basıncı 1x10⁻⁶ mbar). Katot ile aktif katman arasında başka bir katman kullanılmamıştır.

QD lerin doğrudan aktif tabaka olarak kullanıldığı aygıtlarda, boşluk taşıma katmanı olarak PVK kullanılmıştır. Bu aygıtlarda da PEDOT-PSS ilk katman olmasına rağmen üzerine, 10 mg/mL derişimde klorobenzen de hazırlanmış olan PVK çözeltisinden 150 µL alınarak, 3000 RPM de 1 dk boyunca dönü kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Ardından, 150 °C de vakum etüvünde 30 dk boyunca bekletilmiştir. Bu yapıda PEDOT-PSS daha çok boşluk enjeksiyon katmanı gibi görev almaktadır. Aktif QD kaplaması için, 2 mg/mL derişimde tolüen içerisinde hazırlanmış QD dispersiyonu, 6000 ve 8000 RPM de 1 dk boyunca dönü kaplama yöntemi ile kaplanmış ve 65 °C de vakum etüvünde 30 dk boyunca bekletilmiştir. QD ların termal dayanımları organik malzemelerden yüksektir. Buna rağmen 65 °C de tavlama işlemi yapılmasının nedeni, aktif katman hazırlığının hibrit cihaz ile aynı koşulda tutmayı istememizdir. Elektron transfer katmanı olarak kullanılacak olan ZnO dispersiyonu 35 mg/mL derişimde metanolde hazırlanmıştır, 0.45 µm lik filtreden geçirilerek 2500 RPM de 1 dk boyunca dönü kaplama yöntemi ile kaplanmıştır. Daha sonra 120 °C de 1 saat vakum etüvünde tavlansmıştır. ZnO materyali yerine Ca (6 nm) metali evaporasyonu da denenmiştir. Her iki durumda da aygıtlar, Al (100 nm) evaporasyonu ile tamamlanmıştır. Tüm aygıtlarda aktif alan 6 mm² dir ve 4 paralel aygıt hazırlığı yapılmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Hazırlanan aygıtların yapısı aşağıdaki gibidir ve sonuçlar aygıt numaraları ile tartışılacaktır:

Aygıt 1: ITO/Al4083/ADS231BE:xkt%QD/Cs₂CO₃-Al

Aygıt 2: ITO/Al4083/PVK/QD/ZnO/Al

Aygıt 3: ITO/Al4083/PVK/QD/Ca-Al

Aygıt4: ITO/Al4083:0.05kt% mGO(çözgen)/ADS231BE/ Cs₂CO₃-Al

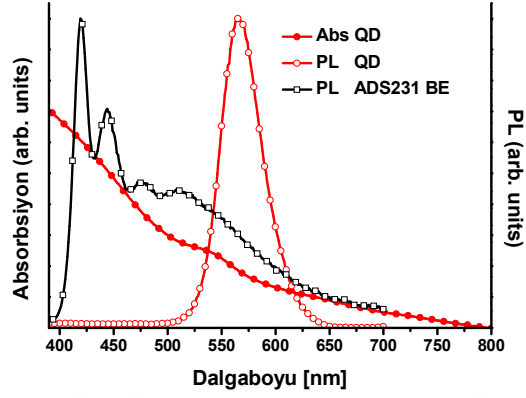
3.1. Polimer:QD Kompozitinin ve QD' nin Işıma Katmanında Kullanımı (Aygıt 1-3)

3.1.1. Aygıt 1: ITO/Al4083/ADS231BE:xkt%QD/Cs₂CO₃-Al

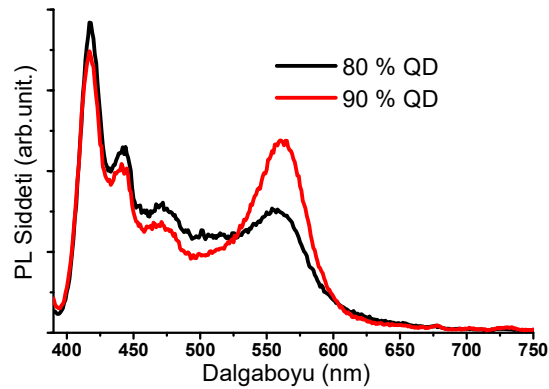
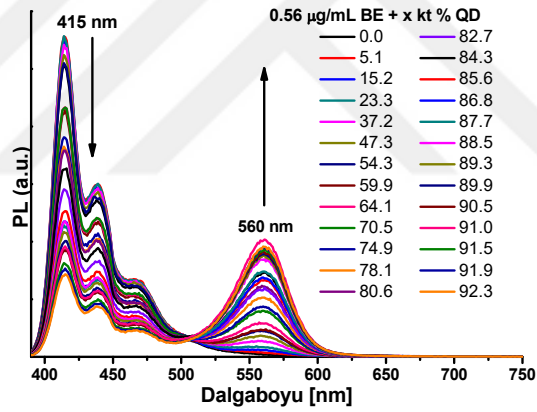
ADS231BE polimerinin ışıma katmanı olarak kullanıldığı ITO/Al4083/ADS231BE/Cs₂CO₃-Al aygıt yapısındaki OLED performans özellikleri ve kaplama dönü hızı gibi parametreler daha önce raporlanmıştır (Demir, 2014; Yeşil, 2017). Bu tez kapsamında ADS231BE polimerinin fotolüminesansı, QD malzemesinin absorpsiyon ve fotolüminesansı kuvars üzerine yapılan film kaplamaları ile ölçülmüş ve sonuçlar bir arada raporlanmıştır (Şekil 3.1). ADS231BE polimeri, çözelti fazında 415 nm lik bir ana piki takip eden 440 nm lik bir omuza ve 575 nm lere kadar azalarak devam eden bir fotolüminesansa sahiptir. QD' nin fotolüminesans maksimumu 560 nm dir ve ADS231BE polimerinden QD ya enerji transferi olma olasılığı vardır.

Polimer ve QD arasındaki enerji transfer olasılığı çözelti fazında incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 3.2 de polimer içerisinde artırılan kütlece% QD derişimine bağlı olarak raporlanmıştır. Katkılama ile beraber ADS231BE emisyonunda azalma ve QD emisyonunda artış gözlemlenmiştir. Ancak, polimer emisyonundaki azalışa tekabül eden QD emisyonunun gözlenebilmesi için ulaşılması gereken katkılama oranı oldukça yüksektir (kt% QD >%40) ve katkılama oranı kt %90 nın üzerine çıkarıldığında polimer ve QD emisyon tepeleri eşdeğer şiddete ulaşabilmiştir. Şiddetlerin eşdeğer duruma

gelmesi soğuk beyaz renkte bir elektrolüminesans elde edilebilir mi? sorusunu gündeme getirmiş olsa da hazırlanan aygıt, kısa devre özelliği göstermiştir.

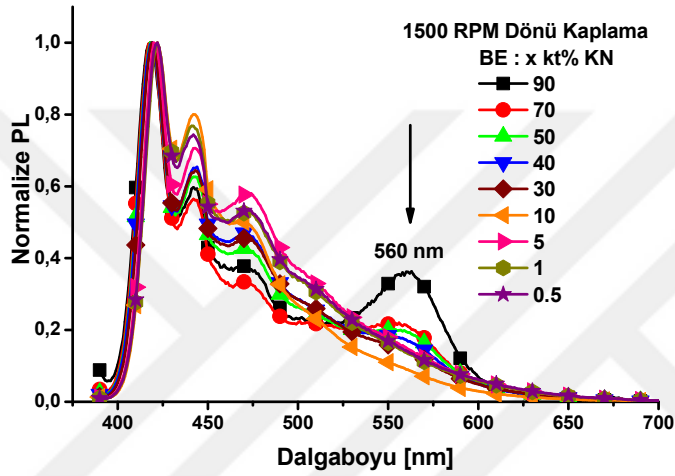


Şekil 3.1. QD' nin film fazı absorpsiyonu ve QD ve ADS231BE' nin film fazı absorpsiyon ve fotolüminesansı

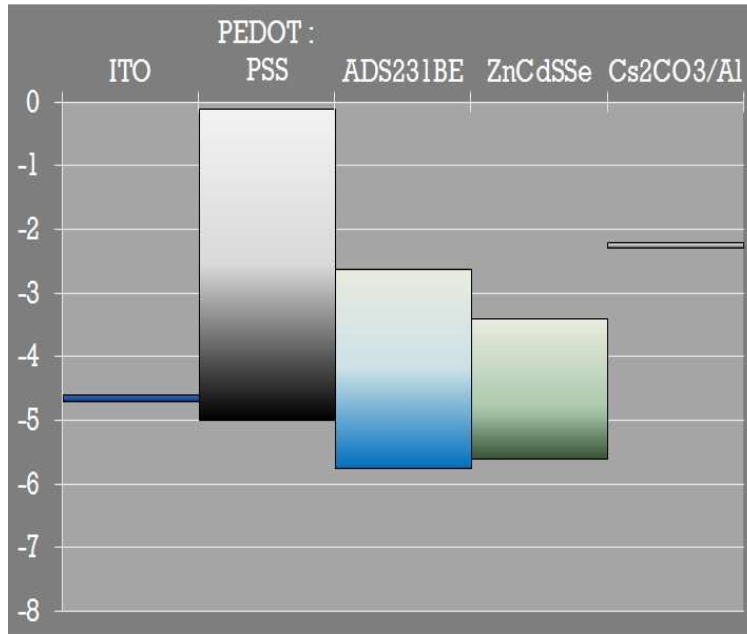


Şekil 3.2. ADS231BE üzerine kütlece QD eklenmesi ile fotolüminesanstaki değişim (çözelti fazı).

Çözelti fazında elde edilen sonuçlar ışığında, kuvars üzerine de farklı kütlece % değerlerine sahip katkılamaların film fazı fotoluminesans ölçümleri yapılmış, ADS231BE polimerine ait ilk pike göre normalize edilerek Şekil 3.3 de paylaşılmıştır. Film fazı sonuçlarına göre, QD den gelen ışığa %40 kütlece katkılama değerinde dahil olmak üzere daha yüksek katkılama değerlerinde elde edilmiştir.

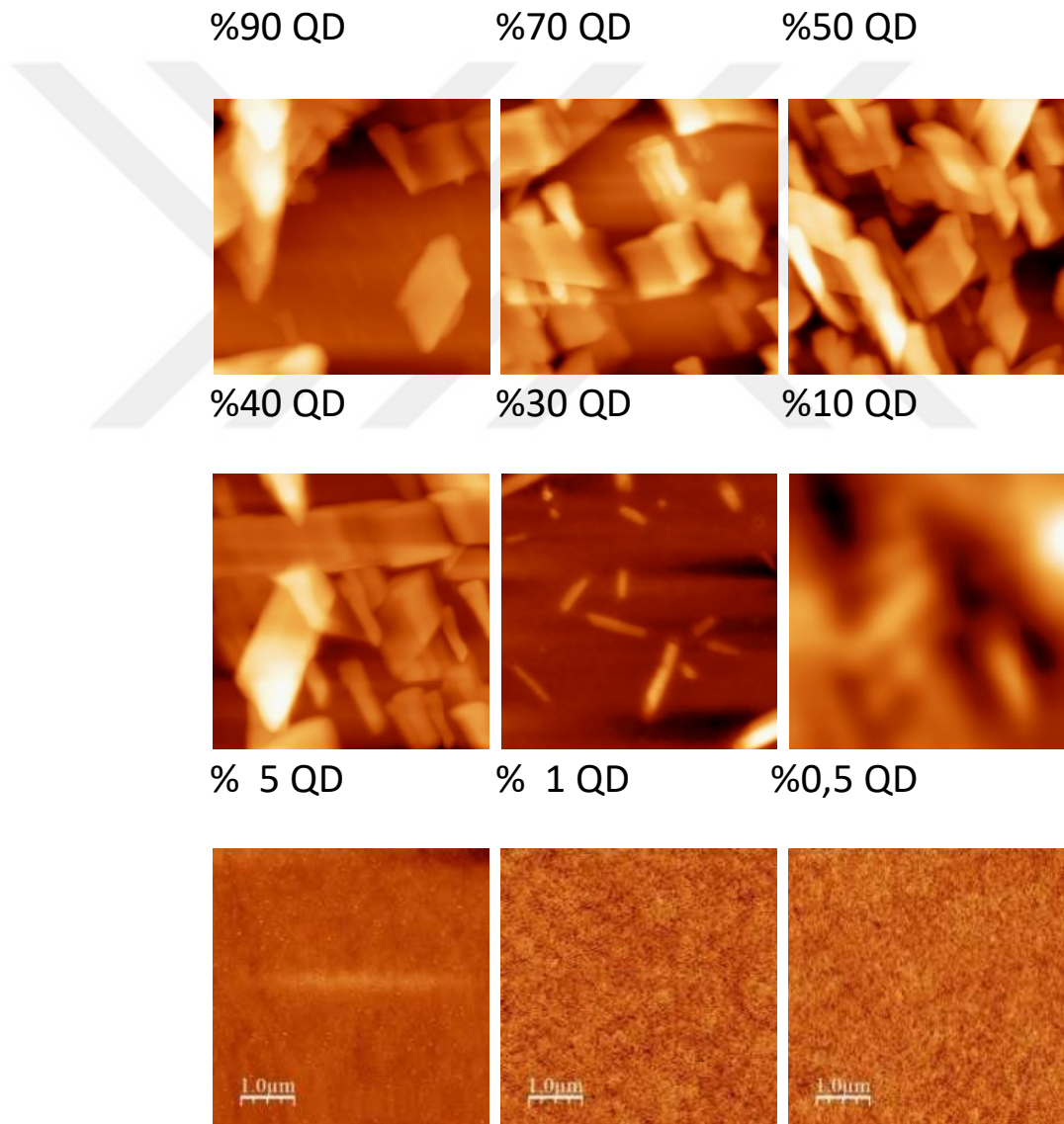


Şekil 3.3. ADS231BE:kt%QD film fazı fotoluminesans ölçümleri.



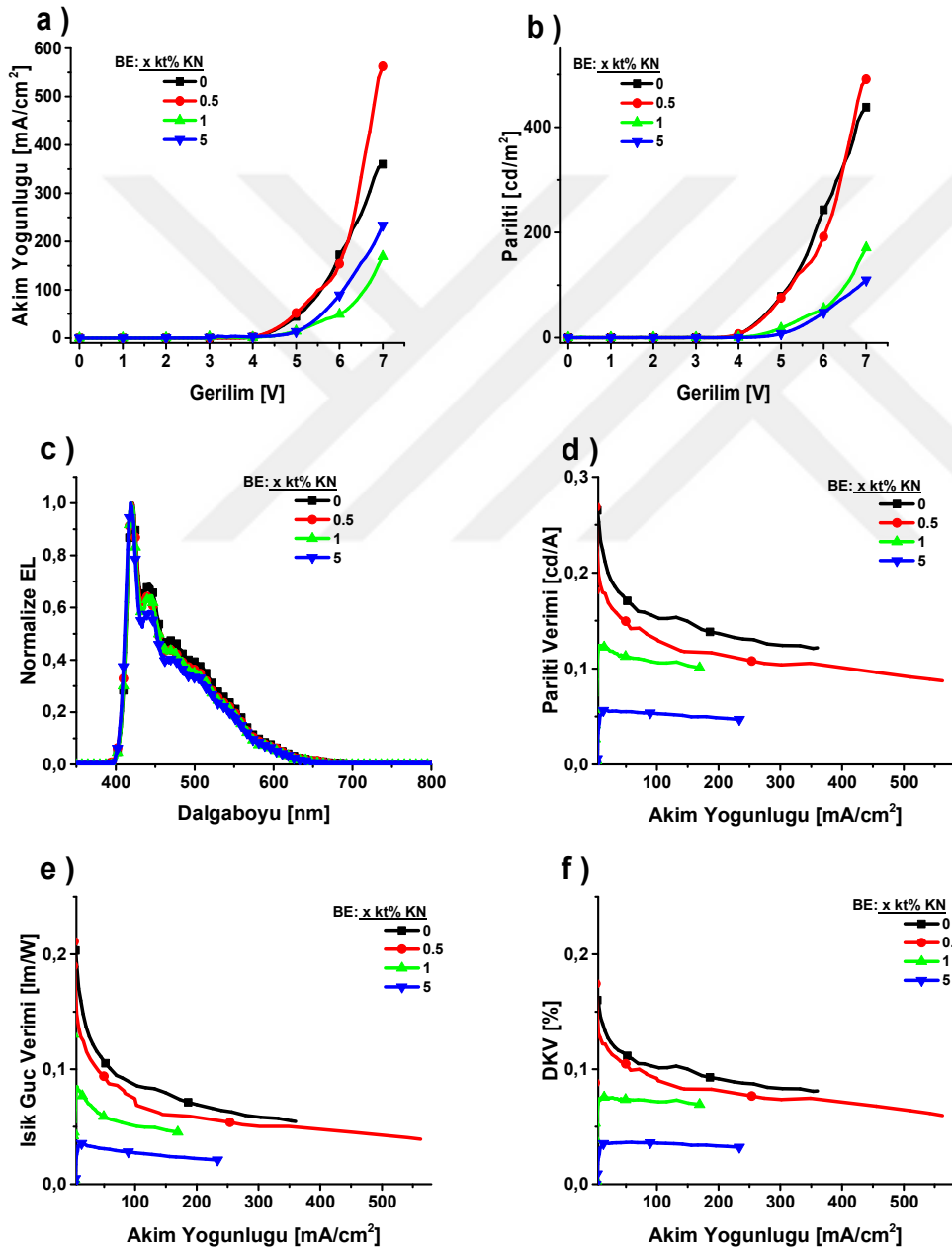
Şekil 3.4. ITO/Al4083/ADS231BE:xkt%QD/Cs₂CO₃-Al aygıtına ait enerji diyagramı

Aygıt enerji diyagramı Şekil 3. 4 de verilmiştir. Tüm katkılama oranları ile aygıtlar hazırlanmış ancak sadece kt % 0.5, 1 ve 5 katkılama değerlerindeki aygıtlardan elektrolüminesans alınabilmiştir. Bu durumun açıklanmasında hazırlana filmlerin AFM görüntülerine başvurulmuştur. Şekil 3.5 de QD katkılama oranına bağlı değişen yüzey topografyaları paylaşılmıştır. Görüleceği üzere, kt %5 lik katkılamanın üzerine çıkıldığında polimer yapısı gözlenememekte, QD' lerin paketlenmiş hali olduğu düşünülen kristaller oluşmaktadır.



Şekil 3.5. ADS231BE:kt%QD filmlerinin AFM görüntüleri

Çalışan hibrit aygıtların, QD olmadan üretilen referans aygıt ile beraber karakterizasyon sonuçları Şekil 3.6. de yer almaktadır. Aynı zamanda maksimum verim değerleri de Çizelge 3.1 de raporlanmıştır. Normalize elektrolüminesans spektrumu, Şekil 3.3. deki normalize fotolüminesans ile benzerlik göstermiş ve QD dan ışığa tespit edilememiş, aygıtın renk koordinatlarında değişiklik meydana gelmemiştir. Yalnızca artan QD katkılama yüzdesinin, aygıtı daha kararlı çalışır hale getirdiğini söyleyebilmek mümkün olabilir.



Şekil 3.6. ITO/PEDOT-PSS/ ADS231BE : x kt% QD / Cs₂CO₃/Al aygıtına ait a) akım yoğunluğu-gerilim, b) parlıltı-gerilim, c) Normalize EL -dalgaboyu, d) parlıltı verimi- akım yoğunluğu, e) ışık güç verimi-akım yoğunluğu ve f) DKV-akım yoğunluğu eğrileri.

Çizelge 3.1. 7 Volt gerilim altında hibrit aygıtta ait karakteristik değerler.

ADS231BE: x kt% QD	Gerilim [V]	Akım Yoğunluğu [mA/cm ²]	Parıltı [cd/m ²]	Parıltı Verimi [cd/A]	Işık Güç Verimi [lm/W]	DKV [%]	CIE	
							X	Y
0	7	360.02	438.0	0.122	0.055	0.081	0.19	0.21
0.5	7	562.56	491.2	0.087	0.040	0.060	0.19	0.20
1	7	169.20	170.9	0.101	0.045	0.070	0.19	0.21
5	7	233.59	109.7	0.047	0.021	0.032	0.19	0.21

3.1.2. Aygıt 2: ITO/Al4083/PVK/QD/ZnO/Al ve Aygıt 3: ITO/Al4083/PVK/QD/Ca-Al

Aktif katmanı QD olan aygıt için iki farklı mimari kullanılmıştır. Hazırlanan aygıtların akım-gerilim eğrileri diyot karakteristiği göstermekle birlikte anlamlı elektrolümünensans sonuçları elde edilememiştir. Aygıtlardan elde edilen verileri EK 1 ve EK 2 de verilmiştir.

3.2. Polimer:QD Kompozitinin ve QD' nin HT Katmanında Kullanımı (Aygıt 4)

3.2.1. Aygıt 4: ITO/Al4083:0.05kt% mGO(çözgen)/ADS231BE/ Cs₂CO₃-Al

Mavi ışık yayan ve ıslak kaplama süreçleri ile hazırlanan bir organik diyotta, poly(3,4-ethylenedioxythiophene)-poly(styrenesulfonate) (PEDOT:PSS)-modifiye grafen oksit (mGO) kompozitlerinin, boşluk taşıma katmanı olarak kullanımları için hazırlanan aygıtların enerji diyagramı Şekil 3.7'de verilmiştir. Genel yapıları aşağıdaki gibidir:

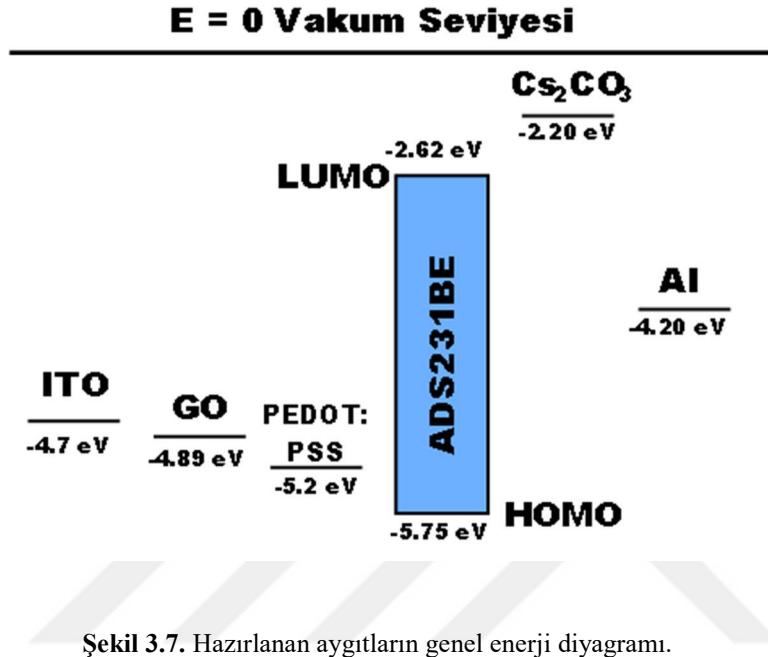
ITO/ Al4083/ ADS231BE / Cs₂CO₃ /Al

ITO/Al4083: kt% x GO/ ADS231BE / Cs₂CO₃/Al

ITO/Al4083:Çözgen/ADS231BE/ Cs₂CO₃/Al

ITO/Al4083:0.05 kt% mGO (çözgen)/ ADS231BE/ Cs₂CO₃ /Al

Al4083:mGO kompozit filmlerinde yüzey direnç, pürüzlülük ve optik geçirgenlik incelemeleri Halide Diker' in Doktora tezinde raporlanmıştır (Diker, 2017). Bu aşamada kullanılan x değeri 0.01, 0.03, 0.05, 0.07, 0.1, 0.2 şeklindedir ve mGO türevleri, DOA-, 2EHA-, n-PRPYL- ve PRPOH-GO'dur. Al4083, üç farklı çözügen ile (DMF, IPA ve EG) hacimce 1:1 oranlarında seyreltilerek kullanılmıştır.



3.2.1.1. ITO/Al4083: kt% x GO/ ADS231BE/ Cs₂CO₃ /Al

Hazırlanan aygıtların maksimum performans verileri Çizelge 3.2'de özetlenmiş ve EL ve tekabül eden diğer performans eğrileri, Şekil 3.8'te verilmiştir. Değişen GO katkılama oranı elde edilen renk koordinatlarında bir değişikliğe sebebiyet vermemiştir. Referans aygıtta, daha öncede tecrübe edildiği üzere (Demir, 2014), 7V civarında aygıt ani bir parlıltı ile yanmaktadır. Bu durumun, *p*-tipi yarı iletken olan ADS231BE nin yükseltgenme dayanımının düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür. GO katkılaması ile aygıtların maksimum çalışma potansiyellerinde bir iyileşme gözlenmemiştir. Akım yoğunluğu (*J*)-gerilim (*V*) eğrileri, Al4083 içinde GO varlığının sistem içi yük hareketini hızlandırdığını göstermektedir. Düşük kütlece katkılamalarla (kt % 0.01, 0.03, 0.05) hazırlanan aygıtlar, 6.5 ve 7 V dış gerilim altında referansa göre daha çok akım çekmektedirler. Bu potansiyel aralığında, düşük katkılama oranları ile elde edilen parlıltı, parlıltı verimi, güç verimi ve dış kuantum verimi (DKV) değerleri referansa göre iyileşme

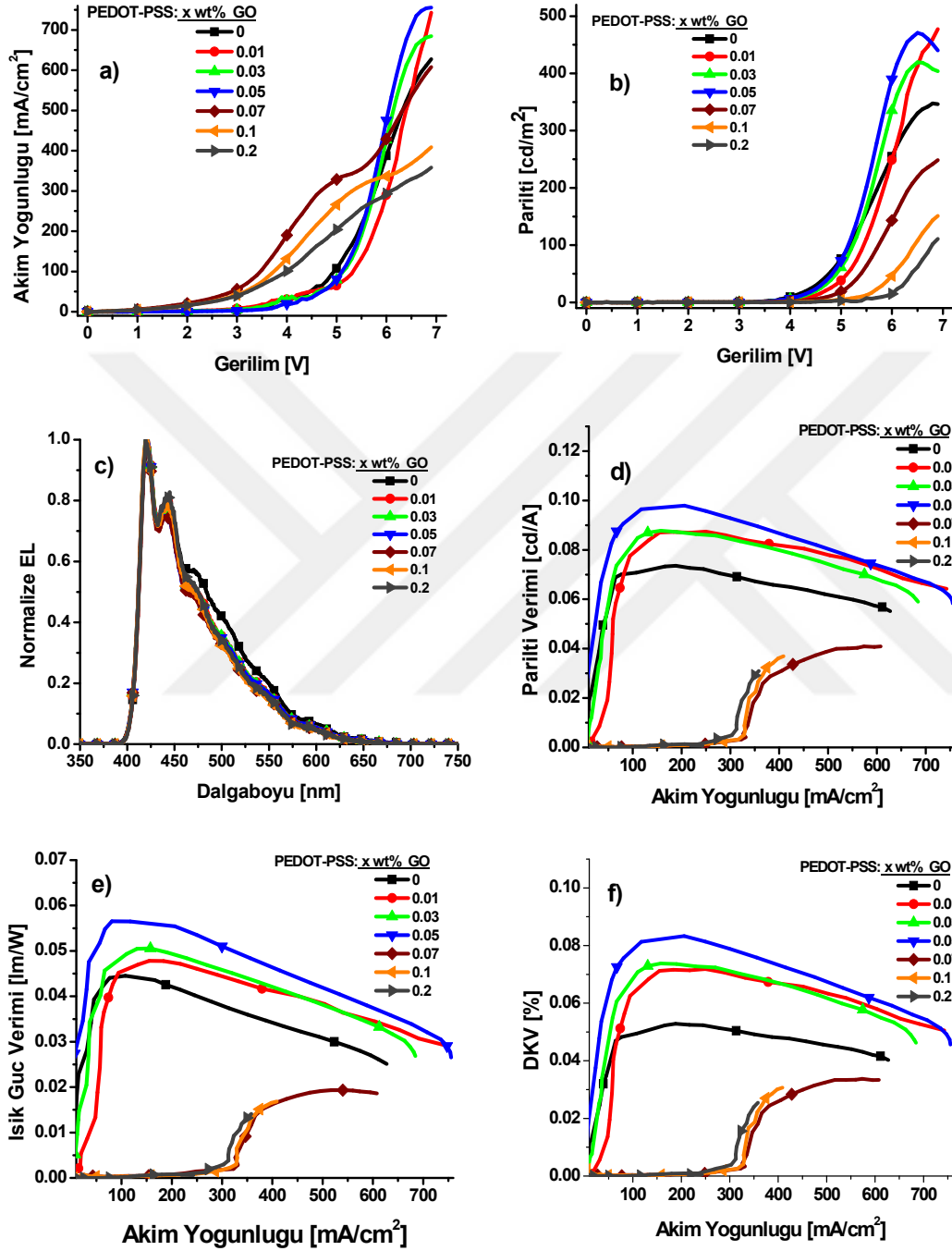
göstermiştir. Performans değerlerinde izlenen az da olsa iyileşme, GO unun enerji seviyesinin, Al4083 ün üzerinde oluşu sebebiyle, anottan emisyon katmanına boşluk taşımanın güçleşmesine ve böylece, emisyon katmanına enjekte edilen elektronlar ile ışımalı birleşme olasılığının artmasına bağlanmıştır.

Yüksek katkılama oranlarında ise (kt% 0.07, 0.1 ve 0.2) *J-V* eğrilerinde aygıtların farklı bir elektriksel karakteristik sergiledikleri görülmektedir. Bu aygıtların açılma gerilimleri, düşük katkılama oranlarına göre artmıştır ve daha hızlı akım çekmeye başlamışlardır. kt% 0.1 ve 0.2 katkılamalarda *J-V* eğrilerinde raporlanan negatif diferansiyel direnç (NDR) etkisi, katkılama ile artan sistem için kapasitif etkilere bağlanmıştır. Düşük katkılama oranlarının detay incelemesi ile elde edilen veriler düşüncemizi tam anlamıyla destekleyememiştir. Özellikle kt% 0.07 katkılamada, aygıt bir diyot eğrisinden diğerine geçiyormuş gibi bir karakteristik göstermektedir. 5 V öncesi yüksek katkılı aygıtların çektikleri akım kaçak akımdır ve ışımalı birleşme gözlenmemiştir. *J-V* eğrilerin şekli, NDR etkisinden ziyade Schottky etkisinin oluşma ihtimalini düşündürmüştür (Aydoğan, 2011). Literatürde, GO kullanımının Schottky bariyer oluşumuna sebebiyet verdiğini raporlayan çalışmalar vardır (Bin ve ark., 2015) ve bu olasılığın desteklenmesi için negatif yönde artan potansiyel altında elde edilecek *J-V* eğrileri kontrol edilmelidir (Aydoğan, 2011). Ancak bu çalışmalarda, tez kapsamındaki çalışmalarda gözlenenin aksine, açılma potansiyellerinin düşüşü raporlanmaktadır. Bu sebeple öncelikle, artan GO katkılama oranı ile emisyon katmanına enjekte edilen boşluk yoğunluğunun durumu incelenmiştir.

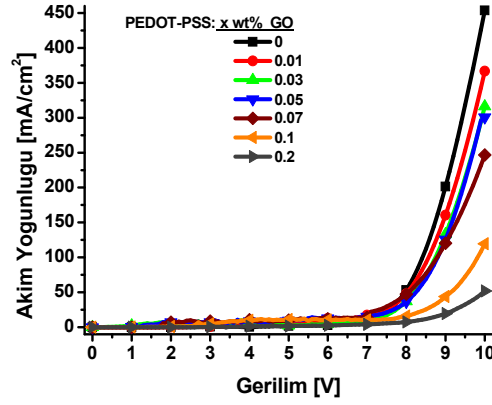
Çizelge 3.2. ITO/PEDOT-PSS: x kt% GO/ ADS231BE/ Cs₂CO₃/Al aygıtına ait maksimum performans verileri

PEDOT-PSS : kt% x GO	Maks. Çalışma Gerilimi V]	Maks. Akım Yoğunluğu [mA/cm ²]	Maks. Parıltı [cd/m ²]	Maks. Parıltı Verimi [cd/A]	Maks. Güç Verimi [lm/W]	Maks. DKV [%]
0	6.9	627.4	347.4	0.074	0.044	0.053
0.01	6.9	743.0	477.3	0.087	0.048	0.072
0.03	6.9	684.5	419.6	0.088	0.050	0.074
0.05	6.9	755.5	470.8	0.098	0.057	0.083
0.07	6.9	608.0	248.7	0.041	0.019	0.034
0.1	6.9	409.0	151.1	0.037	0.017	0.031
0.2	6.9	358.1	111	0.031	0.014	0.025

GO katkısı arttıkça sisteme enjekte olan boşlukların azaldığı düşüncesi, yalnızca boşluk taşımaya uygun aygıt mimarisi ile kontrol edilmiştir (Şekil 3.9). Katkılama oranının artması ile boşluk akımı düzenli olarak düşmektedir.



Şekil 3.8. ITO/PEDOT-PSS: x wt% GO/ ADS231BE/Cs₂CO₃/Al aygıtına ait a) akım yoğunluğu-gerilim, b) parıltı-gerilim, c) EL şiddeti -dalgaboyu, d) parıltı verimi- akım yoğunluğu, e) ışık güç verimi-akım yoğunluğu ve f) DKV-akım yoğunluğu eğrileri.



Şekil 3.9. ITO/PEDOT-PSS: x kt% GO/ ADS231BE/Cs₂CO₃/Au yapısındaki, sadece boşluk taşımına uygun aygıtta ait akım yoğunluğu-gerilim eğrisi

3.2.1.2. ITO/Al4083:Çözgen/ADS231BE/Cs₂CO₃/Al ve ITO/Al4083:0.05 kt% mGO (çözgen)/ ADS231BE/ Cs₂CO₃ /Al

Hazırlanan tüm aygıtlarda Al4083:mGO katkılama oranı kt%0.05 tir. Farklı çözümler içinde elde edilen performans verileri referans aygıtın performansları ile birlikte Çizelge 3.3' de özetlenmiştir. Katkılanan mGO türevleri arasında DOA-GO ve çözümler arasında İPA görece iyi performans sergilemiştir. Ancak, İPA çözgeni seçilen mGO türevlerinin tümü için uygun bir çözgen değildir. DOA-GO nun kullanıldığı aygıtlardan en yüksek verimler EG nin çözgen olarak kullanıldığı aygıtlardır. Bu sebeple, ITO/Al4083:0.05kt%DOA-GO/ADS231BE/Cs₂CO₃/Al ve ITO/Al4083:0.05kt%mGO(EG)/ADS231BE/ Cs₂CO₃/Al aygıtlarının performans eğrileri sırasıyla Şekil 3.10 ve Şekil 3.11'de verilmiş, diğer mGO türevlerinin DMF ve İPA içerisindeki performans eğrileri ise EK3-6 yer almaktadır.

Çizelge 3.3. ITO/Al4083:0.05 kt% mGO(çözgen)/ADS231BE/Cs₂CO₃/Al aygıtlarının maksimum performans değerleri

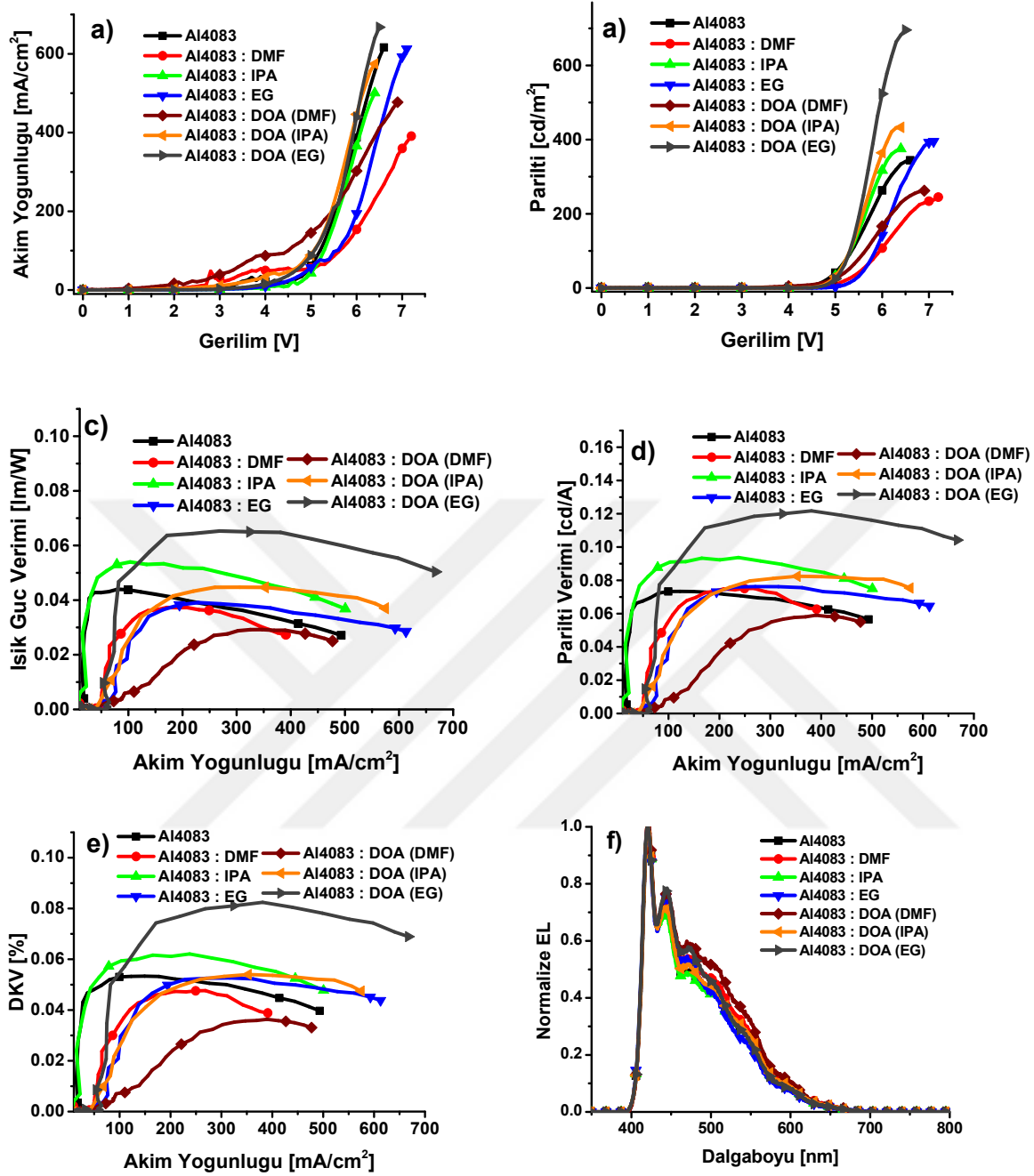
HTL	Çözgen	Çalışma Gerilimi [V]	Maks. Akım Yoğunluğu [mA/cm ²]	Maks. Parıltı [cd/m ²]	Maks. Parıltı Verimi [cd/A]	Maks. Güç Verimi [lm/W]	Maks. DKV [%]
Al4083	Su	6.9	627.4	347.4	0.074	0.044	0.053
Al4083: GO		6.9	755.5	470.8	0.098	0.057	0.083
Al4083	DMF	7.2	391.0	244.8	0.075	0.037	0.048
Al4083: GO		6.5	298.53	202.86	0.062	0.032	0.043
Al4083: DOA-GO		6.9	477.1	262.3	0.059	0.029	0.036
Al4083: 2EHA-GO		8.4	1011.4	46.6	0.004	0.002	0.002
Al4083: n-PRYL-GO		7.0	1992.8	719.6	0.036	0.017	0.020
Al4083: PRPOH-GO		6.7	1414.1	649.5	0.053	0.028	0.033
Al4083		EG	7.1	612.8	395.2	0.076	0.039
Al4083: GO	8.5		339.02	191.43	0.085	0.039	0.055
Al4083: DOA-GO	6.5		667.6	695.6	0.122	0.065	0.082
Al4083: 2EHA-GO	6.5		753.5	581.6	0.080	0.041	0.054
Al4083: n-PRYL-GO	7.1		682.8	334.6	0.054	0.026	0.036
Al4083: PRPOH-GO	6.7		574.1	396.2	0.077	0.040	0.054
Al4083	İPA		6.4	500.7	375.4	0.094	0.054
Al4083: DOA-GO		6.4	574.7	433.1	0.082	0.045	0.054
Al4083: 2EHA-GO		6.6	439.9	255.9	0.061	0.031	0.038
Al4083: n-PRYL-GO		6.5	837.6	550.1	0.076	0.042	0.049

Halide Diker'in Doktora tezinde, hem çözgen hem de mGO katkısı ile yüzey direnç düşüşleri tespit edilmiştir (Diker, 2017). Al4083:çözgen karışımlarından elde edilen filmlerde yüzey direnç sıralaması DMF>EG>İPA şeklindedir. Daha

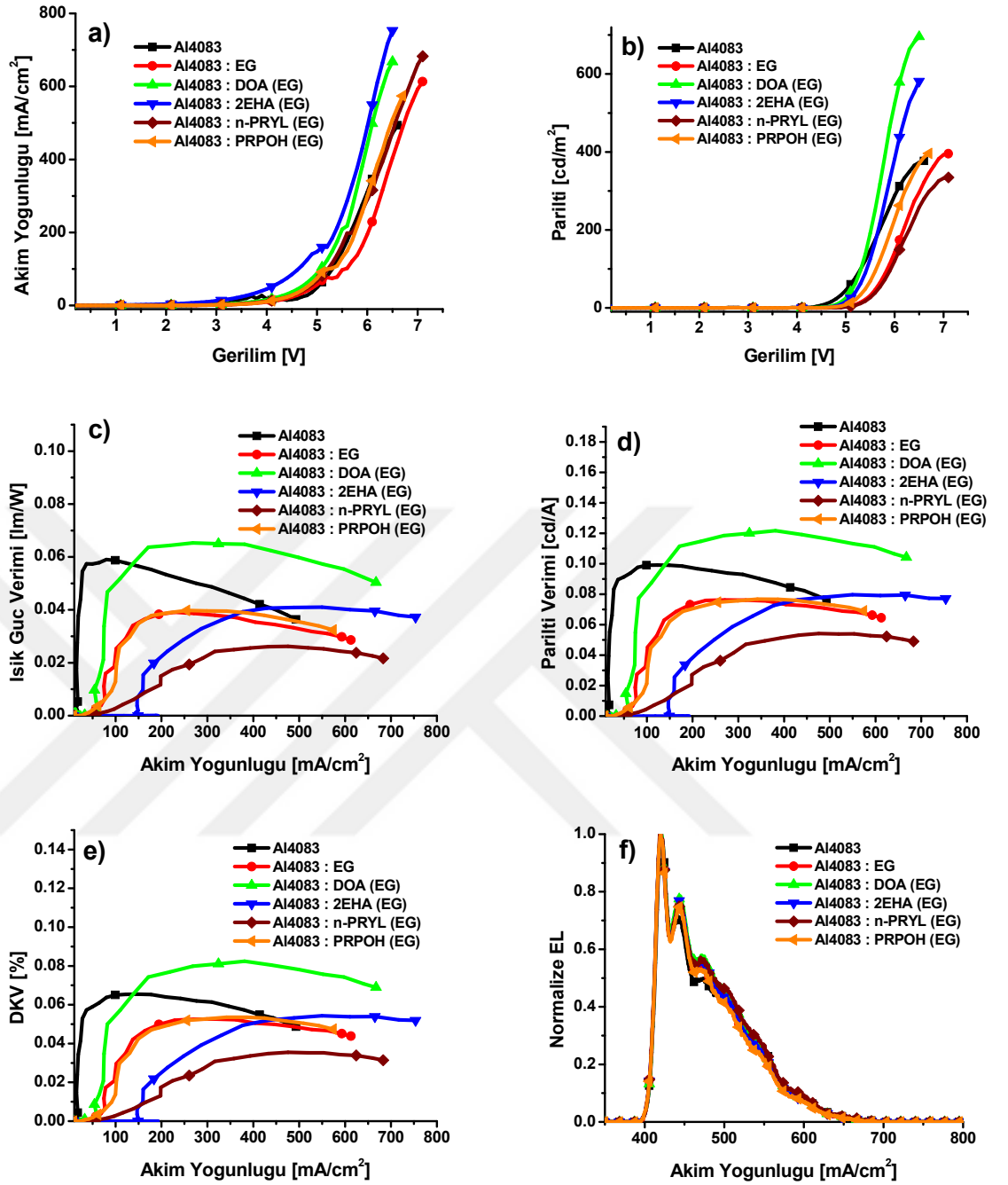
önce de belirtildiği gibi ADS231BE, p-tipi bir yarıiletkenidir. HTL katmanında iletkenlik artışı, HTL den emisyon katmanına aktarılacak yükün artmasına, aygıt paralel direncinin düşmesine ve ışımsız birleşme olasılıklarının artmasına sebep olabilir. Bu durum, aygıt performanslarında düşüşü beraberinde getirir. Ayrıca, iletkenlik artışı ile kapasitif etkiler de azalacaktır. İlk söz edilen ihtimalin baskın olması durumunda verim değerlerinin $DMF < EG < İPA < su$ sıralamasında olması beklenir. Ancak, Çizelge 3.3' de verilen performanslar incelendiğinde durumun bu olmadığı görülecektir; $su \cong DMF \cong EG < İPA$ durumu söz konusudur. Kapasitans, dielektrik sabitin fonksiyonudur ve birbiri ile doğru orantılıdır (Streetman, 1995). Kullanılan çözenler içerisinde İPA en düşük dielektrik sabiti değerine sahiptir. İPA'nın taşıdığı bu özellik, paralel kapasitansı etkilemiş ve kaçak akım oluşumunu inhibe etmiş olabilir. Ayrıca, su ve İPA'nın dipol momentleri birbirine oldukça yakındır ve Al4083:DMF ve Al4083:EG filmlerinin HTL olarak kullanıldığı aygıtlarda kaçak akım gözlenmektedir (Şekil 3.10).

mGO türevlerinin Al4083:çözen kompozitlerine eklenmesi ile en iyi performansın elde edildiği, çözen ortamı da değişmiştir. Çözgenin EG olduğu Al4083:DOA-GO kompoziti verim değerleri ile diğer tüm kompozitlerden daha yüksektir. Bu durumun hazırlanan filmin yüksek pürüzlülüğü nedeniyle artan kapasitanstan ve paralel direnç azalışından kaynaklandığı düşünülmektedir. Al4083:DOA-GO kompozitlerinin kullanıldığı aygıtlarda, çözen değişimi kaçak akım değerlerini etkilememiştir. Ayrıca, çözen ne olursa olsun sürülme akımı altındaki dayanımların artışı gözlenmektedir (Şekil 3. 11).

Kaçak akımlar özellikle Al4083:2EHA-GO ve Al4083:n-PRYL-GO kompozitlerinde ve çözgenin DMF olduğu durumda gözlenmiştir. Bu aygıtların EL eğrilerinde, yaklaşık 500 nm'ye tekabül eden omuz bölgesinde şiddet artışı söz konusudur. Bu artışın nedenin, kaçak akımın sebebiyet verdiği aygıt içi ısınmanın ADS231BE'yi bozması ve fluorenil polimerinde keto defektlerin oluşumu olduğu düşünülmektedir (Memisoglu and Varlikli, 2012)



Şekil 3.10. ITO/Al4083:Çözgen/ADS231BE/Cs₂CO₃/Al ve ITO/Al4083:0.05 kt% DOA-GO (Çözgen)/ADS231BE/Cs₂CO₃/Al aygıtlarının performans eğrileri a) Akım Yoğunluğu -, b) Parlıltı - Gerilim, c) Işık Güç Verimi -, d) Parlıltı Verimi-, e) Dış Kuantum Verimi - Akım Yoğunluğu, f) Normalize Elektrolüminesans - Dalgaboyu



Şekil 3.11. ITO/Al4083:EG/ADS231BE/Cs₂CO₃/Al ve ITO/Al4083:0.05 kt% mGO(EG)/ADS231BE/Cs₂CO₃/Al aygıtlarının performans eğrileri a) Akım Yoğunluğu -, b) Parliti - Gerilim, c) Işık Güç Verimi -, d) Parliti Verimi-, e) Dış Kuantum Verimi - Akım Yoğunluğu, f) Normalize Elektrolüminesans - Dalgaboyu

4. ÖNERİLER

Hibrit aygıtların normalize edilmiş elektrolüminesans eğrilerinde de görüldüğü üzere QD malzemesinden herhangi bir ışıma elde edilememiştir. Ancak QD katkılanması ile 450 nm dalgaboyundan sonra eğriler referansa göre biraz daha düşük değerlerdedir. Buna göre QD malzemesine enerji transferi gerçekleşmiş ancak ışıma yapı içinde sönmülmüş olabilir. Her ne kadar AFM görüntüleri bu katkılama oranlarında bir kümelenmeye işaret etmese de SEM ve TEM ile inceleme yapmak gerekli olabilir.

QD materyalinin ince filmleri dönü kaplama tekniği ile oluşturulmuştur. Bu teknik her ne kadar literatürde QD için kullanılmış olsa da bizim elde ettiğimiz nicel gözlemler sonucu filmler düzgün dağılmamaktadır. Bu nedenle de üretilen QDLED ler anlık bir ışıma vermiştir ve ardından aygıtlar bozularak ikinci bir ölçüme olanak vermemektedir. Aygıtların verimleri ve ömürleri çok düşüktür. Bu problemi aşmak için literatürde yer alan diğer ıslak kaplama teknikleri de değerlendirilebilir. Örneğin ; ink-jet tekniği.

Üretilen aygıtların optik ve elektronik karakteristiklerinin ölçümü, eldivenli kutu içerisinde bulunan entegre küre, dışarıdan bağlı bir kaynak ve de bu sistemi kontrol eden bilgisayar sayesinde gerçekleştirilmektedir. Bir cam altlık üzerine 4 adet paralel aygıt üretilmekte ve bunların her birinin ölçümü için her seferinde eldivenli kutu içinde elle anahtarlama yapılmaktadır. Eldivenlerin her takılıp çıkarılması ise cihazın basınç dengesini değiştirmekte ve buna bağlı olarak cihaz gaz harcaması yapmaktadır. Bu kaybı azaltmak için ölçüm sistemini kontrol eden bilgisayarın bu anahtarlama sürecini dışarıdan dijital olarak USB yolu ile kontrol edebilmesini sağlamak adına bir aygıt tasarımı yapılmıştır. Bilgisayar yazılım arayüzü, devre şeması ve de programlanabilir entegrenin yazılımı EK 7' de paylaşılmıştır.

KAYNAK DİZİNİ

Aydoğan, S., 2014. Katı Hal Fiziđi. Nobel Yayıncılık.

Aydoğan, Ő., 2011. Katıhal Fiziđi. Nobel Yayın.

Bin, Z., Duan, L., Qiu, Y., 2015. Air stable organic salt as an n-type dopant for efficient and stable organic light-emitting diodes. ACS Appl. Mater. Interfaces 7, 6444–6450. doi:10.1021/acsami.5b00839

Cattanes, Lorena; Maeda, Chiharu; Petersen, R., 2006. OLEDs. doi:10.1364/OPE.2006.OPMA4

Chaudhary, S., Ozkan, M., Chan, W.C.W., 2012. Trilayer hybrid polymer-quantum dot light-emitting diodes Trilayer hybrid polymer-quantum dot light-emitting diodes. Appl. Phys. Lett. 2925, 10–13. doi:10.1063/1.1699476

Chen, D., Cai, X., Li, X.-L., He, Z., Cai, C., Chen, D., Su, S.-J., 2017. Efficient solution-processed red all-fluorescent organic light-emitting diodes employing thermally activated delayed fluorescence materials as assistant hosts: molecular design strategy and exciton dynamic analysis. J. Mater. Chem. C 5, 5223–5231. doi:10.1039/C7TC01164D

Colvin, V. L.; Schlamp, M. C.; Alivisatos, A.P., 1994. Light-emitting diodes made from cadmium selenide nanocrystals and a semiconducting polymer. Nature 370, 354–357. doi:10.1038/370354a0

Dabbousi, B.O., Bawendi, M., Onitsuka, O., Rubner, M.F., 1995. Electroluminescence from CdSe quantum-dot / polymer composites. Appl. Phys. Lett. 66, 1316–1318. doi:10.1063/1.113227

Demir, N., 2014. Sarı ve Mavi Işıma Yapan Konjuge Polimer-CuInS₂ Kuantum Parçacığı Hibritlerinde Foto-Fiziksel Davranışların Tespiti ve OLED Uygulamaları. Ege Üniversitesi.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Diker, H., 2017. Organik Fotonik Sistemlerde Kullanılabilecek Grafen Oksit Sentezi ve Karakterizasyonu. Ege University.
- Earmme, T., Jenekhe, S. a., 2012. High-performance multilayered phosphorescent OLEDs by solution-processed commercial electron-transport materials. *J. Mater. Chem.* 22, 4660. doi:10.1039/c2jm14347j
- Ezhili, G., Akshaya, V.S., 2013. Flexible OLED on a Polyimide Substrate. *Int. J. Res. Eng. Adv. Technol.* 1.
- Fernandez-Argüelles, M.T., Yakovlev, A., Sperling, R. a, Luccardini, C., Gaillard, S., Medel, A.S., Mallet, J.-M., Brochon, J.-C., Feltz, A., Oheim, M., Parak, W.J., 2007. Synthesis and characterization of polymer-coated quantum dots with integrated acceptor dyes as FRET-based nanoprobe. *Nano Lett.* 7, 2613–2617.
- Fu, Q., Chen, J., Shi, C., Ma, D., 2012. Solution-processed small molecules as mixed host for highly efficient blue and white phosphorescent organic light-emitting diodes. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 4, 6579–6586. doi:10.1021/am301703a
- Gupta, N., Grover, R., Mehta, D.S., Saxena, K., 2015. Efficiency enhancement in blue organic light emitting diodes with a composite hole transport layer based on poly(ethylenedioxythiophene):poly(styrenesulfonate) doped with TiO₂ nanoparticles. *Displays* 39, 104–108. doi:10.1016/j.displa.2015.09.004
- Ho, C.-L., Wong, W.-Y., Zhou, G.-J., Yao, B., Xie, Z., Wang, L., 2007. Solution-Processible Multi-component Cyclometalated Iridium Phosphors for High-Efficiency Orange-Emitting OLEDs and Their Potential Use as White Light Sources. *Adv. Funct. Mater.* 17, 2925–2936. doi:10.1002/adfm.200601205

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- HOOGLAND, S., 2008. The Fuss About Quantum Dots UNIVERSITY OF TORONTO. Photonics Spectra <http://www.photonics.com/Article.aspx?AID=31908>.
- Jin, H., Sturm, J.C., 2009. 40.2: Super-High Resolution Transfer Printing for Full-Color OLED Display Patterning. SID Symp. Dig. Tech. Pap. 40, 597. doi:10.1889/1.3256848
- Kabra, D., Lu, L.P., Song, M.H., Snaith, H.J., Friend, R.H., 2010. Efficient single-layer polymer light-emitting diodes. Adv. Mater. 22, 3194–8. doi:10.1002/adma.201000317
- Kate, T.; Sehgal, Pooja; Jasuja, N., 2018. NTSC vs. PAL [WWW Document]. URL https://www.differen.com/difference/NTSC_vs_PAL#Differences_in_Color_Encoding_in_PAL_and_NTSC (accessed 1.9.BC).
- Kim, J.-H., Yang, H., 2014. All-solution-processed, multilayered CuInS₂/ZnS colloidal quantum-dot-based electroluminescent device. Opt. Lett. 39, 5002–5.
- Kim, J.K., Bae, S., Yi, Y., Park, M.J., Kim, S.J., Myoung, N., Lee, C.-L., Hong, B.H., Park, J.H., 2015. Origin of White Electroluminescence in Graphene Quantum Dots Embedded Host/Guest Polymer Light Emitting Diodes. Sci. Rep. 5, 1–11. doi:10.1038/srep11032
- Kim, Y.-H., Wai Cheah, K., Young Kim, W., 2013. High efficient white organic light-emitting diodes with single emissive layer using phosphorescent red, green, and blue dopants. Appl. Phys. Lett. 103, 53307. doi:10.1063/1.4816038

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kwak, J., Bae, W.K., Lee, D., Park, I., Lim, J., Park, M., Cho, H., Woo, H., Yoon, D.Y., Char, K., Lee, S., Lee, C., 2012. Bright and efficient full-color colloidal quantum dot light-emitting diodes using an inverted device structure. *Nano Lett.* 12, 2362–6. doi:10.1021/nl3003254
- Kwon, W., Kim, Y.H., Lee, C.L., Lee, M., Choi, H.C., Lee, T.W., Rhee, S.W., 2014. Electroluminescence from graphene quantum dots prepared by amidative cutting of tattered graphite. *Nano Lett.* 14, 1306–1311. doi:10.1021/nl404281h
- Li, Y., Rizzo, A., Mazzeo, M., Carbone, L., Manna, L., Cingolani, R., Gigli, G., 2005. White organic light-emitting devices with CdSe/ZnS quantum dots as a red emitter. *J. Appl. Phys.* 97, 0–4. doi:10.1063/1.1921341
- Lighting, S., 2012. Manufacturing Roadmap.
- Lim, J., Park, M., Bae, W.K., Lee, D., Lee, S., Lee, C., Char, K., 2013. Highly efficient cadmium-free quantum dot light-emitting diodes enabled by the direct formation of excitons within InP@ZnSeS quantum dots. *ACS Nano* 7, 9019–26. doi:10.1021/nn403594j
- Luo, Z., Chen, Y., Wu, S., College, T., Florida, C., 2013. Wide color gamut LCD with a quantum dot backlight 21, 26269–26284. doi:10.1364/OE.21.026269
- Mashford, B.S., Stevenson, M., Popovic, Z., Hamilton, C., Zhou, Z., Breen, C., Steckel, J., Bulovic, V., Bawendi, M., Coe-Sullivan, S., Kazlas, P.T., 2013. High-efficiency quantum-dot light-emitting devices with enhanced charge injection. *Nat. Photonics* 7, 407–412. doi:10.1038/nphoton.2013.70
- Memisoglu, G., Varlikli, C., 2012. Highly Efficient Organic UV Photodetectors Based on Polyfluorene and Naphthalenediimide Blends: Effect of Thermal Annealing. *Int. J. Photoenergy* 2012, 1–11. doi:10.1155/2012/936075

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Mertens, R., 2017. The EU LEO project developed efficient and cost-effective OLED lighting technologies [WWW Document]. URL <https://www.oled-info.com/eu-leo-project-developed-efficient-and-cost-effective-oled-lighting-technologies> (accessed 12.6.BC).
- Merters, R., 2016. UBI: solution-processed OLED TVs to emerge by 2019 [WWW Document]. URL <https://www.oled-info.com/ubi-solution-processed-oled-tvs-emerge-2019> (accessed 11.30.BC).
- Oner, I., 2015. Organometalik Komplekslere Dayalı Beyaz OLED Aydınlatma aygıtı Yapım ve Karakterizasyonları. Ege University.
- Ozek, F., 1998. Katı Hal Elektronik. Ankara Üniversitesi Doner Sermaye İşlet.
- Saygili, G., 2012. Hybrid Device Fabrication and Characterization to Improve Organic Light Emitting Diode Performances. Ege University.
- Schlamp, M.C., Peng, X., Alivisatos, A.P., 1997. Improved efficiencies in light emitting diodes made with CdSe, CdS ... core / shell type nanocrystals and a semiconducting polymer. *J.Appl.Phys.* 82, 5837–5842. doi:10.1063/1.366452
- Serway, R. A.; Beichner, R. J.; Jewett, Jr., J. W., 2007. Fizik 2. Palme Yayıncılık
- Seth Coe, Wing-Keung Woo, M.B.& V.B., 2002. Electroluminescence from single monolayers of nanocrystals in molecular organic devices. *Nature* 420, 3–6. doi:10.1038/nature01299.1.
- Shirasaki, Y., Supran, G.J., Bawendi, M.G., Bulović, V., 2013. Emergence of colloidal quantum-dot light-emitting technologies. *Nat. Photonics* 7, 13–23. doi:10.1038/nphoton.2012.328

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Steckel, J.S., Snee, P., Coe-Sullivan, S., Zimmer, J.P., Halpert, J.E., Anikeeva, P., Kim, L.A., Bulovic, V., Bawendi, M.G., 2006. Color-saturated green-emitting QD-LEDs. *Angew. Chemie - Int. Ed.* 45, 5796–5799. doi:10.1002/anie.200600317
- Streetman, Ben G.; Banerjee, S.K., 2015. *Solid State Electronic Devices*. Pearson Education Limited.
- Streetman, B.G., 1995. *Solid State Electronic Devices*.
- Thejo Kalyani, N., Dhoble, S.J., 2012. Organic light emitting diodes: Energy saving lighting technology—A review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 16, 2696–2723. doi:10.1016/j.rser.2012.02.021
- Thiery, S., Tondelier, D., Geffroy, B., Jacques, E., Robin, M., Métivier, R., Jeannin, O., Rault-Berthelot, J., Poriel, C., 2015. Spirobifluorene-2,7-dicarbazole-4'-phosphine Oxide as Host for High-Performance Single-Layer Green Phosphorescent OLED Devices. *Org. Lett.* 17, 4682–4685. doi:10.1021/acs.orglett.5b02027
- Wood, V., Bulović, V., 2010. Colloidal quantum dot light-emitting devices. *Nano Rev.* 1, 1–7. doi:10.3402/nano.v1i0.5202
- Yang, Y., Zheng, Y., Cao, W., Titov, A., Hyvonen, J., Manders, J.R., Xue, J., Holloway, P.H., Qian, L., 2015. High-efficiency light-emitting devices based on quantum dots with tailored nanostructures. *Nat. Photonics* 1–9. doi:10.1038/nphoton.2015.36
- Yeşil, F., 2017. İletken Geçirgen Oksit İçermeyen Mavi Organik Işık Yayan Diyotlarda Grafen Oksitin Etkilerinin Araştırılması. Ege Üniversitesi.
- Yu, D.X., 2011. Light-emitting devices with conjugated polymers. *Int. J. Mol. Sci.* 12, 1575–94. doi:10.3390/ijms12031575

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Zhu, H., Fang, Z., Preston, C., Li, Y., Hu, L., 2014. Transparent paper: fabrications, properties, and device applications. *Energy Environ. Sci.* 7, 269. doi:10.1039/c3ee43024c



ÖZGEÇMİŞ

HAKAN BOZKURT



TC Kimlik No : 17035337964

Doğum Yılı : 1990

Yazışma Adresi : İnönü Mah. 1009 Sok. No:52 D:1 Bornova/İZMİR

Telefon : 05535154483

E-posta : hakanbozkurt.gee@gmail.com

EĞİTİM BİLGİLERİ

Ege Üniversitesi FEN FAKÜLTESİ Fizik Bölümü Lisans 2013

YAYINLARI

SCI kapsamına giren yayınlar

- Controlling the distribution of oxygen functionalities on GO and utilization of PEDOT:PSS-GO composite as hole injection layer of a solution processed blue OLED, Halide Diker, Gamze Belkıs Durmaz, Hakan Bozkurt, Fatih Yeşil, Canan Varlıkl, Current Applied Physics, Volume 17, Issue 4, April 2017, Pages 565–572

Hakemli konferans/sempozyumların bildiri kitaplarında yer alan yayınlar

- PEDOTPSS:GO blend as hole transport layer of a solution processed blue emitting OLED, International Symposium for the 80th Birthday of Prof. Alan J. Heeger, 2016
- Application of PEDOTPSS and rGO as TCO alternate in a solution processed blue emitting OLED, International Symposium for the 80th Birthday of Prof. Alan J. Heeger, 2016
- Photophysical Study of P3HT:QD Bilayer Thin Films for Photovoltaic Applications, International Semiconductor Science and Technology Conference (ISSTC) 2015, 2015
- Solution and Film Phase Optical Characterization of PolymerZnCdSSe Blends for Organic Light Emitting Diode Applications, International Semiconductor Science and Technology Conference (ISSTC) 2015, 2015

EKLER

EK 1. ITO/PEDOT-PSS/ PVK / QD / ZnO /Al aygıtlarının performans eğrileri

EK 2. ITO/PEDOT-PSS/ PVK / QD / Ca /Al aygıtlarının performans eğrileri

EK 3. ITO/Al4083:0.05 kt% GO/ADS231BE/Cs₂CO₃/Al aygıtlarının performans eğrileri

EK 4. ITO/Al4083:0.05 kt% 2EHA-GO/ADS231BE/Cs₂CO₃/Al aygıtlarının performans eğrileri

EK 5. ITO/Al4083:0.05 kt% n-PRYL-GO/ADS231BE/Cs₂CO₃/Al aygıtlarının performans eğrileri

EK 6. ITO/Al4083:0.05 kt% PRPOH-GO/ADS231BE/Cs₂CO₃/Al aygıtlarının performans eğrileri

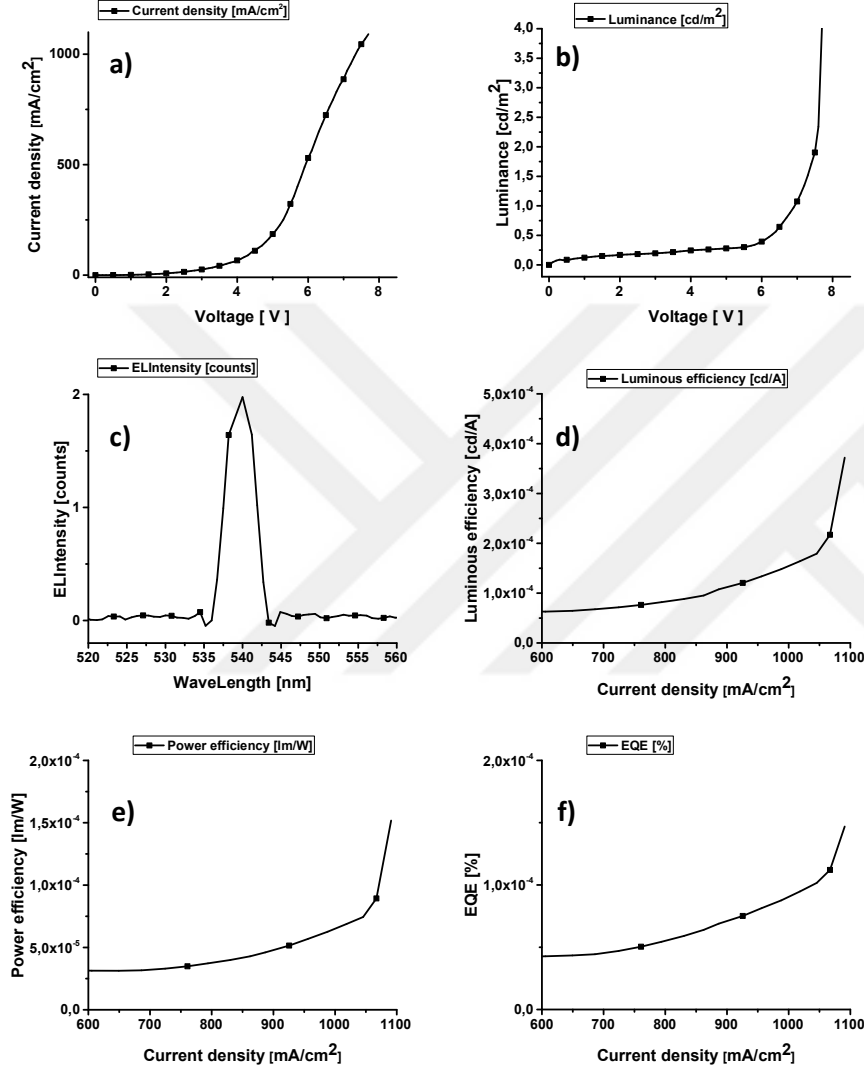
EK 7. Anahtarlama Aygıtı Devre Şeması

EK 8. Anahtarlama Aygıtı Bilgisayar Yazılımı

EK 9. Anahtarlama Aygıtı Entegre Yazılımı

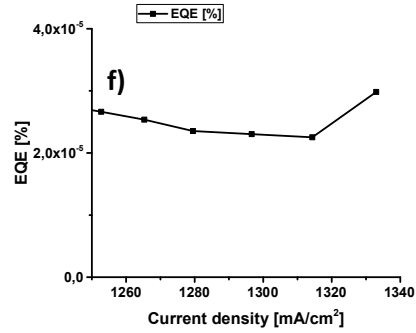
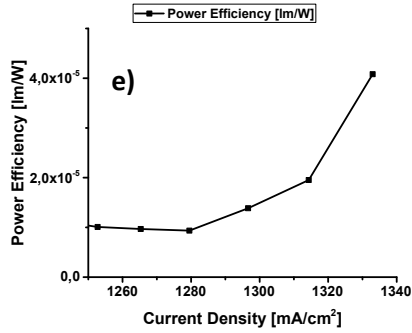
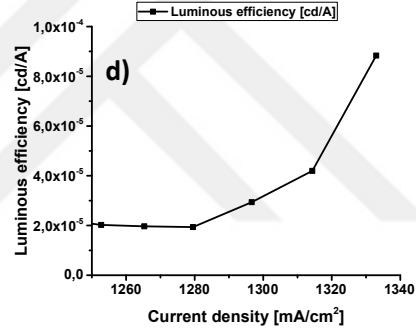
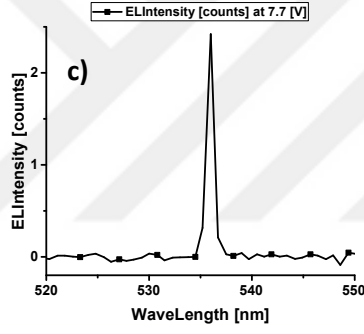
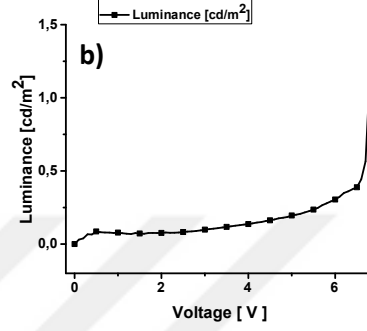
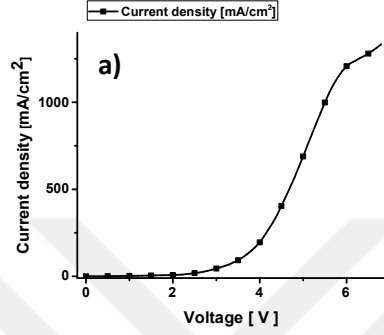
EK 1. ITO/PEDOT-PSS/ PVK / QD / ZnO /Al aygıtlarının performans eğrileri

a) Akım Yoğunluğu - Gerilim, b) Parlıltı - Gerilim, c) EL Şiddeti - Dalgaboyu, d) Parlıltı Verimi - Akım Yoğunluğu, e) Işık Güç Verimi - Akım Yoğunluğu ve f) DKV - Akım Yoğunluğu



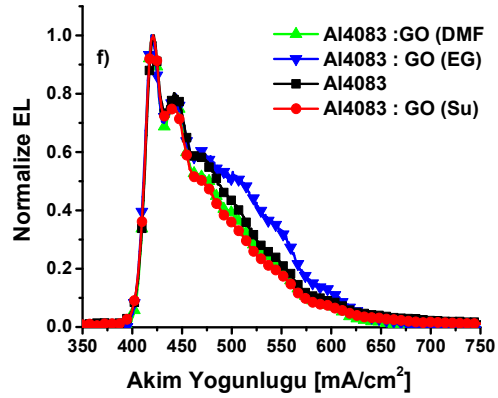
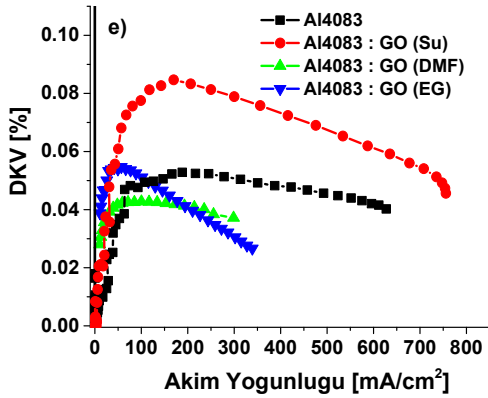
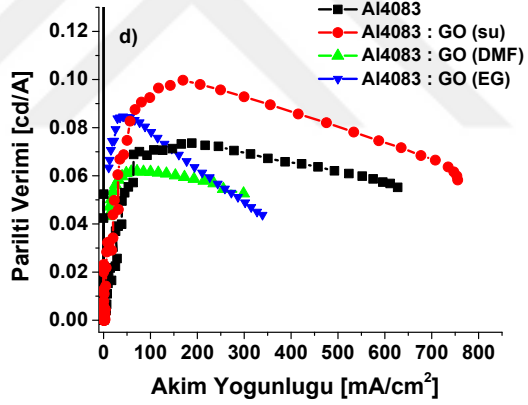
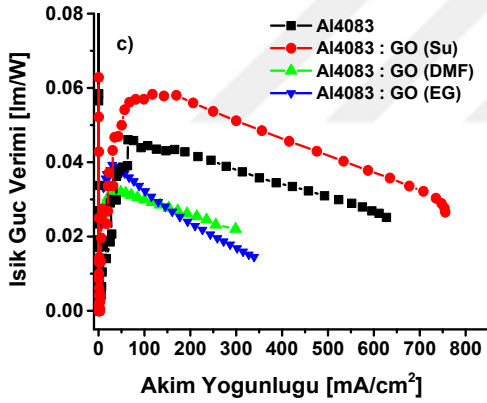
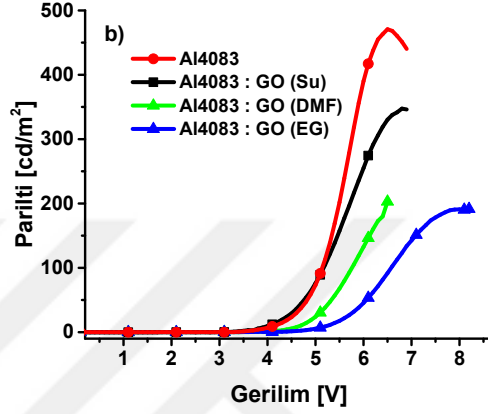
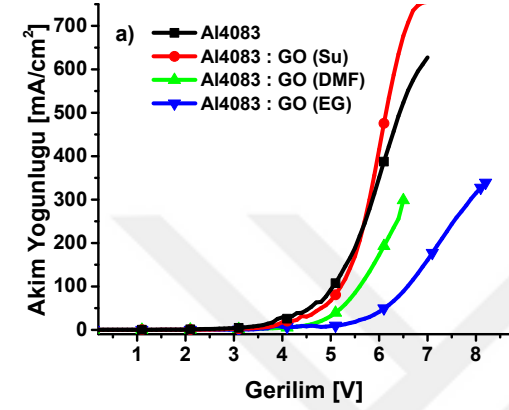
EK 2. ITO/PEDOT-PSS/ PVK / QD / Ca /Al aygıtlarının performans eğrileri

a) Akım Yoğunluğu - Gerilim, b) Parlıltı - Gerilim, c) EL Şiddeti - Dalgaboyu, d) Parlıltı Verimi - Akım Yoğunluğu, e) Işık Güç Verimi - Akım Yoğunluğu ve f) DKV - Akım Yoğunluğu



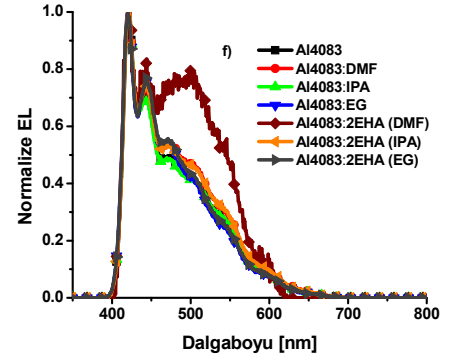
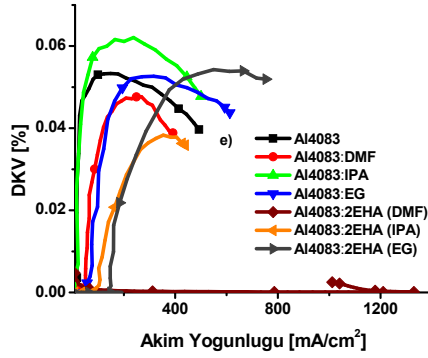
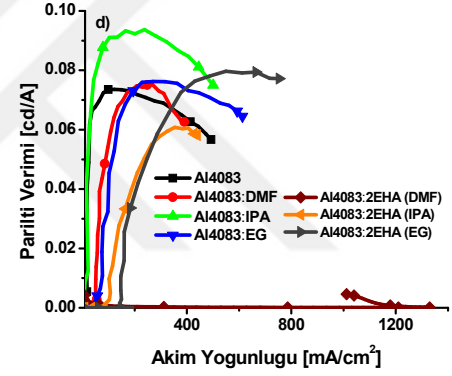
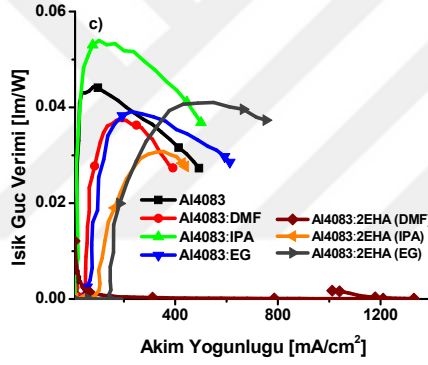
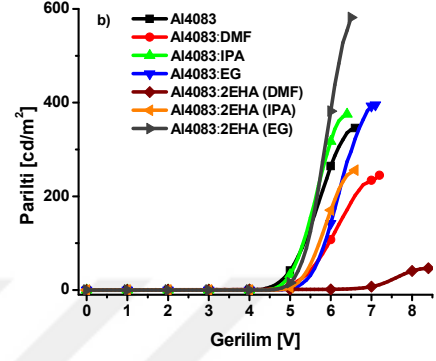
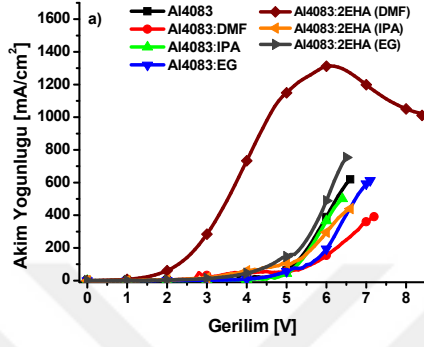
EK 3. ITO/Al4083:0.05 kt% GO/ADS231BE/Cs₂CO₃/Al aygıtlarının performans eğrileri

a) Akım Yoğunluğu - Gerilim, b) Parlıltı - Gerilim, c) Işık Güç Verimi - Akım Yoğunluğu, d) Parlıltı Verimi - Akım Yoğunluğu, e) Dış Kuantum Verimi - Akım Yoğunluğu, f) Normalize Elektrolüminesans - Dalgaboyu



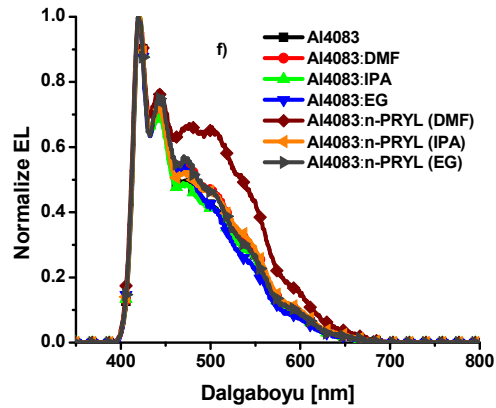
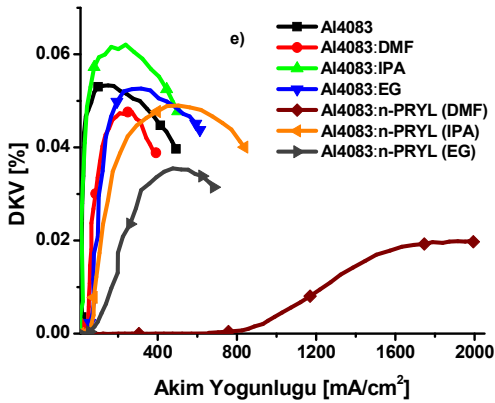
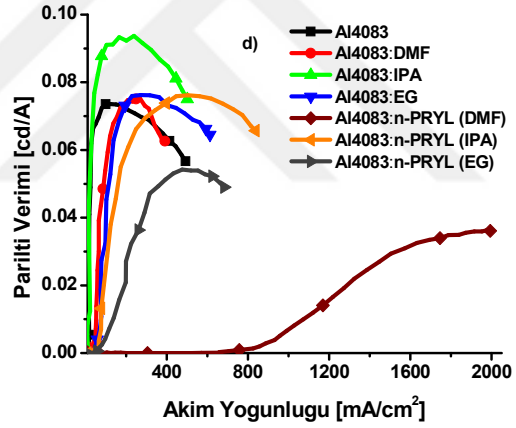
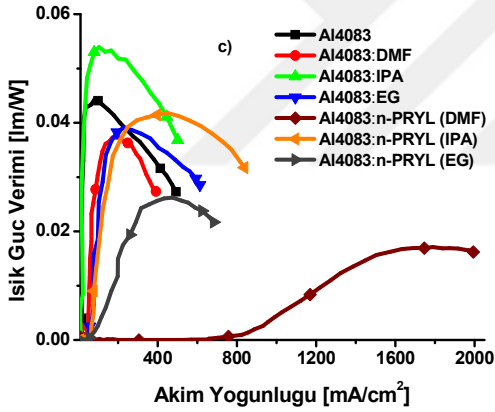
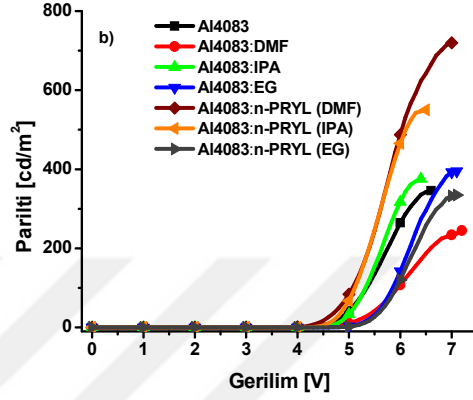
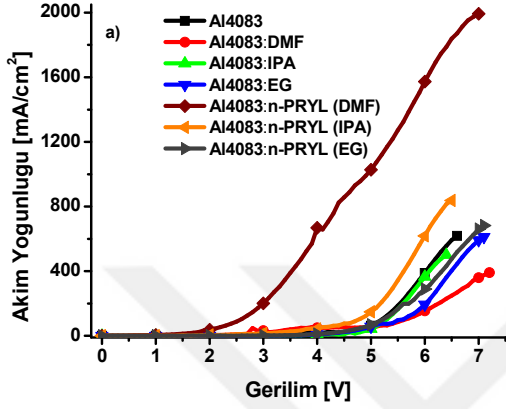
EK 4. ITO/Al4083:0.05 kt% 2EHA-GO/ADS231BE/Cs₂CO₃/Al aygıtlarının performans eğrileri

a) Akım Yoğunluğu - Gerilim, b) Parıltı - Gerilim, c) Işık Güç Verimi - Akım Yoğunluğu, d) Parıltı Verimi - Akım Yoğunluğu, e) Dış Kuantum Verimi - Akım Yoğunluğu, f) Normal Elektrolüminesans - Dalgaboyu



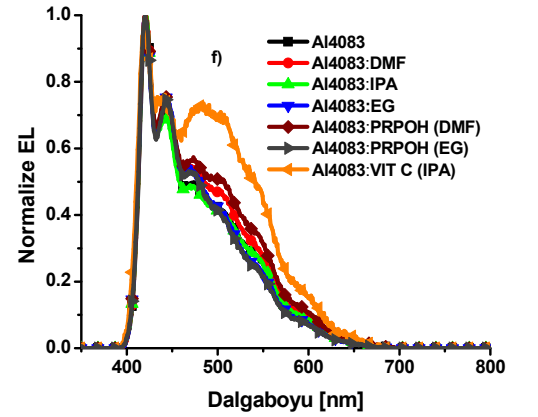
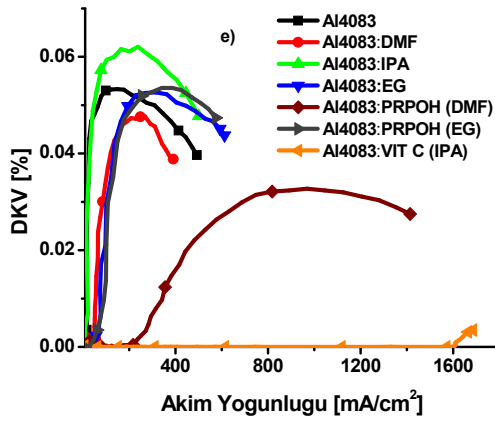
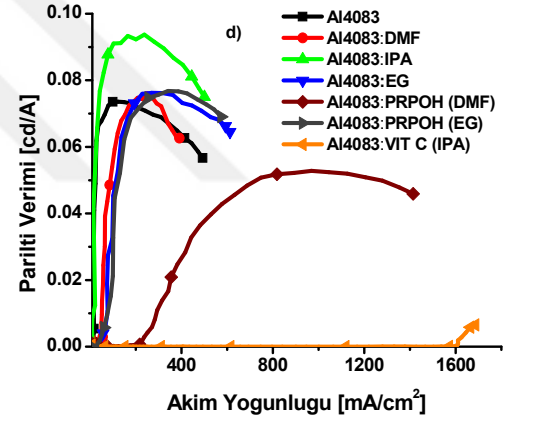
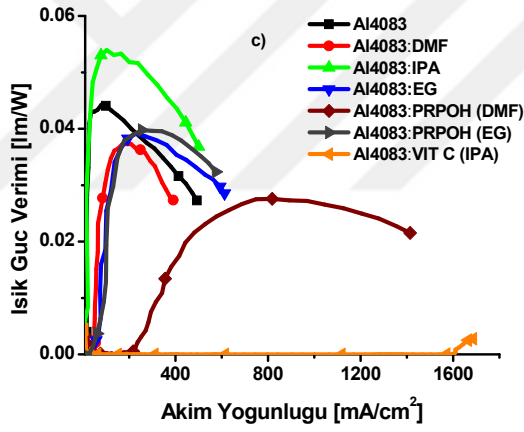
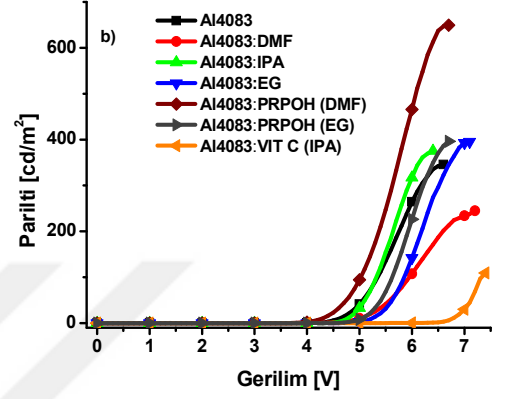
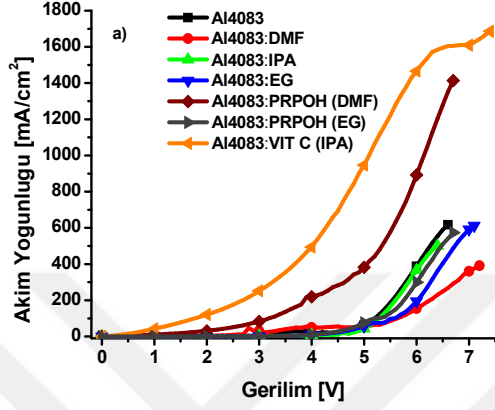
EK 5. ITO/Al4083:0.05 kt% n-PRYL-GO/ADS231BE/Cs₂CO₃/Al aygıtlarının performans eğrileri

a) Akım Yoğunluğu - Gerilim, b) Parıltı - Gerilim, c) Işık Güç Verimi - Akım Yoğunluğu, d) Parıltı Verimi - Akım Yoğunluğu, e) Dış Kuantum Verimi - Akım Yoğunluğu, f) Normalize Elektrolüminesans - Dalgaboyu

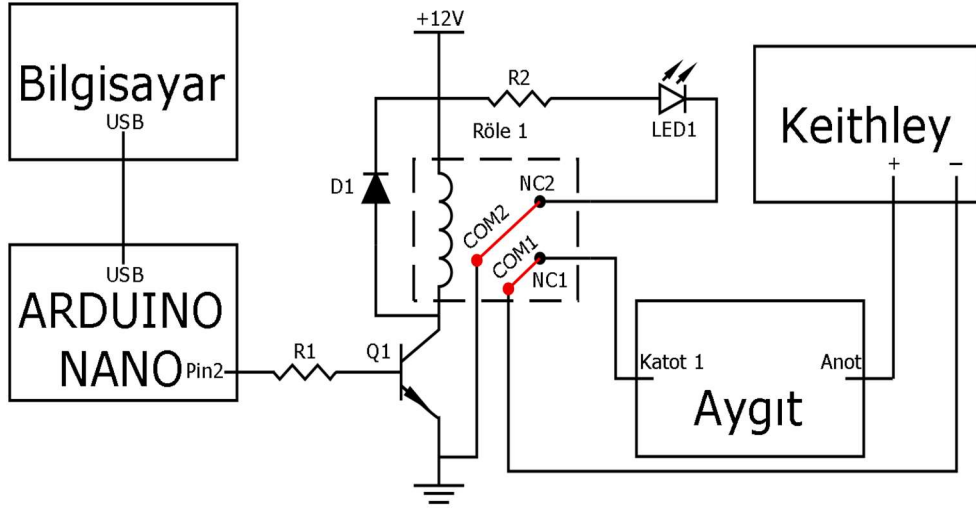


EK 6. ITO/Al4083:0.05 kt% PRPOH-GO/ADS231BE/Cs₂CO₃/Al aygıtlarının performans eğrileri

a) Akım Yoğunluğu - Gerilim, b) Parıltı - Gerilim, c) Işık Güç Verimi - Akım Yoğunluğu, d) Parıltı Verimi - Akım Yoğunluğu, e) Dış Kuantum Verimi - Akım Yoğunluğu, f) Normalize Elektrolüminesans - Dalgaboyu



EK 7. Anahtarlama Aygıtı Devre Şeması



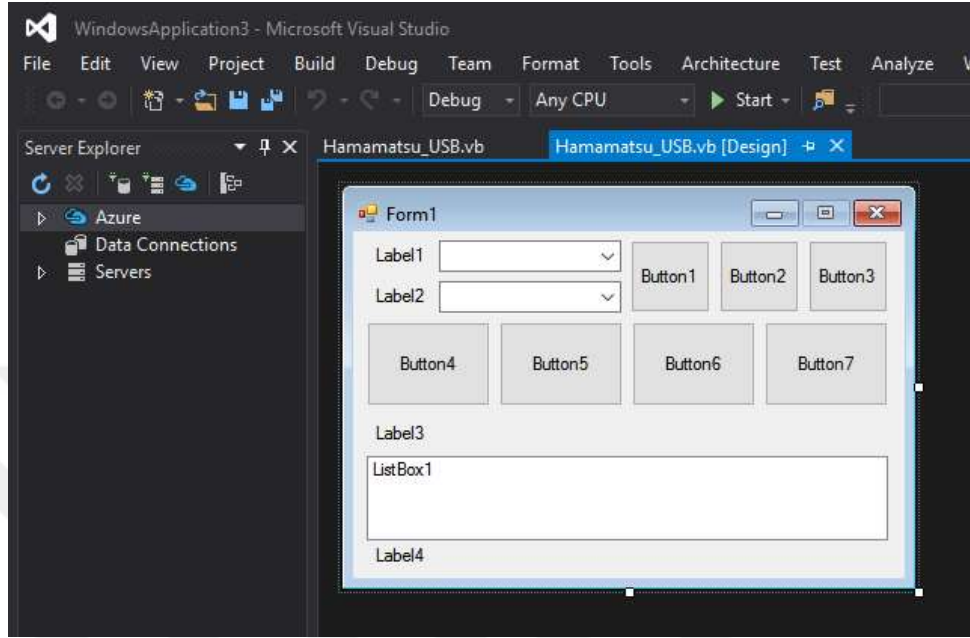
Ekte verilen devrede sadece Arduino üzerindeki tek bağlantı gösterilmiştir. Kalan üç pin (pin 4,7 ve 8) için de aynı devre, yeni elemanlar ile kullanılacaktır. Kullanılan röle 2 farklı ortak, 2 farklı normal kapalı (NC), 2 farklı normal açık (NO – Kullanılmadığı için çizilmemiştir.) uca sahiptir. Böylece birbirinden elektriksel olarak izole 2 farklı yükü sürebilmektedir. Bir anahtar rölenin kapalı olması durumunda bildirim LEDi yakarken, diğeri de yine röle kapalı iken bağlı olduğu aygıt katodunu anahtarlamaş oluyor.

Sürülen aygıtlarda Hall Etkisi oluşmaması için anahtarlama konumu rölenin kapalı konumu olarak seçilmiştir. Yani, anahtarlama yapmayan röleler manyetik alan üretecektir, anahtarlama yapan değil. Rölelerin hepsi ayrıca manyetik olarak izole edilecektir. D1 diyotu, röle bobini üzerinde oluşacak indüksiyon akımını izole etmek için kullanılmıştır. Q1, NPN tipi bir transistördür. R1 direnci bu transistörün base ucunun fazla gerilim almasına engel olmaktadır. R2 direnci de bildirim LEDinin uygun voltaj aralığında çalışmasını sağlamak içindir.

Arduino Nano içerisinde Ek 9. da bulunan yazılım yer almaktadır. USB ile bağlandığı bilgisayara da Ek 8. de kodu paylaşılan program yüklenmelidir. Böylece bilgisayardan girilen komut ile kullanıcı, istediği paralel cihazı aktif konuma getirip ölçümünü yapabilir.

EK 8. Anahtarlama Aygıtı Bilgisayar Yazılımı

Aygıtın bilgisayar yazılımı ve ara yüz tasarımı için Visual Studio 2015 kullanılmıştır. Ara yüzün tasarımı



Program kodu

```
Imports System
Imports System.Threading
Imports System.IO.Ports
Imports System.ComponentModel
Public Class Form1
    Dim myPort As Array
    Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles MyBase.Load
        Me.Text = "USB Pin Kontrol Programı v.1.0"
        myPort = IO.Ports.SerialPort.GetPortNames()
        ComboBox1.Items.AddRange(myPort)
        ComboBox2.Items.Add(9600)
        ComboBox2.SelectedItem = 9600
        Label1.Text = "Port"
        Label2.Text = "Baud"
        Label3.Text = "Durum"
        Label4.Text = "Hakan BOZKURT ©"
        Button1.Enabled = True
        Button2.Enabled = True
        Button3.Enabled = False
        Button4.Enabled = False
        Button5.Enabled = False
        Button6.Enabled = False
        Button7.Enabled = False
        Button1.Text = "Bağlan"
        Button2.Text = "Yenile"
        Button3.Text = "Bağlantı Kes"
```

```

        Button4.Text = " "
        Button5.Text = " "
        Button6.Text = " "
        Button7.Text = " "
        Button4.BackColor = Color.White
        Button5.BackColor = Color.Red
        Button6.BackColor = Color.Yellow
        Button7.BackColor = Color.Green
    End Sub

    Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button1.Click
        SerialPort1.PortName = ComboBox1.Text
        SerialPort1.BaudRate = ComboBox2.Text
        SerialPort1.Open()
        Button1.Enabled = False
        Button2.Enabled = False
        Button3.Enabled = True
        Button4.Enabled = True
        Button5.Enabled = True
        Button6.Enabled = True
        Button7.Enabled = True
        ListBox1.Items.Add(ComboBox1.Text & " Portu ile " & ComboBox2.Text
& " bit hızında seri iletişim başladı...")
    End Sub

    Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button2.Click
        myPort = IO.Ports.SerialPort.GetPortNames()
        ComboBox1.Items.AddRange(myPort)
        ListBox1.Items.Add("Bulunan Portlar :")
        ListBox1.Items.AddRange(myPort)
    End Sub

    Private Sub Button3_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button3.Click
        SerialPort1.Write(0)
        SerialPort1.Close()
        ComboBox1.Items.Clear()
        ComboBox1.ResetText()
        Button1.Enabled = True
        Button2.Enabled = True
        Button3.Enabled = False
        Button4.Enabled = False
        Button5.Enabled = False
        Button6.Enabled = False
        Button7.Enabled = False
        ListBox1.Items.Add("Seri iletişim sonlandırıldı...")
    End Sub

    Private Sub Button4_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button4.Click
        SerialPort1.Write(1)
        ListBox1.Items.Add("Beyaz Pin Aktif...")
    End Sub

    Private Sub Button5_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button5.Click
        SerialPort1.Write(2)
        ListBox1.Items.Add("Kırmızı Pin Aktif...")
    End Sub

```

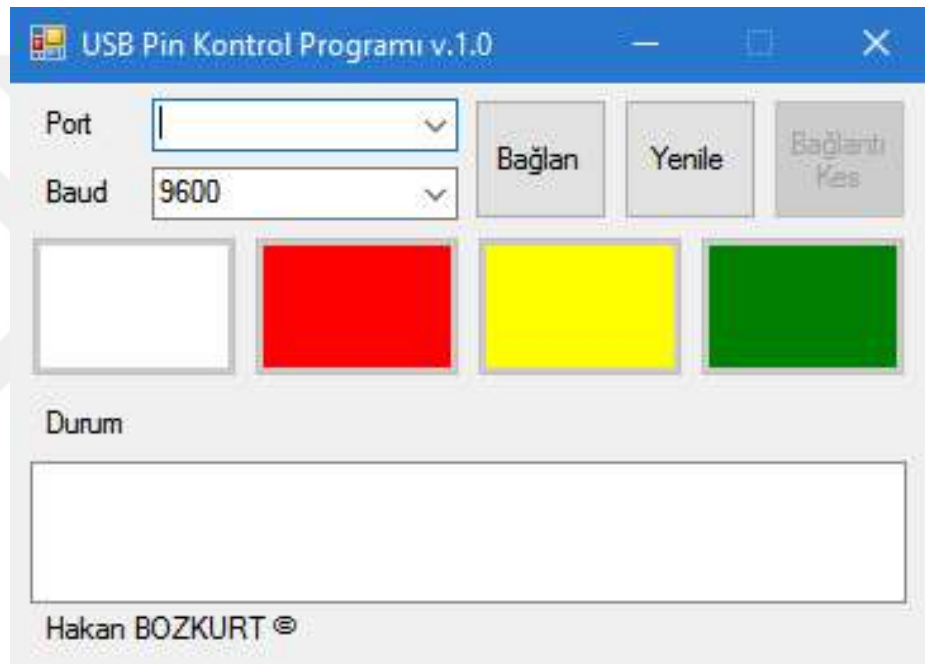
```

Private Sub Button6_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button6.Click
    SerialPort1.Write(3)
    ListBox1.Items.Add("Sarı Pin Aktif...")
End Sub

Private Sub Button7_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button7.Click
    SerialPort1.Write(4)
    ListBox1.Items.Add("Yeşil Pin Aktif...")
End Sub
End Class

```

Çalışan pencere uygulaması



EK 9. Anahtarlama Aygıtı Entegre Yazılımı

Üzerindeki dahili USB portuna rağmen, diğer geliştirici karlarına göre daha az alan kaplayan Arduino Nano tercih edilmiştir.

```

void setup() {
    // 2 BEYAZ
    // 4 KIRMIZI
    // 7 SARI
    // 8 YESIL
    pinMode(13, OUTPUT);
    pinMode(2, OUTPUT);
}

```

```
pinMode(4, OUTPUT);
pinMode(7, OUTPUT);
pinMode(8, OUTPUT);
digitalWrite(13, HIGH);
digitalWrite(2, HIGH);
digitalWrite(4, HIGH);
digitalWrite(7, HIGH);
digitalWrite(8, HIGH);
Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  if (Serial.available() > 0){
    int keyVal = Serial.read();
    if (keyVal==48){
      digitalWrite(13, HIGH);
      delay(240);
      digitalWrite(2, HIGH);
      digitalWrite(4, HIGH);
      digitalWrite(7, HIGH);
      digitalWrite(8, HIGH);
    }
    else if (keyVal==49){
      digitalWrite(13, LOW);
      delay (120);
      digitalWrite(13, HIGH);
      delay (120);
      digitalWrite(13, LOW);
      delay (120);
      digitalWrite(2, LOW);
      digitalWrite(4, HIGH);
      digitalWrite(7, HIGH);
      digitalWrite(8, HIGH);
    }
    else if (keyVal==50){
      digitalWrite(13, LOW);
      delay (120);
      digitalWrite(13, HIGH);
      delay (60);
      digitalWrite(13, LOW);
      delay (60);
      digitalWrite(13, HIGH);
```

```
    delay (60);
    digitalWrite(13, LOW);
    delay (60);
    digitalWrite(2, HIGH);
    digitalWrite(4, LOW);
    digitalWrite(7, HIGH);
    digitalWrite(8, HIGH);
}
else if (keyVal==51){
    digitalWrite(13, LOW);
    delay (120);
    digitalWrite(13, HIGH);
    delay (40);
    digitalWrite(13, LOW);
    delay (40);
    digitalWrite(13, HIGH);
    delay (40);
    digitalWrite(13, LOW);
    delay (40);
    digitalWrite(13, HIGH);
    delay (40);
    digitalWrite(13, LOW);
    delay (40);
    digitalWrite(2, HIGH);
    digitalWrite(4, HIGH);
    digitalWrite(7, LOW);
    digitalWrite(8, HIGH);
}
else if (keyVal==52){
    digitalWrite(13, LOW);
    delay (120);
    digitalWrite(13, HIGH);
    delay (30);
    digitalWrite(13, LOW);
    delay (30);
    digitalWrite(13, HIGH);
    delay (30);
    digitalWrite(13, LOW);
    delay (30);
    digitalWrite(13, HIGH);
    delay (30);
    digitalWrite(13, LOW);
```

```
    delay (30);  
    digitalWrite(13, HIGH);  
    delay (30);  
    digitalWrite(13, LOW);  
    delay (30);  
    digitalWrite(2, HIGH);  
    digitalWrite(4, HIGH);  
    digitalWrite(7, HIGH);  
    digitalWrite(8, LOW);  
  }  
}  
}
```

