

169624

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ESTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**OLED ÜRETİM VE DENEMELERİNDE
YARARLANILACAK KÜÇÜK ÖLÇEKLİ BİR
İNCE FİLM LABORATUARI DONANIMININ
HAZIRLANMASI**

İlker ONGUN

Güneş Enerjisi Anabilim Dalı

Bilim dalı kodu: 625.05.04

Sunuş Tarihi: 14.11.2005

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sıddık İçli

İlker Ongun tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan “OLED Üretim Ve Denemelerinde Yararlanılacak Küçük Ölçekli Bir İnce Film Laboratuvarı Donanımının Hazırlanması” başlıklı bu çalışma, E. Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesinin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 14.11.2005 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday, oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri

İmza

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Şiddik İçli

Üye : Doç. Dr. Serdar Özçelik

Raportör Üye : Yrd. Doç. Dr. Canan Karapire

ÖZET

Organik malzemeler kullanılarak üretilen elektroşıl (electroluminescent) aygıtlar olan OLEDler (Organik Işık Yayan Diyot), etkileyici elektriksel karakteristikleri ve düz ekran gösterge pazarındaki potansiyel uygulamaları nedeniyle büyük ilgi görmektedirler. Bu çalışmada, deneysel amaçlı OLED üretiminde kullanılabilir bir ince film laboratuvarının temel donanım bileşenleri tartışılmakta ve bu donanım bileşenlerinden bir bölümünün üretimi kapsamaktadır.

Organik güneş pili ve organik alan etkili transistör (OFET) üretim ve denemelerinde de yararlanılabilecek olan ince film laboratuvarında kullanılacak olan daldırma kaplama ve güneş simülâtörü cihazların üretimleri gerçekleştirilmiştir.

Bunlara ek olarak, sentezlenen ve/veya kullanılan organik malzemelerin yapı tayininde kullanılması amaçlanan 60MHzlik bir NMR cihazının, arızalı elektronik mantık kartının yeniden tasarımı ve üretimi de yapılan çalışmalar arasında yer almaktadır.

ABSTRACT

OLEDs –the electroluminescent devices based on organic materials, are in the center of extensive interest due to their remarkable characteristics and potential applications to flat panel displays. In this paper, the essential instrumentation components of a thin film laboratory for experimental manufacturing of OLEDs have been discussed and production of some basic equipment has been documented.

The dip coater and solar simulator devices covered in this document can also be used in manufacturing organic solar cells and organic field effect transistors which of both are of great interest currently.

In addition to the machinery expressed, a missing electronic logic card for an idle NMR device -which is imminent in structural determination of used and/or synthesized organic materials- has been designed and manufactured.

TEŐEKKÜR

Bu alıőmanın yürütölmesine sabrı, anlayıőı ve vizyonu ile verdiği katkıları nedeniyle *Canan Karapire*'ye,

cihazların mekanik montajında değerli emek ve katkılarını esirgemeyen *Kamil iftlik*'e,

yazılım ve kalibrasyon işlemlerinde büyük destek veren Promikon çalıőanlarına ve özellikle *Őükrü Aydoğan*'a,

donanımın özelliklerini belirlemedeki özverili katkıları nedeniyle *Ceylan Zafer*'e,

Çalışmanın her aşamasında elinden gelen yardımı esirgemeyen *Varsın Kemahlıoğlu*'na

ve son olarak, danışman hocam *Sıddık İçli*'ye teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER DİZİNİ.....	I
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VII
KISALTMALAR.....	IX
SUNUŞ	XV
1. GİRİŞ	1
1.1 OLED.....	1
1.2 NMR Spektroskopi Cihazı	2
2. DÜZ EKРАН PAZARINDA GÜNCEL DURUM.....	2
2.1 DÜZ EKРАН GÖSTERGELER	4
2.2 ORGANİK LED GÖSTERGELER.....	6
3. OLED SINIFLADIRMA VE ÖZELLİKLERİ.....	10
3.1 OLED ÇALIŞMA İLKELERİ.....	10
3.2 KATMAN SAYISINA GÖRE SINIFLANDIRMA	12
3.2.1 Tek Katmanlı Yapı.....	12
3.2.2 İki Katmanlı Yapı	14
3.2.3 Üç Katmanlı Yapı.....	16
3.3. MOLEKÜLER YAPIYA BAĞLI SINIFLANDIRMA.....	18
3.3.1 SMOLED	18
3.3.2 PLED	19
3.3.3 SMOLED ve PLED Karşılaştırması.....	21
4. OLED SİSTEMLERİNDE RENK OLUŞTURMA.....	24
4.1 KYM (Kırmızı-Yeşil-Mavi) YAYICILAR YÖNTEMİ	25
4.2 BEYAZ IŞIMA VE KYM SÜZGEÇLER YÖNTEMİ	27
4.3 MAVİ IŞIMA VE RENK DEĞİŞTİRİCİLER YÖNTEMİ	28
4.4 YIĞMA OLED YAPISI.....	29

5. İNCE FİLM KAPLAMA TEKNİKLERİ	32
5.1 İNORGANİK İNCE FİLM TEKNİKLERİ	33
5.1.1 Buhar Biriktirme	34
5.1.1.1 Fiziksel Buhar Biriktirme	34
5.1.1.2 Kimyasal Buhar Biriktirme	36
5.1.2 Saçını	38
5.1.3 Molekül Işını İle Epitaksi	39
5.1.4 Sol-jel Kaplama	42
5.2 ORGANİK İNCE FİLM TEKNİKLERİ	43
5.2.1 Sıyırma Kaplama	44
5.2.2 Daldırma Kaplama	45
5.2.3 Dönü Kaplama	47
5.2.4 Vakumda Buhar Kaplama	50
5.2.5 Mürekkep Püskürtme Kaplama	51
5.3 İNCE FİLM TEKNİKLERİNİN KARŞILAŞTIRMASI	54
5.3.1 Kaplama Profili	54
5.3.2 Malzeme Kullanımı	56
5.3.2 İşletme Özellikleri	57
6. İNCE FİLM LABORATUAR DONANIMI	59
6.1 DALDIRMA KAPLAMA MAKİNESİ	59
6.1.1 Mekanik Yapı	60
6.1.2 Elektronik Yapı ve Hız Denetimi	63
6.2 VAKUMDA BUHARLA KAPLAMA	67
6.3 GÜNEŞ SİMÜLATÖRÜ	72
6.4 FIRIN	76
6.5 IŞIKÖLÇER	79
7. SONUÇ-TARTIŞMA	82
EK: NMR CİHAZI DEVRE KARTININ HAZIRLANMASI	85
E.1 GİRİŞ	85
KÜÇÜK SÖZLÜK	95
KAYNAKLAR	101
ÖZGEÇMİŞ	103

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1: 40" inç (101 cm) TFT-LCD Televizyon. (Samsung)	5
Şekil 2.2: 60" (152 cm) Gaz Plazma Panel. (LG)	6
Şekil 2.3: Esnek ve saydam altlık üzerinde oluşturulmuş tekrenkli OLED gösterge.	7
Şekil 2.4: Sony Firmasının 13" (33 cm) OLED monitörü. (Mayıs 2002)	8
Şekil 3.1: Jablonski Diyagramı	10
Şekil 3.2: Tek organik katmanda yük taşıyıcı akışı.	12
Şekil 3.3: Çift organik katman için enerji bandı diyagramı.	14
Şekil 3.4: İki katmanlı OLED yapısı.	15
Şekil 3.5: Üç organik katman için enerji bandı diyagramı.	16
Şekil 3.6: Üç katmanlı OLED yapısı ve oyuk/elektron transfer süreçleri.	17
Şekil 3.7: 2,4" (6 cm) tam renkli SMOLED gösterge. (Eastman Kodak/Sanyo)	18
Şekil 3.8: 13" (33 cm) PolyLED TV prototipi. (Philips)	20

Şekil 3.9: OLED üretimi işlem akış diyagramı.	21
Şekil 3.10: SMOLED ve PLED yapısal karşılaştırması.	22
Şekil 4.1: Grafik (a) ve hareketli görüntü (b) için pixel desenlemeleri.	24
Şekil 4.2: Üretim teknolojilerindeki kısıtlamalar nedeniyle gerçekleştirilemeyen ilkesel renkli OLED yapısı.	25
Şekil 4.3: Renkler için ayrı yayıcılar kullanılan OLED görüntü birimi	26
Şekil 4.4: Beyaz yayıcı ve renk süzgeçleri kullanılan OLED görüntü birimi.	27
Şekil 4.5: Mavi/UV yayıcı ve renk süzgeçleri kullanılan OLED görüntü birimi.	28
Şekil 4.6: Yığma OLED göstergelerde görüntü noktası yapısı.	29
Şekil 4.7: Yığma OLED göstergede bir pixelin gerçek görünüşü (solda) ve ürettiği birkaç renk. (Princeton Üniversitesi)	30
Şekil 4.8: SOLED ekranda ve geleneksel ekranda renk oluşumu.	31
Şekil 5.1: Eylül 2002 itibarıyla endüstriyel sektörlerde ince film kullanımı.	32
Şekil 5.2: Fiziksel buhar biriktirme için temel düzenek.	35
Şekil 5.3: Kimyasal buhar biriktirme ile fiber optik üretimi.	37
Şekil 5.4: Saçını yöntemi ile ince film üretme.	38
Şekil 5.5: Molekül ışını ile epitaksi sisteminin şematik yapısı.	40

Şekil 5.6: Laboratuvar kullanımına yönelik bir MBE cihazının yapısı.	41
Şekil 5.7: Sol-gel uygulama süreçleri ve ürünleri.	43
Şekil 5.8: Sıyırma kaplama için kullanılan düzenek ve kaplama ilkesi.	44
Şekil 5.9: Daldırma kaplama yönteminin aşamaları ve sürekli kaplama düzeneği.	45
Şekil 5.10: Daldırma kaplamada film oluşumu ve etkiyen kuvvetler.	46
Şekil 5.11: Dönü kaplama süreçleri. Madde enjeksiyonundan (a) sonra hızlanma (b) aşamasında çeyrek hızda altlık üzerine yayılma gerçekleşir.	48
Şekil 5.12: Bir Dönü Kaplama cihazının kaplama çanağı (a) ve genel görünüşü (b).	49
Şekil 5.13: Çok katmanlı ince film kaplamada kullanılan vakum cihazının şematik yapısı.	50
Şekil 5.14: Piezoelektrik püskürtme başlığının yapısı a) ve bir polimer damlasının gerçek zamanlı fotoğrafı.	52
Şekil 5.15: Isıl püskürtme başlığından mürekkebin fırlatılış aşamaları.	53
Şekil 5.16: CVD (a), saçınım (b) ve buharlaşma (c) ile elde edilen profiller. Polimer ve sol-gel uygulamalarında da, (a)daki gibi bir kaplama profili elde edilir.	54

- Şekil 5.17:** DRAM üretiminde kenar yuvarlatmanın etkisi. Al katmanın kesintiye uğraması (a), önlenmiştir (b). 55
- Şekil 6.1:** Daldırma kaplama makinesi genel görünüş. 59
- Şekil 6.2:** Motor milindeki dönel hareketi, sonsuz vidaya aktaran mekanik yapı. 60
- Şekil 6.3:** Daldırma Kaplama Makinesinin kabin içi görüntüsü ve mekanik bileşenler. 61
- Şekil 6.4:** Daldırma kaplama makinesinin mikrodenetleyici tabanlı elektronik denetim sisteminin öbek çizgesi. 63
- Şekil 6.5:** DKM kullanıcı arayüzünde LCD gösterge ve dört tuş ile gerekli tüm denetimler gerçekleştirilebilmektedir (a). Mikrodenetleyici kartı (b), 89c51 çevresinde gerçekleştirilmiştir. 64
- Şekil 6.6:** BOC Edwards RV5 döner kanatlı vakum pompası. 67
- Şekil 6.7:** Turbomoleküler pompa rotoru (a) ve genel görünüşü (b). 68
- Şekil 6.8:** Maxtek TM 350 kalınlık izleyicinin ön (a) ve arka (b) görüntüsü. 69
- Şekil 6.9:** Nano–Master NT3000 Isıl Buharlaştırma Sistemi genel görüntüsü. 71
- Şekil 6.10:** Vakumda buharla kaplama cihazının altlık tutucusu (a) ve kalınlık izleyici sezici başlığı (b). 71
- Şekil 6.11:** Yeryüzüne ulaşan güneş ışımınının, dalgaboylarına göre enerji dağılımı. 72

- Şekil 6.12:** AM 1,5 ışınım görüngesi ile ksenon Lamba görüngesinin karşılaştırılması. (Kaynak: Philips web sitesi). 73
- Şekil 6.13:** Ksenon lambanın düşük yükleme (a) ve yüksek yükleme (b) durumunda ışınım görüngesi. 74
- Şekil 6.14:** Güneş benzetimliği cihazının elektriksel yapısı. 75
- Şekil 6.15:** Güneş simülâtörünün genel görünümü (a) ve XOP 25 O/F yerleşimi (b). 76
- Şekil 6.16:** Sertleştirme fırınının genel görüntüsü (a) ve ısıtma kabini (b). 77
- Şekil 6.17:** İnsan gözünün aydınlık ortamda ışık algısını gösteren CIE photopic eğrisi. 79
- Şekil 6.18:** Nova II güç ölçer (a) ve PD300-TP ölçme başlığı (b). 80
- Şekil E.1:** NMR Spektrometre cihazının basit şematik gösterimi. Kayıp kart, x-y kaydedici blokta yer alıyor. 85
- Şekil E.2:** JNM-PMX60 NMR Spektrometre cihazının ana konsolu. Sol ön tarafta görülen çizicinin çalışmasını sağlayan kart kayıp. 85
- Şekil E.3:** Çizici kontrol/sürücü kartının elektronik devresi. Devre üzerinde tarama sinyalinden yatay sapma işareti üretilmekte ve diğer kontroller sağlanmaktadır. 60
- Şekil E.4:** Çizici kontrol baskılı devre kartının eleman montaj yüzü (a), lehim yüzü (b) ve sayısal olarak işlenmiş üç boyutlu görüntüsü (c). 62

VI

Şekil E.5: Çizici devre kartının NMR Spektrometre kontrol paneli içindeki yerleşimi. **63**

Şekil E.6: JNM-PMX60 NMR Spektroskopi aygıtının, yeni kart ile kaydettiği kloroform spektrumu. **64**



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 5.1: Organik ve inorganik malzemeler ile kullanılan kaplama yöntemleri.	33
Çizelge 5.2: İnce film kaplama teknikleri ve kullanım özelliklerinin karşılaştırılması.	58
Çizelge 6.1: Daldırma kaplama makinesi temel mekanik bileşenleri.	62
Çizelge 6.2: Daldırma kaplama makinesinin işlem sınırları ve izlence adım aralıkları.	65
Çizelge 6.3: TM-350 kalınlık izleyicinin teknik verileri.	70
Çizelge 6.4: PSM 110-20 OTT denetleyicinin teknik özellikleri.	78
Çizelge 6.5: CHy-332 ışıkölçerin ölçme aralıkları.	80
Çizelge 6.6: PD300-TP probunun filtreli ve filtresiz ölçüm aralıkları.	81

KISALTMALAR

CIE: Commission Internationale de l'Éclairage, International Commission on Illumination

Uluslar arası Aydınlatma Komisyonu. Renk ve renk ölçümü ile ilgilenen uluslar arası kuruluş.

CVD: Chemical Vapor Deposition (Decomposition)

Kimyasal Buhar Biriktirme (Ayrışımı).

DoD: Drop on Demand

Gerektiğinde Damlatma: İnkjet sistemlerinde altlık üzerinde hassas desenleme yapmak için kullanılan yöntem.

EBL: Electron Blocking Layer

Eksiciklerin ITO kıvılcuna göçünü önleyerek ışıma verimi ile kıvıluç ve aygıt ömrünü artıran polimer katman.

EDK: Eksicik Durdurma Katmanı. Bkz: EBL

EIL: Electron Injecting (Injection) Layer

Düşük iletkenleşme enerjili (work function) ve bazen metal katkılı organik katman.

EİK: Eksicik İçitim Katmanı. Bkz: EIL

EL: Electroluminescent (Electroluminescence)

İçinden elektrik akımı geçtiğinde ışık yayan malzemeler için kullanılan terim, elektroışıl (Elektrik alımı ile ışık yayma süreci, elektroışım).

ETK: Eksicik Taşıma Katmanı. Bkz: ETL

ETL: Electron Transport Layer

Katodun eksicik içitimi kolaylaştıracak LUMO düzeyine sahip organik katman.

X

FED: Field Emission Display

Yüzey Emisyonlu Gösterge: Katot ışın tüplerine benzer biçimde emisyonla çalışan ancak, emisyonun noktasal değil bütün yüzeyden olması nedeniyle CRTlerden çok daha ince üretilen bir gösterge.

FOLED: Flexible OLED

Esnek OLED: Taşıyıcı katmanı ve/veya ışın katmanı, esneyebilen bir polimer ile üretilen OLED.

FPD: Flat Panel Display

Düz Ekran Gösterge: Katot ışın tüplerinde olduğu gibi küre kapağı biçiminde değil, düz bir yüzey üzerinde görüntü sunan ekranların genel adı. Bu ekranlar sayısal olarak adreslenebilen görüntü noktalarından oluşur.

GPD: Gas Plasma Display

Gaz Plazma Gösterge: Görüntü noktaları sızdırmaz minik kutulardan oluşan ve iyonize gazlardan elde edilen morötesi ışınımın fosforu malzeme ile etkileşiminden yararlanarak görüntü üreten, ev ve büyük kapalı mekânlar için uygun düz ekran gösterge.

HBL: Hole Blocking Layer

Oyukların OTK içinde kalmalarını sağlamak için kullanılan organik katman.

HIL: Hole Injecting (Injection) Layer

Oyuk içitimine düşük enerji bariyeri oluşturacak biçimde, yüksek iletkenleşme enerjili (work function) ve iletkenliği yüksek organik katman.

HOMO: Highest Occupied Molecular Orbital

İnorganik moleküllerdeki değerlik bandının (valence band) organik moleküllerdeki eşleniği.

HTL: Hole Transport Layer

Anodun oyuk içitimini kolaylaştıracak HOMO düzeyine sahip organik katman.

ILED: Inorganic LED

İnorganik Işık Yayan Diyot: Genellikle LED olarak adlandırılan malzemenin teknik kısaltması (Bkz. LED).

ITO: Indium Tin Oxide

Organik aygıt üretiminde iletken yüzey olarak yaygın biçimde kullanılan saydam malzeme.

LCD: Liquid Crystal Display

Görüntü birimi olarak, içinde sıvı kristal malzeme bulunan odacıkların kullanıldığı düz ekran gösterge türü. Sıvı Kristal Gösterge.

LED: Light Emitting Diode

Işık Yayan Diyot: Doğru yönde kutuplandığında kavşak bölgesinden foton salan yarıiletken diyot.

LEP: Light Emitting Polymer

Işık Yayan Polimer: Üzerinden elektrik akımı geçirildiğinde ışık yayan polimer malzeme.

LITI: Laser Induced Thermal Imaging

Laser Uyarımlı Isıl Desenleme: Verici ince film üzerinde laser ile yapılan tarama ile, filmin taranan bölümünün alıcı üzerine aktarımını sağlayan desenleme süreci.

LUMO: Lowest Unoccupied Molecular Orbital

İnorganik moleküllerdeki iletim bandının (conduction band) organik moleküllerdeki eşleniği.

NMR: Nuclear Magnetic Resonance

Atom çekirdeklerinin manyetik alan altındaki dönülerini belirleyerek yapı tayininde kullanılan spektroskopi tekniği.

ODK: Oyuk Durdurma Katmanı. Bkz: HBL

OFET: Organic Field Effect Transistor

XII

Organik Alan Etkili Transistör. Organik malzemeler kullanılarak üretilen akım anahtarlama elemanı.

OİK: Oyuk İçitim (Enjeksiyon) Katmanı, OEK. Bkz: OEL

OLED: Organic LED

Organik Işık Yayan Diyot: Foton salan bölgesi organik malzeme ile üretilmiş LED.

OTK: Oyuk Taşıma Katmanı. Bkz: HTL

OTT: Oransal-Tümlevsel-Türevsel Denetim, PID Control

Denetlenen değişkenin uzun zaman gecikmelerine bağlı olduğu durumlarda kullanılan üç terimli denetim yöntemi.

PANI: Polyaniline

Anilin'in kimyasal yada elektrokimyasal oksidasyonu ile kolayca elde edilen yüksek kararlılıklı iletken polimer.

PEDOT, PDOT: Poly(ethylene dioxy thiophene)

Polietilendioksitiofen. Işık yayan polimer göstergelerde oyuk içitim katmanı olarak kullanılan su temelli bir malzemedir.

PFO: Polyfluorene

Kendisi ve türevleri, ışık salım katmanı olarak kullanılır. Farklı maddelerle karışımları ile farklı dalgaboylarında ışımaya yaparlar.

PIXEL: Picture Element

Görüntü noktası: Bir gösterge üzerindeki en küçük görüntüleme birimi.

PLED: Polymer LED

Polimer LED: Polimer malzemeler ile üretilen LED. Yaygın olarak OLED olarak adlandırılır. SMOLED teknolojisinden sonra geliştirilmiştir.

PVD: Physical Vapor Deposition

Fiziksel Buhar Biriktirme. Vakum altında gerçekleştirilen bu kaplama yönteminde, süblimleştirilen malzeme, altlık üzerinde bakış doğrultusunda bir film oluşturur.

SMOLED: Small Molecule OLED

Küçük Molekül OLED: Polimer zincirlerden değil, daha küçük moleküllerden oluşan organik malzemeler ile üretilen OLED.

SOLED: Stacked OLED

Yığılma OLED: Değişik renkli ışık katmanlarının üst üste kaplanmasıyla oluşturulan, çok renkli OLED.

TFT: Thin Film Transistor

LCD göstergelerde her bir görüntü gözesini anahtarlamak için kullanılan ve organik malzemelerle yüzey kaplama tekniğiyle üretilen saydam transistör birimi.

TOLED: Transparent OLED

Saydam OLED: Taşıyıcı ve diğer katmanları, saydam bir polimer ile üretilen OLED.

TPD: Triphenil diamin

Trifenil diamin. OLEDlerde OTK olarak kullanılan yüksek oyuk devingenliği olan organik malzeme.

SUNUŞ

Bu çalışmada, Organik Işık Yayan Diyot (OLED) üretimi ve deneysel araştırmalar için gerekli elektriksel ve ışıksal ölçmelerin gerçekleştirilebileceği temel bileşenleri bulunduran bir ince film laboratuvarının oluşturulması için gereken donanım üzerinde tartışılmakta ve bu laboratuvar için gerekli olan donanımın, yerli kaynaklarla üretimi sorgulanmaktadır. Bu temel ince film laboratuvarının aynı zamanda organik güneş pillerinin ve organik alan etkili transistörlerin (OFET) üretim ve sınamaları için de kullanılabilir yapıda olması düşünülmektedir.

Laboratuvarında ince film oluşturma amaçlı olarak organik çözeltiler ile kullanılmak üzere, Daldırma ve Dönü kaplama cihazları ile birlikte metal katmanların oluşturulması için kullanılacak Vakumda Buharla Kaplama cihazı da kullanılacaktır. Ayrıca, ölçme ve değerlendirmelerde yararlanılmak amacıyla bir karanlık kutu, güneş simülâtörü ve ışıkölçer de laboratuvar donanımı içinde bulunacaktır. Bu bileşenlere ek olarak, sentezlenen kimyasal maddelerin yapı tayininde kullanılmak üzere bir NMR cihazı da gereksinimler arasında sayılabilir.

Oldukça yeni bir teknoloji olan OLEDler ile ilgili terim ve kavramların pek çoğu henüz yerleşmemiş yada tam olarak benimsenmemiş durumdadır. Dahası, bu terimlerin bir kısmı, değişik üreticiler ve enstitüler tarafından birbirinden farklı biçimlerde kullanılmaktadır. Metin içerisinde genel kabul gören özgün kısaltmalar kullanılmakla birlikte, bu kısaltma ve terimlerin anlamları ve mümkün olan durumlarda Türk Dil Kurumu Teknik Terimler Sözlüğündeki karşılıklarına da yer verilmiştir. Çalışma ekindeki Sözlükçede, metin içinde kullanılan kısaltma ve terimlerin

XVI

karşılıkları toplu olarak sunulmaktadır. Türkçenin bilim dili olarak yaygın kullanımına katkıda bulunabilmek amacıyla metin içinde çoğunlukla Türkçe karşılıklar kullanılmakla birlikte, akıcılığı korumak adına, çok benimsenmiş İngilizce terimlerin kullanımından da kaçınılmamıştır.



1. GİRİŞ

1.1 OLED

Teknolojinin gelişimi sürecinde ışığın, elektrik kullanarak ve bazı fiziksel özellikleri denetlenebilerek üretilmesi ilk olarak, 1800lerin son çeyreğinde, aydınlatma amaçlı akkor telli lâmbalar ile gerçekleştirildi. 1960lı yıllarda inorganik yarıiletkenler ile gerçekleştirilen diyotların, elektrolüminesans özellikleri nedeniyle aydınlatma değilse bile bildirim ve uyarım amaçlı kullanımları ile yeni bir dönem başladı. Bu ürünlerin değişik renklerde üretiliyor olması, görüntüleme amaçları ile de kullanılabilme olasılıklarını yaratmıştır. Günümüzde ışıma verimleri yükselen inorganik LEDler, aydınlatma amaçlı tasarımlarda da kullanılmaya başlanmıştır.

İnorganik yapıdaki ürünlerin ardından, organik yarıiletkenler ile de benzer özelliklerde diyotların yapılabileceğinin gösterilmesi, OLED (Organic Light Emitting Diode – Organik Işık Yayan Diyot) kavramının gündeme yerleşmesini sağlamıştır. OLED'in esnek ve ölçeklenebilir yapısı ve düşük enerji gereksinimi, geniş yüzeyli göstergelerde kullanımını da sağlamaktadır. Günümüzde OLEDlerin kullanım alanı büyük oranda, düz ekran gösterge pazarına kaymış durumdadır.

OLED üretimi, ince film teknolojisine dayanmaktadır. Bu çalışmada, OLED ve diğer organik elektronik aygıtların üretim ve denemelerinde kullanılacak bir ince film teknolojisi laboratuvarının temel donanımı incelenmektedir.

1.2 NMR SPEKTROSKOPİ CİHAZI

Tez kapsamında ayrı bir bölüm olarak değerlendirilebilecek bir ek çalışma da, kullanım dışı olan bir NMR spektroskopisi cihazının onarılarak denemelerde kullanımını sağlamaktır.

Nükleer Manyetik Rezonans spektroskopisi, UV, Raman, IR ve diğer spektroskopisi türleri gibi, maddede iki düzey arasındaki enerji farkını ölçmek için düzenlenmiştir. Ancak elektronlarla değil çekirdekler ile ilgili olması ve güçlü bir manyetik alan gerektirmesi noktalarında bunlardan ayrılır.

NMR spektroskopisi, hidrojen ve karbon çekirdekleri üzerine kurulmuş olduğu için, hem organik hem de inorganik yapıların aydınlatılmasında kullanılabilen bir tekniktir. Ayrıca moleküldeki hidrojen içeren grupların sayıları yanı sıra, bunlara komşuluğu olan grupları da belirleyebilmektedir. Yöntemin görünen en önemli zayıflığı, yüksek kıvamlı (viscous) maddeler ile çalışmaya izin vermemesidir. Ancak bu sorun, maddenin uygun bir çözümlenle kütlece %5-%10luk çözeltisinin kullanılması ile aşılabilmektedir.

Laboratuardaki JNM-PMX60 spektroskopisi cihazının eksik olan kartının oluşturulması ve bir spektroskopisi örneği, tez ekinde sunulmuştur.

2. DÜZ EKİRAN PAZARINDA GÜNCEL DURUM

Bilişim çağının başlamasıyla birlikte ışığın, aydınlatmanın yanı sıra, bilgi iletimi ve sunumu için kullanımı da gündeme geldi. Katot ışınlu tüp (CRT-Cathode Ray Tube) kullanılan ilk osiloskopun keşfinden beri (Braun K. F., 1897, Strassbourg Üniversitesi, buluşa patent alınmamıştır!), veri ve

görüntü sunma amaçlı olarak kullanılan pek çok gösterge türü pazara sürülürken, Corning çalışanları tarafından ışık iletimi amacıyla keşfedilen ışık lifleri de (optical fiber), hızlı veri iletimi için kılavuz olarak kullanılmaktadır (Keck D., Schultz D., 1973).

Tecimsel başarı kazanan ve yaygın olarak kullanılan ilk CRT gösterge, Allen B. Du Mont' un 1932 yılında kendi laboratuvarında ürettiği ve bütün haklarını Amerikan RCA firmasına 20.000 USD karşılığında devrettiği, örneksel olarak taranan, hareketli görüntüleri gösteren ve fosforuşl (phosphorescent) malzeme kullanılan TV ekranlarıdır. Bu gösterge türü önceleri tek renkli ve kısa zaman içinde renkli olarak pazara sürüldü. Katot ışını tüpleri günümüzde de yaygın olarak televizyon ve bilgisayar monitörü olarak kullanılmaktadır.

Bilişim teknolojilerinin yaygınlaşması ile küçülen elektronik yapılar, CRTlerin yüksek enerji tüketimi ve hantal yapısına uyum göstermediği için, daha az güç tüketen ve hafif göstergeler üretilmesi gerekti. Bu amaçla, ışık üretmeyen ama ışık vanası gibi çalışan sıvı kristal göstergeler (LCD-Liquid Crystal Display) kullanılmaya başladı. LCD teknolojisi bugün, hareketli ve renkli görüntüler için kullanılabilir duruma gelmiştir. Hatta 2004 son çeyreğinde Avrupa' da satılan bilgisayar monitörlerinde LCD ekranların pazar payı %70 ile, CRTlerin önüne geçmiştir. (Kaynak: <http://www.itfacts.biz>)

LCD göstergelerin CRT göstergelere göre zayıf tarafı olarak gösterilen, harici ışık kaynağı gereksinimi ve kısıtlı görüş açısı sorunlarına karşı alternatif olarak, ışık yayan diyot (LED-Light Emitting Diode) göstergeler geliştirildi. Önceleri basit grafik göstergelerde ve sınırlı sayıda renk

seçeneği ile kullanılan bu göstergelerin, gerçek renk ve hareketli görüntü elde etmek için kullanılması ancak, 1990 yılında, mavi ışık yayan birimlerin keşfinden sonra mümkün oldu (Nakamura S., 1992).

LED göstergeler, zıtlık ve parlaklık değerlerinin yüksekliği ve boyut sınırlamasının olmaması nedeniyle, özellikle dev açık hava uygulamalarında ve sahne gösterilerinde yaygın biçimde kullanılmaktadır. LEDlerin ışık güçleri, akkor telli ve flüoresan lâmbaları geçmese de karşılaştırılabilir düzeye geldiği için, ışık kaynağı gereken yerlerde enerji verimlilikleri nedeniyle yaygın biçimde kullanıldıkları da gözlenmektedir. Sözelimi trafik lâmbalarında ve ev aydınlatmasında LEDli birimlerin kullanımını giderek atmaktadır.

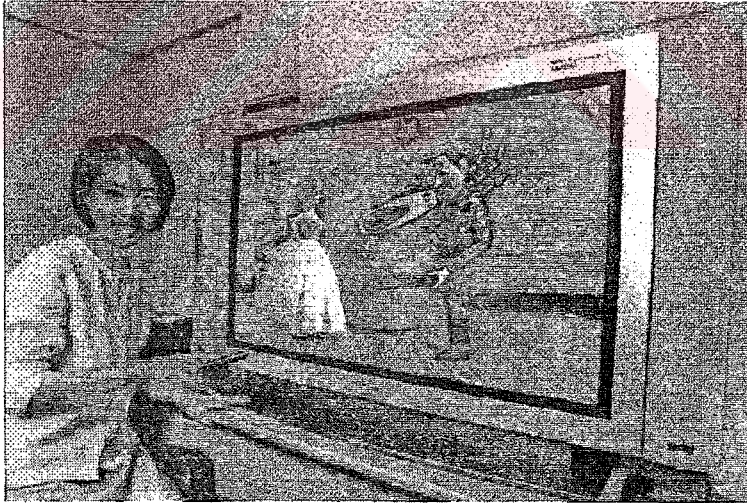
2.1 DÜZ EKLAN GÖSTERGELER

Günümüzde düz ekran gösterge (FPD-Flat Panel Display) pazarı, özellikle: Gaz Plâzma Gösterge (GPD-Gas Plasma Display), LED ve LCD teknolojileri tarafından paylaşılmıştır. Bu göstergelerin ortak yanı, nokta-dizey (dot-matrix) olarak yerleştirilmiş ve sayısal olarak adreslenebilen görüntü noktalarından oluşan düzlemsel görüntüleme yüzeyleri olmalarıdır.

Elli yılı aşkın süredir kullanılan LED teknolojisi, inorganik yarıiletkenlerin işlenmesine bağlıdır ve yüksek ısıl yitimler nedeniyle pek de verimli değildir. Ayrıca inorganik yapıtaşlarına bağımlı olması nedeniyle renk seçenekleri de kısıtlıdır. Bununla birlikte yerleşik üretim teknolojisi sayesinde düşük maliyetli olduğu ve yüksek ışık akısı sağlayabildiği için özellikle parlaklık ve zıtlık değerlerinin önemli olduğu açık hava uygulamalarında (stadyum reklâm panoları ve meydan

televizyonları gibi) tercih edilmektedirler.

Yine yaygın olarak kullanılan LCD teknolojisi ile çok sayıda küçük boyutlu renkli düz ekran göstergeler üretilmekte (bilgisayar monitörü, telefon ekranı gibi) ve bu ürünlerin pazar payı giderek artmaktadır. LCD malzemelerinde ve üretiminde yapılan geliştirmeler sayesinde, piksel (görüntü noktası) hızları artırılarak hareketli görüntüler için gereken tepki süresi elde edilmiş ve televizyon ekranları üretilmiştir. Bununla birlikte LCD, kendi ışığını üretmediği için harici ışık kaynağı gereksinimi vardır. Bu da özellikle büyük boyuttaki göstergelerde fazla güç tüketimine neden olmaktadır. Ayrıca LCD göstergelerin görülebilirlik açısı -giderek genişlemiş olsa da- dardır. Bununla birlikte pazarda, ekran köşegen uzunluğu 1 metreye kadar olan ürünler, bulunmaktadır. (Şekil:2.1)

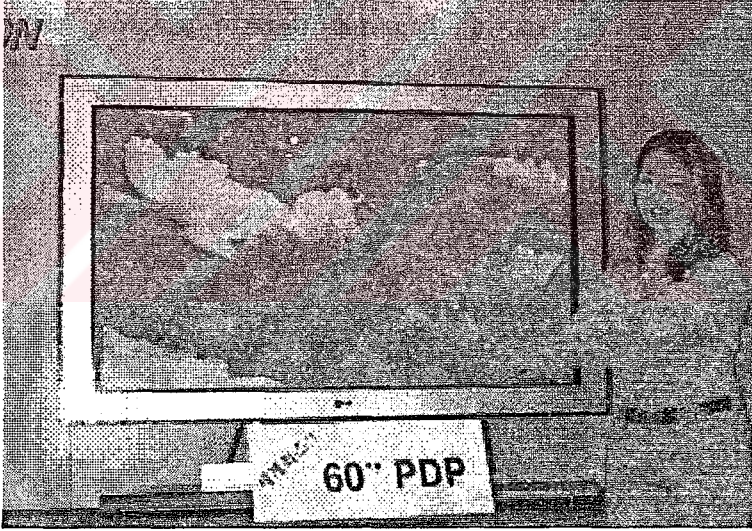


Şekil 2.1: 40" inç (101 cm) TFT-LCD Televizyon. (Samsung)

Diğer ve giderek yaygınlaşmakta olan GPD teknolojisi ile üretilen çok sayıda ürün de pazarda yerini almıştır. Şekil:2.2de bir örneği gösterilen Plazma ekranlar, ev ve ofisler için olduğu kadar, 4 metreyi bulan ekran

boyları ile alış veriş merkezleri ve geniş kapalı alanlarda da yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu göstergelerin yüksek fiyatları ve kısıtlı kullanım ömürleri, tutunmaları önünde bir engel olmakla birlikte, her iki sorunu çözmek için sürekli çalışmalar yürütölmektedir.

Düz ekran pazarında, en eski ve yerleşik gösterge türü olan CRTler ile tasarlanmış ürünler de bulunmaktadır. Ancak bu ekranların üretiminde kullanılan vakumlu tüplerde, camın fiziksel dayanım sınırları ve görüntü geometrisi sorunları yüzünden, 70–80 cm köşegen uzunluğunu aşan boyutlardaki ürünler, ticarî anlamda tercih edilir olamamaktadır.



Şekil 2.2: 60" (152 cm) Gaz Plazma Panel. (Üretici: LG)

2.2 ORGANİK LED GÖSTERGELER

LED ve LCD teknolojileri için yakın gelecekteki en güçlü rakip, OLED teknolojisidir (Sheats, J. R. et al., 1996). Günümüzde OLED teknolojisi ile üretilmiş küçük ekranlar, araba teypleri ve cep telefonları gibi küçük

boyutlu uygulamalarda ticarî olarak denenmektedir.

OLED teknolojisi ile elde edilebilecek düşük güç tüketimli, kendi ışığını üreten, esnek ve hatta saydam ekranlar, pek çok üreticinin ticari beklentilerine uygun düşmektedir. Bu teknoloji ile üretilen “plastik” ekranları oluşturmak için iki temel yapı kullanılmaktadır.

Bunlardan ilki, buharlaştırma teknikleri ile oluşturulan küçük moleküllü organik katmanların kullanıldığı yapılardır. Bu teknik ile elde edilen ürünler SMOLED olarak adlandırılmaktadır. (Tang, C. W., Van Slyke, S. A., 1987).

PLED olarak adlandırılmış olan diğer yapıda ise, polimer çözeltilerinden dönü-kaplama yada inkjet baskı ile elde edilen katmanlardan yararlanılır. (Friend, et al., 1999).

Pazara ilk sunulan ürünler SMOLED teknolojisi ile elde edilenler olmakla birlikte, PLED teknolojisi ile üretilen ürünler de giderek artmaktadır. OLED pazarındaki büyük üreticiler iki gruba ayrılmış durumdadırlar. Eastman Kodak, IBM, UDX ve Ritek firmaları SMOLED üzerine çalışmalarını sürdürmekte, CDT, Uniax, DuPont, Philips ve Dow Chemicals firmaları ise PLED teknolojisi ile ilgilenmektedirler.

OLEDler, ileri yönde kutuplandıklarında ışık yayan yarıiletken diyotlardır ancak, yarıiletken kristaller yerine, organik polimerler kullanılarak imal edilirler. Işık salımı, kıvılcıma (electroluminescence) olayı ile açıklanan süreç üzerinden, elektrik enerjisinin ışığa dönüştürülmesi ile gerçekleşir. Üretimlerinde kullanılan polimerlerin yapısına bağlı olarak, saydam ve/veya esnek yapıda olabilmektedirler (Şekil:2.3). OLEDler,

üretimlerinde kullanılan organik malzemeye bağlı olarak, çok değişik renkleri üretilebilmekte hatta katmanlı olarak imal edilebildikleri için, bu renklerin karışımlarının da elde edilebilmesine olanak sağlamaktadır.



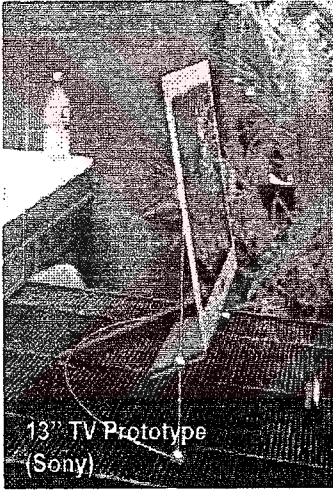
Şekil 2.3: Esnek ve saydam altlık üzerinde oluşturulmuş tekrenkli OLED gösterge.

OLED göstergelerin, LCD ekranlar için kullanılan ince film transistör (TFT-Thin Film Transistor) aktif matris adresleme yapısı ile kullanılabilmesini sağlayan ve ters (*inverted*) OLED olarak adlandırılan bu yeni teknoloji, Japon Sony firması tarafından geliştirilmiş ve sistemin uygulandığı ilk örnek 2002 ortalarında sunulmuştur.

Geleneksel yarıiletken LEDlerin ve LCDlerin sakıncalarını gideren özellikleri nedeniyle ve hızla gelişen bilişim teknolojilerindeki görüntüleme birimi taleplerine bağlı olarak, önümüzdeki on yıl içinde OLEDlerin giderek artan miktarda üretilmeleri kaçınılmazdır (Latta, J. N., 2002).

Günümüzde organik fotokimya teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde,

OLED üretiminde kullanılacak pek çok yeni polimer sentezlenebilmektedir. Bu polimerlerin sentezlenebildiği kuruluşlarda OLED üretimi yapılması da mümkündür. Çünkü OLED üretimi temel olarak, ince film kaplama teknikleri ile gerçekleştirilmektedir. Yarıiletken üretime temel oluşturan süper temiz ortamların ve yüksek enerji gerektiren saflaştırma sürecinin kullanılmadığı bu teknikler, küçük ölçekli bütçeleri olan kuruluşların da görüntüleme elemanı olarak kullanılacak OLED üretebilmesini mümkün kılmaktadır.



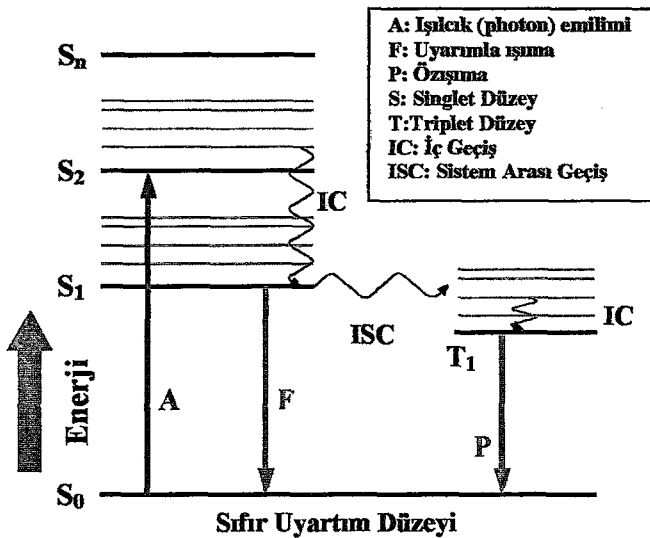
Şekil 2.4: Sony Firmasının 13" (33 cm) OLED monitörü. (Mayıs 2002)

3. OLED SINIFLADIRMA VE ÖZELLİKLERİ

OLEDler üretimlerinde kullanılan malzemenin türüne ve yapısal özelliklerine göre değişik biçimlerde adlandırılmaktadır. Bu adlandırmalar üreticilerin yaklaşımlarına göre değişken olmakla birlikte, çoğu zaman akılcı ve yapısal ipuçları taşır niteliktedirler. Burada OLEDlerin temel çalışma prensipleri ve en yaygın olarak kullanılan sınıflandırma terimleri ile ilgili kısa bir özet yapılacaktır. Bununla birlikte bu yeni teknolojik alanında pek çok yeni adlandırmalar ve sınıflar oluşabileceği de akılda bulundurulmalıdır.

3.1 OLED ÇALIŞMA İLKELERİ

Şekil:3.1deki Jablonski diyagramında elektromanyetik ışınla uyarım ve sonrasındaki salım süreçleri verilmiştir. Işılcık soğurumu ile kararsızlaşan eksicik sırasıyla, uyarımla ışınla (fluorescence) ve özışınla (phosphorescence) süreçleri ile salımlar (emission) yaparak yeniden



Şekil 3.1: Jablonski Diyagramı

kararlı durumuna dönmektedir.

Bu salımların oluşumu sürecinde, öncelikle, uyarıcı (exciton) olarak adlandırılan uyarılmış, hareketli bir elektron-oyuk çifti oluşur. Belirli bir uyarım düzeyinde, uyarıcı içindeki elektron, boşluğa “düşerken” bir foton salınır ve ışık (yada ısı) oluşur.

Singlet uyarıcılar, oluşumlarından birkaç nanosaniye sonra birleşir (recombination, de-excitation) ve flüorışıma denilen süreçle bir ışık salarlar. Salınan bu ışığın enerjisi yüksektir ve dalgaboyu çoğunlukla görünür ışık bölgesindedir. Triplet uyarıcılar ise 1 ms~1 s gibi bir sürede, kızılötesi bölgede yada altında, düşük enerjili bir ışık salarak birleşirler. Bu nedenle genellikle ışık değil, ısı açığa çıkarırlar.

Ancak iridyum yada platin gibi ağır bir metal atomu ile organik yapısı değiştirilen bir molekülde, singlet ve triplet uyarıcıların karakteristikleri birbirine karışır ve ışık emisyonunun hızlanarak 100 ns~100 µs içinde oluşması sağlanır. Bu biçimde oluşan emisyon, fosforışıma olarak adlandırılır.

OLEDlerin çalışması, sırasıyla katot ve anot uçlarından enjekte edilen zıt kutuplu yük taşıyıcıların -eksik ve oyukların-, organik yapı içinde yürütülmesine bağlıdır. Organik yapıya dışarıdan uygulanan elektrik gerilimi, bu taşıyıcıların birleşme bölgesine kadar sürülerek burada, bir uyarıcı oluşturmasını sağlar.

Organik malzemeler içinde oluşan uyarıcılar, singlet ve triplet olmak üzere iki türdür. OLEDin uyarıcı oluşum bölgesine ulaşan her dört elektron oyuk çiftinden ortalama olarak biri singlet, üçü de triplet uyarıcı

meydana getirir (Forrest, S., Burrows, P., Thompson, M., 2000).

Buradan da açıkça anlaşılacağı gibi, organik malzemelerde elektroışıma (EL-electroluminescence) verimini artırmak için bazı düzenlemeler yapılması gerekir.

Organik malzemeler ile ışık elde etmek için kullanılan sistemler, EL verimliliğini artırmak için farklı organik bileşiklerin katmanlı bir yapıda sıralanması ile yapılandırılırlar.

3.2 KATMAN SAYISINA GÖRE SINIFLANDIRMA

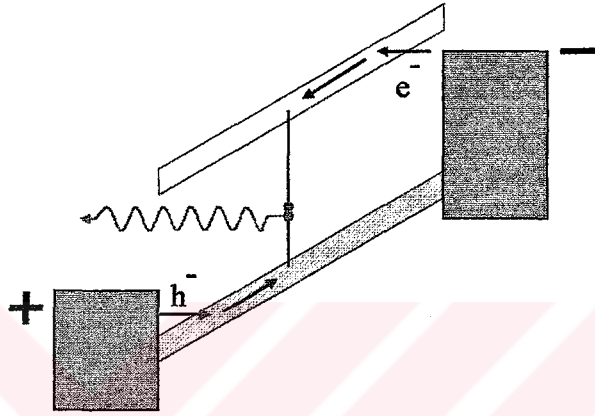
OLED üretiminde kullanılan organik katman sayısı, üretim teknolojilerinin sınıflanmasında kullanılan önemli parametrelerdendir. İstenilen verimde aygıtların oluşturulması için, kullanılan bileşikler, tabaka kalınlıkları ve kullanılacak gerilim değerlerine bağlı olarak, katman sayısının da belirlenmesi gereklidir.

3.2.1 Tek Katmanlı Yapı

Organik bir malzeme içinden elektrik akımı geçirilerek, uyarıcı oluşumu sağlanabilir. Anot ucundan enjekte edilen oyuk ve katot ucundan enjekte edilen eksicikler, atlamalı bir iletim süreci ile birbirlerine ulaşana dek yapı içerisinde ilerlerler. Zıt işaretli yük taşıyıcılar karşılaştıklarında, bir uyarıcı oluşturur ve ardından geri birleşirler. Buradaki durum, flüorüsil bir boyanın ışığı soğurması ile oluşan durumun aynıdır ve florışı işlemindeki gibi, kararlı duruma dönüşte ışık salımı gerçekleşir. Bu durum, Şekil.3.2deki enerji bandı diyagramı ile gösterilmiştir.

Tek bir organik katman içeren elektroışıma aygıtlar da OLED olarak

adlandırılmaktadır. Ancak buradaki “D” bu kez diyot anlamında değil device anlamındadır. Bu aygıtlarda bir kavşak bulunmadığı için, diyot olarak adlandırılmaları doğru değildir.



Şekil 3.2: Tek organik katmanda yük taşıyıcı akışı.

Tek katmanlı yapının dezavantajı, katot ve anot enerji düzeyleri, organik bileşiğin moleküler düzeyleri ile tam uyumlu seçilmediği zaman, eksicik ve oyuk akımlarının dengesiz olmasıdır. Böyle bir uyumsuzluk, baskın olan yük taşıyıcının, birleşecek zıt işaretli bir taşıyıcı bulamadan tüm yapı boyunca ilerlemesi ile sonuçlanır. Taşıyıcıların uyarıcı oluşturamadan organik bileşik üzerinden geçmeleri, dirençsel davranış gibidir ve “gereksiz” enerji harcamasına neden olur. Bu durumda elektrik/optik dönüşüm verimi, dikkate değer biçimde düşerek, beklenen ışık veriminin sağlanmasına izin vermeyecektir.

ITO/TPD/Al yapıda bir organik EL model ile yapılan denemelerde, emisyon başarımı ile sıcaklık arasında güçlü bir bağımlılık görülmüştür. Bu nedenle bu yapıdaki tek katmanlı organik aygıtların çalışma sıcaklıkları kritik olacaktır. Başka bir deyişle, ışık kararlılığı

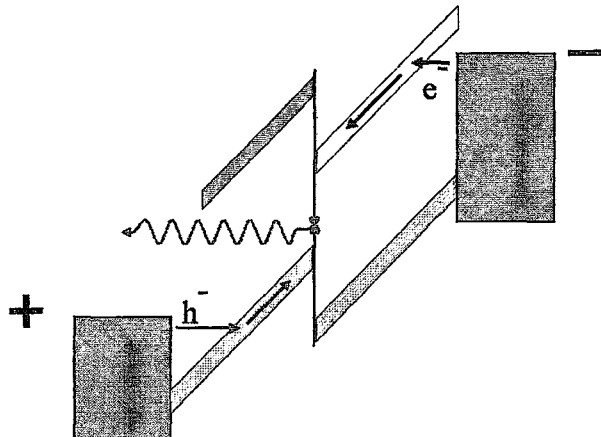
sağlayabilmek için soğutma yapmak gerekebilecektir. Öte yandan, ITO/PFO/Au ve ITO/PEDOT/PFO/Au yapıdaki aygıtların ısı karakteristikleri kararlıdır. (Martin, S. J. et al, 2003).

Bu sonuçlar dikkate alındığında, tek katmanlı yapının, doğru organik bileşikler ve elektrotlar seçildiğinde oldukça iyi bir ışık karakteristiği üretebildiği söylenebilir.

Tek katmanlı aygıtların elde edilmesi oldukça zahmetsizdir ve basit üretim teknikleri kullanılarak başarılabilir. Çoğunlukla 100 nm civarındaki organik katman kalınlıklarından söz edilmektedir.

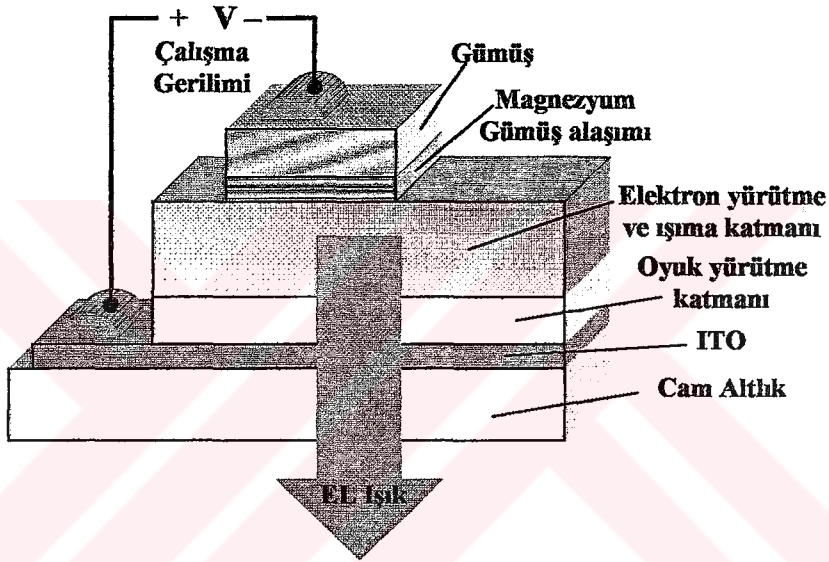
3.2.2 İki Katmanlı Yapı

Yük taşıyıcı sayılarının dengelenmesi için, birinin enerji düzeyi anoda uygun olan ve oyukları yürüten, diğerinin enerji düzeyi katoda uygun olan ve eksiciklerin yapıya enjeksiyonunu sağlayan iki organik katman kullanılabilir. Bu sayede organik bileşiklerin birleşim yüzeyinde yük taşıyıcılar, zıt işaretli bir ortak bulana kadar “bekletilir”. Bu durumda kavşaktaki düşük enerji seviyesinde oluşan uyarıcı birleşerek, ışık



Şekil 3.3: Çift organik katman için enerji bandı diyagramı.

salımını gerçekleştirir. Bu uygulamanın enerji bandı gösterimi, Şekil:3.3te verilmiştir. İki katmanlı yapıda uyarıcı kavşak bölgesi içinde oluşmaktadır. Bu nedenle, tek katmanlı yapıda gözlemlenen elektrot yakınındaki uyarıcıların ürettiği ışılıkların sönümlenerek (quenching) aygıt dışına çıkamaması sorunu önlenmiş olur.



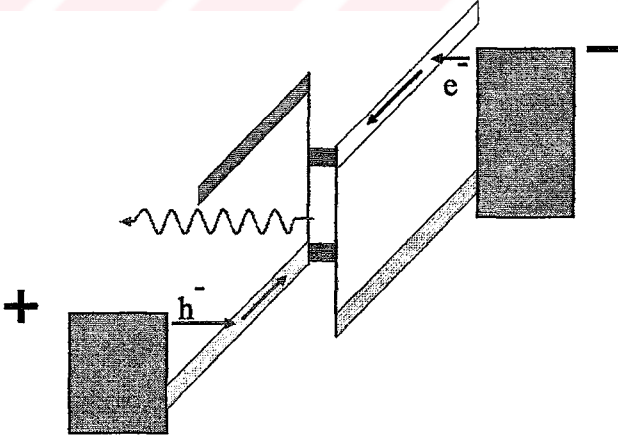
Şekil 3.4: İki katmanlı OLED yapısı.

İnorganik yarıiletken kristal diyotlardaki gibi kavşak içeren bir organik yapı oluşturmak için, iletken yada yarıiletken bir taban üzerine, ince film kaplama teknikleri kullanılarak, üst üste en az iki organik katman oluşturulur. Bu biçimde gerçekleştirilmiş bir OLED yapısı, Şekil:3.4te görülmektedir. Burada öncelikle, cam bir altlık (substrate) üzerine anot olarak, saydam ve iletken ITO kaplanmıştır. Daha sonra sırasıyla oyuk taşıma katmanı (HTL-Hole Transport Layer) ve elektron taşıma katmanı (ETL-Electron Transport Layer) oluşturulmuştur. Elektron taşıma katmanına elektronların sağlanacağı düşük çalışma gerilimli (work

function) bir metal alaşımdan elde edilen katot ucu da son olarak eklenmiştir. Çoğu durumda oyuk ve eksicik taşıma katmanları, enjeksiyonun daha verimli gerçekleşmesi için, enerji bant aralıkları birbirine uygun bileşikler kullanılarak alt katmanlar halinde, birden çok tabakadan oluşturulur. Ayrıca ITO, anot ve katot için, düzlemsel yapıdan farklı geometriler de kullanılabilir.

3.2.3 Üç Katmanlı Yapı

OLEDlerin üretiminde bir başka yapılandırma seçeneği de, üçüncü bir katman daha eklenmesidir. Saf (intrinsic) tabaka olarak adlandırılan bu katman, doğrudan doğruya ışıma verimini artırmaya yöneliktir. Üç katmanlı OLED için enerji bant diyagramı Şekil:3.5te verilmiştir. İki katmanlı yapıda elektron taşıma katmanında gerçekleşen ışık salımı, üç katmanlı yapıda, oyuk taşıma ve elektron taşıma katmanları arasındaki



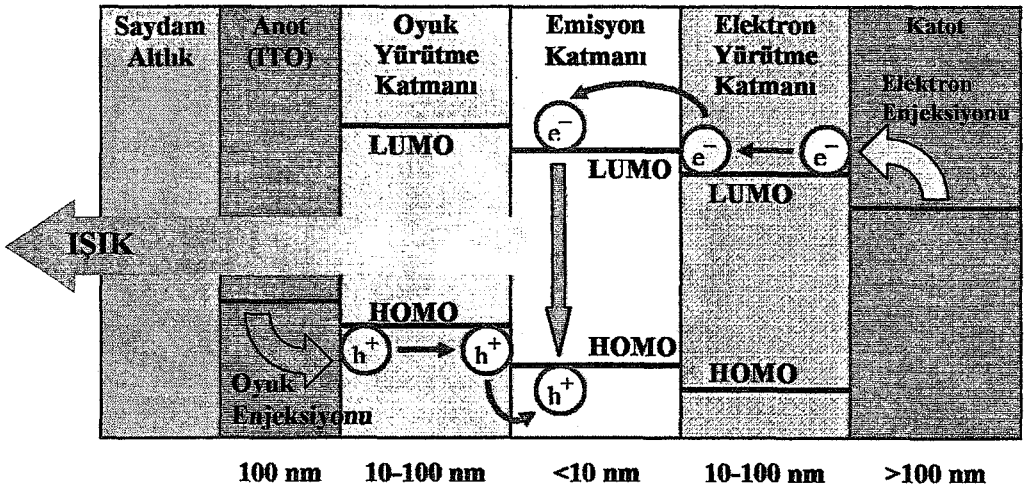
Şekil 3.5: Üç organik katman için enerji bantı diyagramı.

ışıma katmanında gerçekleşir.

OLED üretiminde üç katmanlı yapının kullanılması durumunda, organik malzemelerin eksik taşıma, oyuk taşıma ve ışığa için ayrı ayrı optimize edilmesi mümkün olduğu için, aygıtın başarımı belirgin biçimde yükseltilebilir.

PiN yapıli OLEDlerde, p- ve n- katkıli bölümler yani oyuk ve eksik taşıma katmanları, toplam kalınlığın %80ini oluşturmalıdır. Buna göre, elektroışımının içinde gerçekleşmesi istenen saf katman, katkıli tabakalar arasında ince bir bölge olacaktır (Huang, J., Blochwitz-Nimoth, J., Pfeiffer, M. 2002).

Şekil:3.6da üç katmanlı OLED için tipik katman kalınlılıkları ile birlikte, emisyon süreci ve katman işlevleri gösterilmiştir (OSRAM Ürün Geliştirme-2003). Görüldüğü gibi uyarıcı oluşumu ve ışığa için ayrı bir katman bulunmaktadır. Böylelikle katmanlar arası HOMO ve LUMO değerleri, daha uygun seçilebilmekte ve elektrik/ışık verimi daha da artırılabilir.



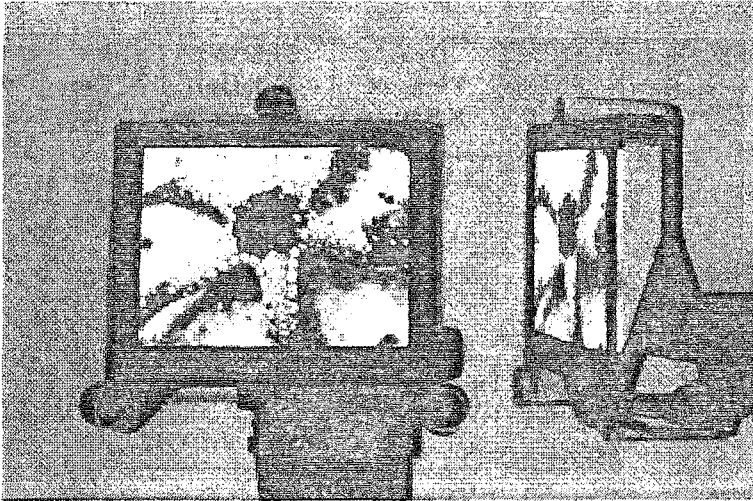
Şekil 3.6: Üç katmanlı OLED yapısı ve oyuk/elektron transfer süreçleri.

3.3. MOLEKÜLER YAPIYA BAĞLI SINIFLANDIRMA

Organik LEDlerin temel yapıtaşı, içinden elektrik akımı geçirildiğinde görünür dalgaboyu aralığında foton salımı yapan organik bileşiklerdir. OLEDler, üretimlerinde kullanılan malzemelerin türlerine ve üretim yapısına göre adlandırılmaktadır. OLEDler ile ilgili en önemli sınıflama, malzemelerin moleküler yapısına bağlı olarak oluşturulan sınıflandırmadır.

3.3.1 SMOLED

Küçük Molekül OLED (Small Molecule OLED-SMOLED) sınıfında yer alan aygıtlar, yaklaşık olarak 100–400 atomik birim ağırlığındaki moleküllerden oluşan fosforişil yada elektroşil organik bileşikler ile oluşturulurlar. Bu aygıtların gerçekleştirilmesi ile ilgili ilk çalışma, artık bir klasik sayılan, Tang, ve Van Slyke' ın 1987 yılındaki "Organic Electroluminescent Diodes" makalesidir.



Şekil 3.7: 2,4'' (6 cm) tam renkli SMOLED gösterge. (Eastman Kodak/Sanyo)

Aynı zamanda Kodak çalışanları olan Tang ve Van Slyke tarafından duyurulan küçük molekül teknolojisi ilk olarak, Eastman Kodak firmasınınca üretime geçirildi. Kodak tarafından geliştirilen bu teknoloji ile üretilen aygıtlar halen Japon Pioneer firması tarafından otomobil teyplerinde ve Amerikan Motorola firması tarafından da cep telefonlarında kullanılmaktadır. Kodak ve Sanyo firmaları da, bu teknolojiye dayanan tam renkli aktif matris göstergelerini 2003te pazara sunmuşlardır. Sayısal fotoğraf makinelerinde kullanılmak üzere üretilen bu gösterge, Şekil:3.7de görülmektedir.

Küçük molekül OLEDlerin üretiminde ışık yayan parçacıklar, altlık üzerine vakumda buharlaştırma tekniği ile kaplanmaktadır. Gerekli katman desenlerinin oluşturulması için de gölge maskesi kullanılmaktadır. Küçük molekül tekniğinde katmanların kalınlıkları tam olarak belirlenebilmekte ve kontrol edilebilmektedir. Ayrıca malzeme saflıkları da oldukça yüksek değerlere erişebildiğinden, elde edilen ışımının dalgaboyu çok dar bir aralıkta kalmakta ve istenilen renk değerleri tam olarak sağlanabilmektedir. SMOLED sistemlerde kullanılan bileşiklerin daha kararlı olmaları nedeniyle, üretilen aygıtların kullanım ömürleri de oldukça uzundur.

3.3.2 PLED

SMOLEDlerin ardından, birleşik polimerlerin de benzer elektroşıl özellikleri taşıdığı gösterildi (Burroughes, J. H., et al., 1990). Bu yöntemle elde edilen OLEDlerde, 100.000–500.000 atomik birim büyüklüğündeki molekülden oluşan zincirler kullanılmaktadır. Elde edilen polimer malzemeler bir çözüde çözülecek, daldırma yada döndürme kaplama

yöntemleri ile gerekli yapılar oluşturulabilir. PLED üretiminde, sıvı içinde çözünebilen polimerlerin kullanılması sayesinde, yeni ve oldukça kullanışlı bir katman oluşturma yöntemi olan, inkjet (mürekkep püskürtme) kaplama tekniğinden yararlanılabilmektedir.

Polimer OLEDler, işleme ve uygulama kolaylığı açısından, özellikle büyük ekranlı görüntüleme birimleri için tercih edilmektedir. Sektörün önde gelen üreticilerinden İngiliz CDT (Cambridge Display Technologies), Alman Covion, Fransız Philips ve Amerikan DuPont firmaları, PLED teknolojisi üzerine yaptıkları çalışmaları duyurmuşlardır.



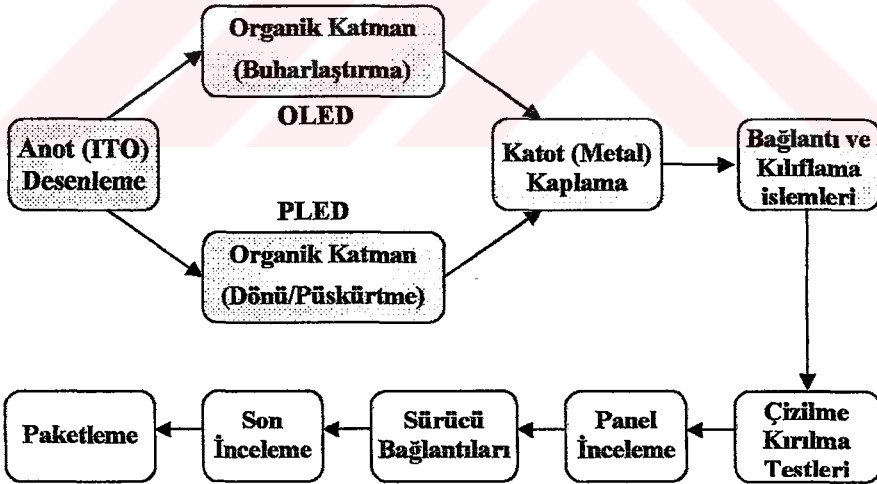
Şekil 3.8: 13" (33 cm) PolyLED TV prototipi. (Philips)

Philips tarafından geliştirilen ve PolyLED ticari markası ile sunulan ve yüksek karşıtlık/parlaklık sağlayan teknoloji, Password Dergisinde (Kasım 1999) sunulmuştur. Philips' in PolyLED olarak adlandırdığı teknoloji ile ürettiği, 16:9 biçemli 33 cm (13") düz ekranın kullanıldığı televizyon, Mayıs 2004 tarihinde pazara tanıtılmıştır (Society for Information Display's International Symposium Seattle, USA). Philips

laboratuvarlarında geliştirilen bu ilk örnek televizyon ve kullanılan PLED ekran, Şekil 2.8de görülmektedir.

3.3.3 SMOLED ve PLED Karşılaştırması

PLED ve SMOLED üretimleri için işlem akış diyagramları Şekil 3.9da verilmiştir. Buradan da görüldüğü üzere, PLED ve SMOLED üretim teknikleri arasında farklı olan tek süreç, anot katmanı üzerinde organik katmanların oluşturulması aşamasıdır. SMOLED birimler için vakumda buhar kaplama yada kimyasal buhar kaplama gibi tekniklerin kullanımı uygundur. PLEDlerin sol-gel olarak kullanılabilen malzemeleri sayesinde, katman oluşturma aşamalarında daldırma, dönü yada püskürtme kaplama yöntemleri kullanılabilir.



Şekil 3.9: OLED üretimi işlem akış diyagramı.

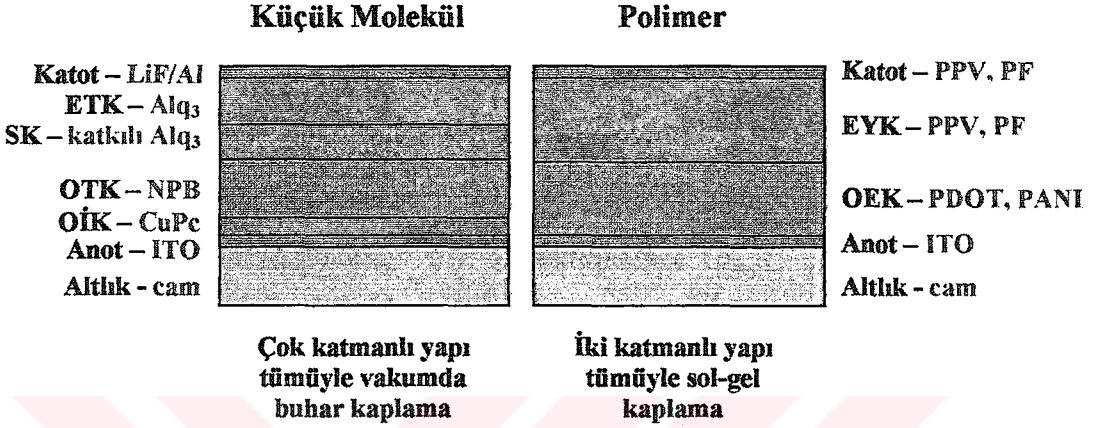
SMOLEDler PLEDlere göre iki yıl kadar pazar önceliğine sahiptir ve üretim teknolojileri ekonomik ve teknik anlamda PLEDlere göre daha oturmuş durumdadır. SMOLED üretiminde kullanılan vakumda

buharlaştırma yöntemi, ince katmanlar oluşturabilmek için en elverişli tekniklerden birisidir. SMOLEDler küçük molekülü bileşiklerden oluşmaları nedeniyle PLEDlere göre daha kararlı yapıdadırlar ve optik özellikleri çevresel koşullardan daha az etkilenir.

Öte yandan PLEDlerin yapımında kullanılan polimerlerin işlenmesi çok daha kolaydır ve üretimleri de daha basit ve hesaplı bir teknik altyapı ile gerçekleştirilebilmektedir. Bununla birlikte, işlem kolaylığı açısından avantaj olarak görülen malzeme çözünebilirliği, diğer yandan, üretim sırasında sakıncalı durumlar oluşturabilmektedir. Bir katman üzerinde yeni bir katman oluşturulurken, yeni oluşturulan katmandaki çözünen, bir önceki katmanın yapısını etkileyebilmektedir. Bu durumda tabakalar arası geometri bozularak, kavşakların (junction) hassasiyetini azaltmaktadır. Önceki katmanın kaplama sırasında deforme olmasını önlemek amacıyla, komşu tabakalar için farklı çözünen türleri kullanılmaktadır. Kavşak geometrisini korumak için, komşu tabakaların oluşturulmasında farklı kaplama teknikleri kullanmak da yaygın bir uygulamadır. Polimer malzemelerin hava içindeki nemden çok iyi biçimde korunmaları gereklidir. Bu nedenle üretim sırasında olduğu kadar, üretildikten sonra da nem ve oksijenden çok iyi biçimde korunmalıdırlar. Bu da pazara verilecek ürünlerde yüksek yalıtım sağlayacak bir kılıflama teknolojisi gerektirmektedir.

Şekil:3.10da aynı kalınlıktaki SMOLED ve PLED birimlerin katman sayısı ve kalınlıkları karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Görüldüğü gibi SMOLED teknolojisinde, kullanılan kaplama teknikleri sayesinde, daha ince ve çok sayıda tabaka oluşturulmuştur. Anot olarak kullanılan ITODan organik yapıya oyuk aktarımında verimi artırmak için, CuPc oyuk

enjeksiyon katmanı eklenmiştir.

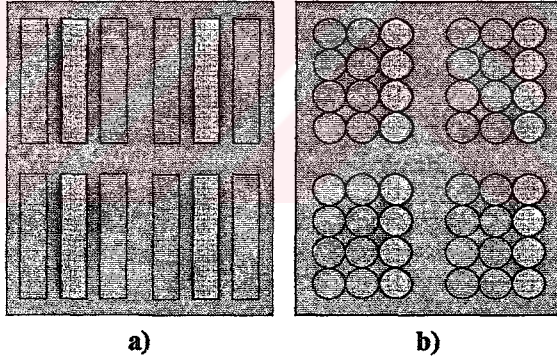


Şekil 3.10: SMOLED ve PLED yapısal karşılaştırması.

Küçük molekül ve polimer yapıların avantajlarını birleştirmek amacıyla, her iki tür organik bileşikler içeren melez sistemler de oluşturulmuştur (Chin, B. D., et al, 2003). Bu çalışmada katmanlar arası tutunmayı iyileştirmek amacıyla, ışın katmanı olarak, küçük molekül-polimer melezi bir karışım kullanılmıştır. Böylelikle küçük molekül matris, polimer içindeki flüorüsil boyadan yada dağınık fosforüsil boyalardan enerji transferi için host olarak kullanılabilmiştir. Melez yapı oluşturmak için, geleneksel kaplama yöntemleri yada ink-jet kaplama yerine, katıdan katıya aktarım sağlayabilen LITI (Laser Induced Thermal Imaging-Lazer Uyarımlı Isıl Desenleme) tekniği kullanılmıştır. Aktarım katmanındaki ince, ışık yayan polimer malzeme filmi, lazer ile taranarak, vericiden alıcıya katman transferi sağlanmaktadır. Bu yöntemin sağladığı maskesiz desenleme olanağı, hassas tam renkli ekranların geliştirilmesinde oldukça yararlı olacaktır.

4. OLED SİSTEMLERİNDE RENK OLUŞTURMA

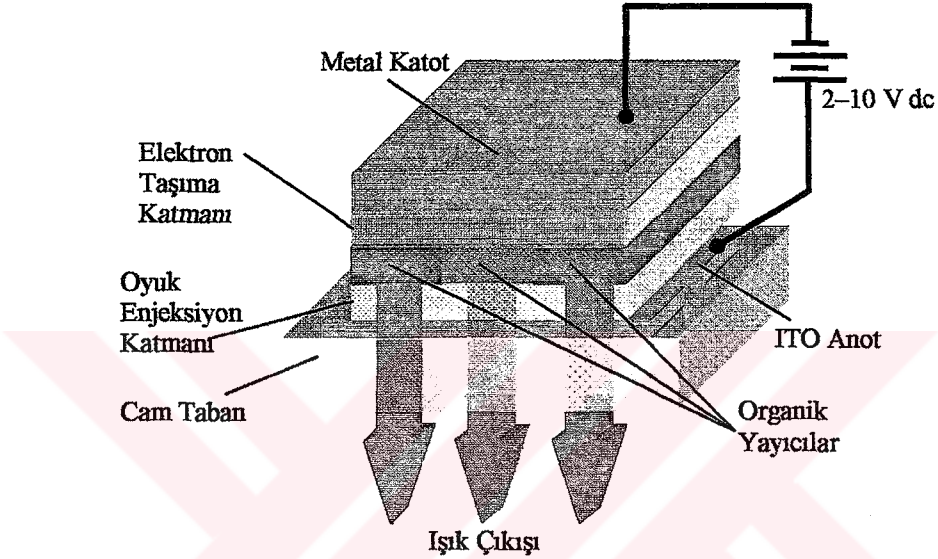
İnce, esnek ve saydam yapıları nedeniyle OLED sistemlerin gösterge olarak kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. OLED sistemlerinde tam renkli görüntü oluşturmak için, diğer tüm gösterge sistemlerindeki RGB (Red-Green-Blue KYM Kırmızı-Mavi-Yeşil) renk desenleme modeli uygulanmaktadır. Buna göre her bir resim noktası için, kırmızı mavi ve yeşil renkte üç OLED kullanılmalıdır. Bu desenlemelerden en yaygın olarak kullanılan ikisi, Şekil:4.1de verilmiştir. Bu desenlemeler ilk olarak grafik (a) ve hareketli görüntü (b) için düzenlenmiş olmakla birlikte, günümüzde erişilen piksel yoğunluğu düzeyinde aralarında dikkate değer bir fark kalmamıştır.



Şekil 4.1: Grafik (a) ve hareketli görüntü (b) için pixel desenlemeleri.

OLED göstergeler, burada görülen piksel renk desenleri, belirtilen renkleri (kırmızı, yeşil, mavi) elde etmek için kullanılan farklı teknikler ile birleştirilerek üretilmektedir. Şekil:4.2de, teknik kısıtlamalar nedeniyle gerçekleştirilemeyen ilkesel tam renkli OLED yapısı görülmektedir. Burada görülen yapı, farklı renklerde ışımaya yapan birimlerin elektriksel özelliklerinin eşit olmaması ve katmanların oluşturulmasında

karşılaşılabilecek zorluklar nedeniyle, alternatif yapılar geliştirilmesini gerektirmiştir.



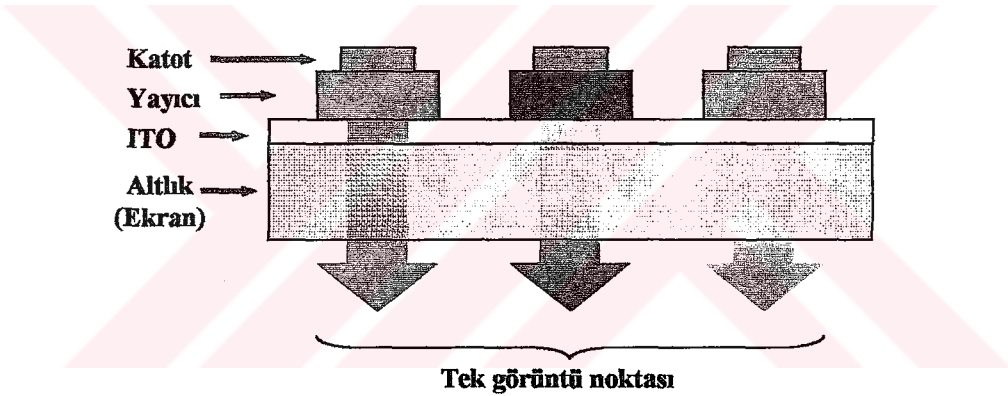
Şekil 4.2: Üretim teknolojilerindeki kısıtlamalar nedeniyle gerçekleştirilemeyen ilkesel renkli OLED yapısı.

OLED göstergelerde renk elde etmek için kullanılan alternatif teknikler, aşağıda özetlenmiştir.

4.1 KYM (Kırmızı-Yeşil-Mavi) YAYICILAR YÖNTEMİ

Her bir renkteki ışımının, o renkte ışıyan bir yayıcı ile elde edildiği bu yöntem, Pioneer ve NEC firmaları tarafından kullanılmaktadır. Şekil:4.3te yapısı görülen bu teknik ile yüksek kaliteli bir görüntü sağlanması, ışımının yapıyı terk ederken yalnızca ITO tabakasını aşmasının yeterli olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle cihazın güç verimliliği de oldukça yüksektir. ITO uygulaması olgunlaşmış bir teknoloji olduğundan, bu teknolojideki cihazların üretim maliyetleri yüksek değildir.

Öte yandan bu tekniğin sakıncaları da yok değildir. Değişik renlerdeki yayıcılarda kullanılan bileşikler farklı olduğu için, bunların optimize edilmeleri gerekir. Örneğin kırmızı ve yeşil yayıcıların ışınma enerjileri eşit olmadığı için bunların akım şiddetleri ayrı ayrı belirlenerek, parlaklık değerleri uyumlu duruma getirilmelidir. Bu farklılık yüzünden, yayıcıların elektriksel olarak ortak katot bağlantı ile sürülmeleri de mümkün olamamaktadır. Ayrıca yayıcıların yarı parlaklık ömürleri de birbirinden farklı olduğu için gösterge ömrü, ancak en kısa ömürlü yayıcınıninkine kadar olacaktır.



Şekil 4.3: Renkler için ayrı yayıcılar kullanılan OLED görüntü birimi

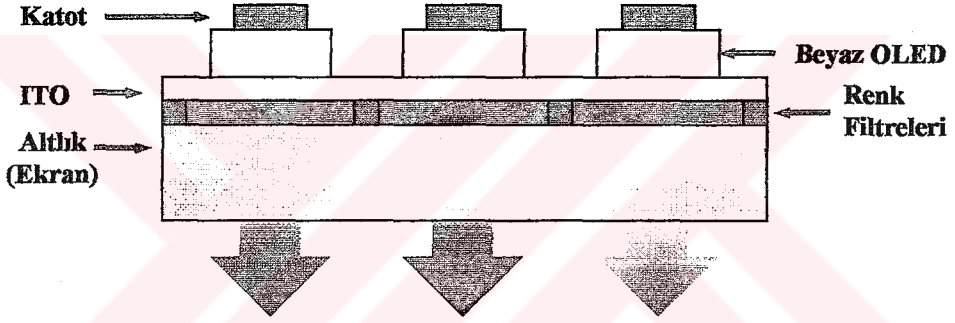
Bu tekniğin bir diğer sakıncası da, her bir renk için ayrı yayıcı bulunması nedeniyle, yayıcıların belli bir desenle altlık üzerine işlenmesi gereğidir. Yayıcıların desenlenmesi, oldukça zahmetli bir üretim süreci gerektirir ve olası hataları artırır.

Bu tür göstergelerin en zayıf noktası, kırmızı yayıcılardır. Kırmızı yayıcıların hem parlaklıkları düşük, hem de ömürleri yeşil ve mavi yayıcılara göre kısadır. KYM yayıcılar ile gösterge üretiminin verimli biçimde sürdürülmesi için, küçük molekül yapısında yeni kırmızı yayıcı

malzemeler sentezlenmelidir.

4.2 BEYAZ IŞIMA VE KYM SÜZGEÇLER YÖNTEMİ

Düz ekran göstergeler için renk filtrelerinin kullanımı, LCD paneller sayesinde iyice yerleşmiş bir uygulamadır. Pek çok üreticinin, bu yöntemi uygulayabileceği sağlam bir alt yapısı bulunmaktadır. Japon TDK firması tarafından kullanılan bu sistemin yapısı Şekil:4.4te görülmektedir.



Şekil 4.4: Beyaz yayıcı ve renk süzgeçleri kullanılan OLED görüntü birimi.

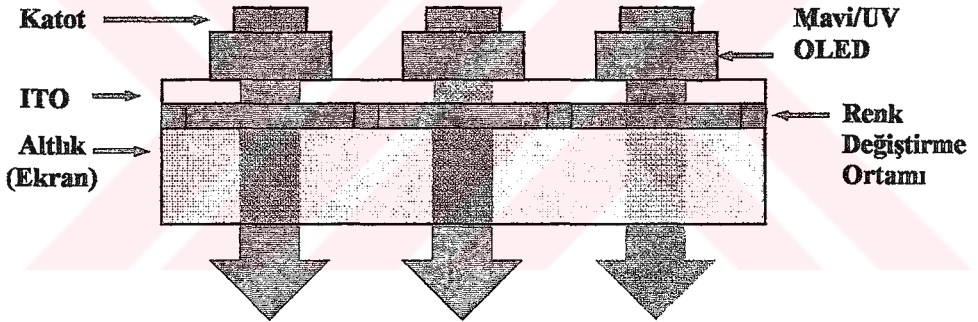
Bir görüntü birimini meydana getiren renk noktaları, beyaz ışık yapan bir yayıcının önüne yerleştirilmiş renkli filtreler ile oluşturulmuştur. Böyle bir yapı nedeniyle yayıcının tüm renkler için eşit ömürlü olduğu söylenebilir. Ayrıca yayıcı elemanlar için bir desenleme yapma gereksinimi de olmayacaktır.

Bu uygulamanın en temel sakıncası, filtrelerde oluşan yitimler nedeniyle güç verimliliğinin düşmesidir. Ayrıca filtrelerin üzerine ITO kaplanması oldukça zahmetli bir PVD uygulaması olan saçınım (sputtering) ile yapılabilmektedir.

Renk filtreleri tekniğinin en zayıf noktası, yüksek verimli beyaz ışımaya yapan OLEDlerdir. Güney Kore’de, mavi ışımaya yapan SAİq kırmızı flüoresan boya DCJTb kullanılarak yüksek kararlılıkta beyaz ışımaya yapan bir aygıt geliştirilmiştir (Ko, W. Y. et al, 2003). Bu cihazın dış kuantum verimi, 3 mA/cm^2 akım yoğunluğunda, 200 cd/m^2 olarak belirlenmiştir.

4.3 MAVİ İŞİMA VE RENK DEĞİŞTİRİCİLER YÖNTEMİ

Çok renkli/tam renkli OLED gösterge oluşturmak için yararlanılan bu üçüncü yöntemde, mavi yayıcılar ve renk değiştirici ortamlar (Color Changing Medium-CCM) birlikte kullanılmaktadır.



Şekil 4.5: Mavi/UV yayıcı ve renk süzgeçleri kullanılan OLED görüntü birimi.

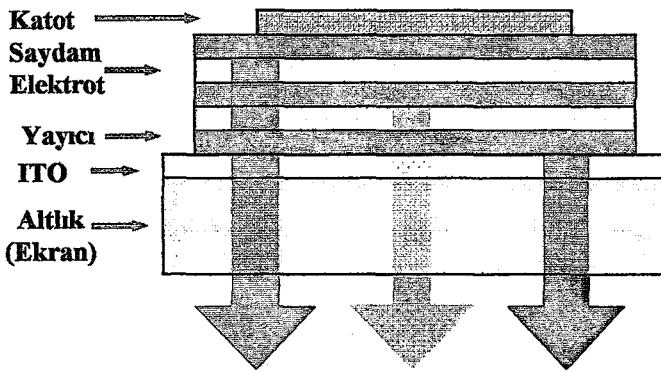
Şekil:4.5te yapıları şematik olarak gösterilen bu tür göstergelerde OLED yayıcılar, GPD üretiminde kullanılan renklendirme uygulamasına benzer biçimde, flüoresan renk değiştiricileri uyarmak için foton pompası olarak çalıştırılmaktadır. Bu nedenle bu teknoloji, hem malzeme hem de üretim süreci açısından, gaz plazma gösterge üreten firmalar için düşük yatırımla gerçekleştirilebilecek bir seçenektir. Bu tekniğin artıları arasında, beyaz OLED ve renk filtreleri sisteminde olduğu gibi, yayıcıların eşit ömürlü olması ve özel bir renk deseni gerektirmemeleri sayılabilir. Bu

avantajlara ek olarak, renk değiştirme ortamlarının filtrelele göre çok daha az kayıp yaratmaları da, üreticilerin bu yöntemi ciddi olarak değerlendirmelerini sağlamaktadır. Japon Idemitsu firması tarafından kullanılan CCM bileşenli OLED göstergeler, yüksek ışıma verimleri yanı sıra, geniş görülme aları ile de dikkat çekmektedirler.

Uygulamanın negatif yanlarının başında, CCM birimlerinin zerine ITO kaplanması gibi zor bir işlem gerektirmesi sayılabilir. Mavi/UV OLEDlerin, yüksek enerjili ışıma yapmaları nedeniyle kararsız olma eğilimi vardır. Bu teknikle renklendirilecek göstergeler için, kararlı mavi yayıcılar gerekecektir. Bunlara ek olarak renk değiştirme ortamları için de bir ömür kısıtlaması bulunması ve kırmızı renk için CCM malzemesinin zor bulunması da yöntemin dezavantajları arasındadır.

4.4 YIĞMA OLED YAPISI

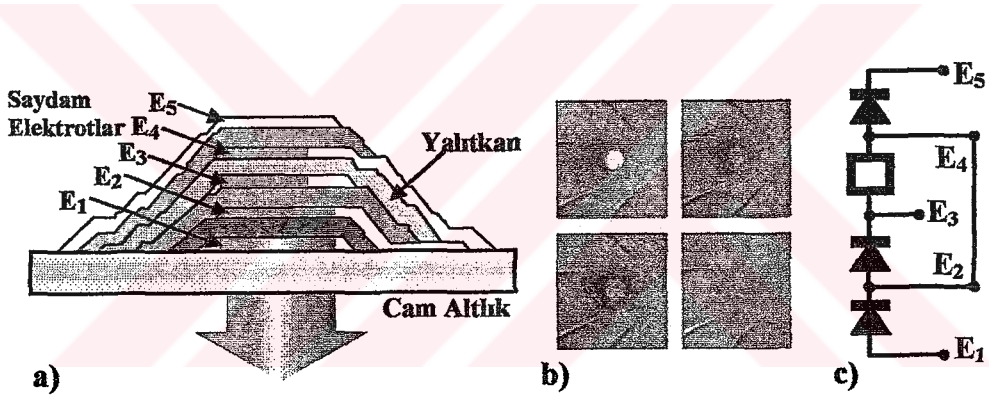
OLED göstergelerde tam renkli görüntü elde etmek için geliştirilen ve diğerlerinden ayrı olarak değerlendirilmesi gereken başka bir yaklaşım da.



şekil 4.6: Yığma OLED göstergelerde görüntü noktası yapısı.

SOLED (Stacked OLED- Yığma OLED) olarak adlandırılan ve Princeton Üniversitesinde geliştirilen bir tekniktir. Burada her bir piksel tek bir OLED ile oluşturulmakta, pikselin rengi, üst üste konumlandırılmış saydam OLEDlerin ışıklarının karışımı ile belirlenmektedir. Şekil:4.6da yığma OLED üretimi için katman yapısı şematik olarak gösterilmektedir.

Yığma OLED ile ilgili US5707745 sayılı patent, 1998 yılında Princeton Üniversitesi tarafından alınmıştır. Bu patente dayanılarak UDC (Universal Display Corporation) tarafından düz ekran gösterge üretimi ile ilgili laboratuvar çalışmaları sürdürülmektedir.

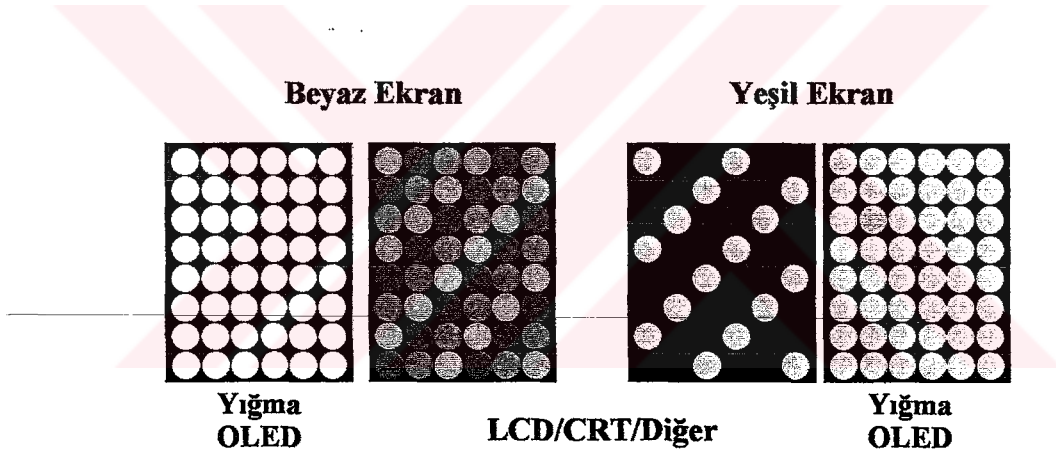


Şekil 4.7: Yığma OLED göstergede bir pikselin gerçek görünüşü (solda) ve ürettiği birkaç renk. (Princeton Üniversitesi)

Şekil:4.7de yığma OLEDin fiziksel yapısı (a) ve beyaz, yeşil mavi ve kırmızı renklerde çalışması (b) gösterilmiştir. Burada görülen yapı, şematik gösterimdekenden biraz farklıdır. Çünkü OLED içindeki üç farklı OLEDin çalışma gerilimlerinin uygulanması için bağlantı noktaları oluşturulmalıdır. Bu amaçla OLEDler arasında saydam elektrotlar eklenerek, elektriksel devresi Şekil:3.7 (a)da görülen piksel yapısı oluşturulmuştur. Bu yapı sayesinde her bir OLEDde kendi çalışma gerilimi, diğer tabakalar etkilenmeden uygulanabilmektedir.

Diğer gösterge türlerinde kullanılan geleneksel ara renk oluşturma yöntemleri, görüntü birimlerinde birbirine çok yakın olan KYM ışıkların değişen şiddetlerde üretilmesi ve göz algısı ile istenilen rengin belirmesi ilkesini temel almaktadır. Şekil:4.7de ortadaki iki ekran kesiti, bu prensiple oluşturulan yeşil (sağda) ve beyaz (solda) renkleri yakından göstermektedir.

Yığılma OLED sistemlerde ise ara renk oluşumu, doğrudan doğruya piksel içinde gerçekleşmektedir. Bu sayede görüntü çözünürlüğü üç katına kadar artırılabilen, resim parlaklığı da dikkate değer biçimde iyileşmektedir.



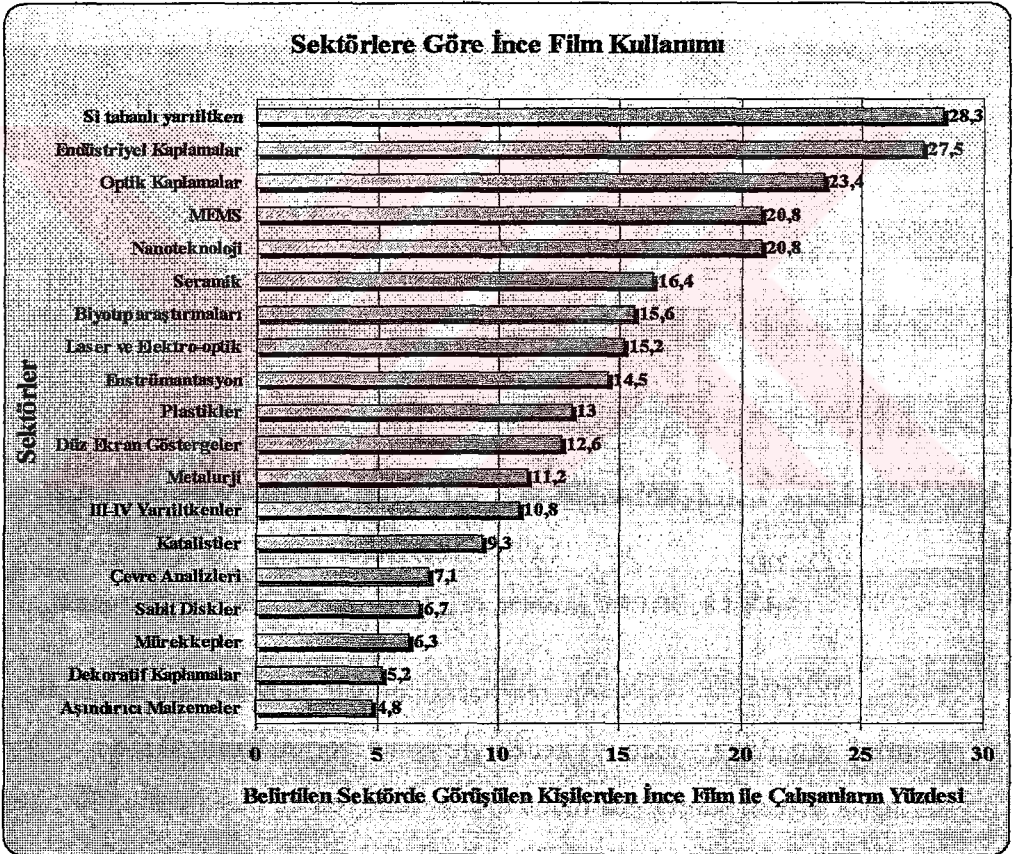
Şekil 4.8: SOLED ekranda ve geleneksel ekranda renk oluşumu.

Yığılma OLEDlerde renk katmanları arasında yer alan saydam elektrotların getirdiği donukluk (opacity) nedeniyle ışınım verimi azalmaktadır. Ayrıca karmaşık üretim süreci yüzünden üretim maliyeti de düşündürücü biçimde yüksektir. Bu nedenle SOLEDler, üreticiler tarafından uzunca bir süre daha değerlendirileceklerdir.

5. İNCE FİLM KAPLAMA TEKNİKLERİ

İnce filmler türlerine göre değişik tekniklerle üretilip, endüstrinin çeşitli dallarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil:5.1deki grafikte ince film uygulamalarının endüstriyel bazda dağılımları gösterilmiştir (Studt, T., 2001).

Şekil 5.1: Eylül 2002 itibarıyla endüstriyel sektörlerde ince film kullanımı.



2001 yılında yapılan bu incelemede verilen yüzdelik değerlerin, özellikle nanoteknoloji, MEMS (Micro Electro-mechanic Systems) ve organik düz ekran göstergeler alanındaki çalışmaların son yıllarda giderek hızlanması

nedeniyle, ince film teknolojisi kullanım oranları lehine değiştiği söylenebilir.

5.1 İNORGANİK İNCE FİLM TEKNİKLERİ

İnce film oluşturma teknikleri temel olarak, büyütme (growth) ve biriktirme (deposition) olarak iki bölümde incelenebilir. Bunlardan ilki olan büyütme, genellikle kristal ince filmler oluşturmak amacıyla kullanılır ve çekirdek olarak kullanılan bir yüzey üzerinde soğutma, ısıtma yada süblimleşme yoluyla, kaplama malzemesinin atom yada moleküllerinin tektrdeş (homogeneous) bir film halinde biriktirilmesi yoluyla meydana getirilir. Diğer teknik olan biriktirme ise, kaplama maddesinin, elde edildikten yada hazırlandıktan sonra, sıvı, gaz yada sol-gel halinde işlenecek yüzey üzerine sıvanmasıyla ince film elde etme yöntemidir.

Biriktirme tekniğinde kullanılan yöntemler, kullanılan malzemelere bağlı

İnorganik Malzemeler	Organik Malzemeler
Fiziksel Buhar Biriktirme	Dönü kaplama
Kimyasal Buhar Biriktirme	Daldırma kaplama
Saımtı (sputtering)	Sıyırma kaplama
Moleküller Işın Epitaksi	Püskürtme kaplama
Sol-jel Kaplama	Ink-jet kaplama

Çizelge 5.1: Organik ve inorganik malzemeler ile kullanılan kaplama yöntemleri.

olarak iki grupta toplanabilir. İnorganik ve organik malzemeler ile oluşturulacak ince filmler için kullanılan yöntemler, Şekil:4.1de verilen çizelgede görülmektedir.

Çizelge:5.1de inorganik ve organik malzemeler için verilen yöntem ve teknikler arasındaki ayrım, genel bir yaklaşım olarak görülmelidir. Çünkü kaplama kalınlığı yada altlık ve/veya malzemenin fiziksel ve kimyasal yapıları nedeniyle, inorganik ince film tekniği olarak belirtilen bir yöntem, organik ince film üretimi amacı ile de kullanılabilir. Bunun tersinin uygulanması, yani organik ince film tekniği ile inorganik film oluşturulması ise genel olarak sadece sol-gel uygulamaları ile mümkündür.

5.1.1 Buhar Biriktirme

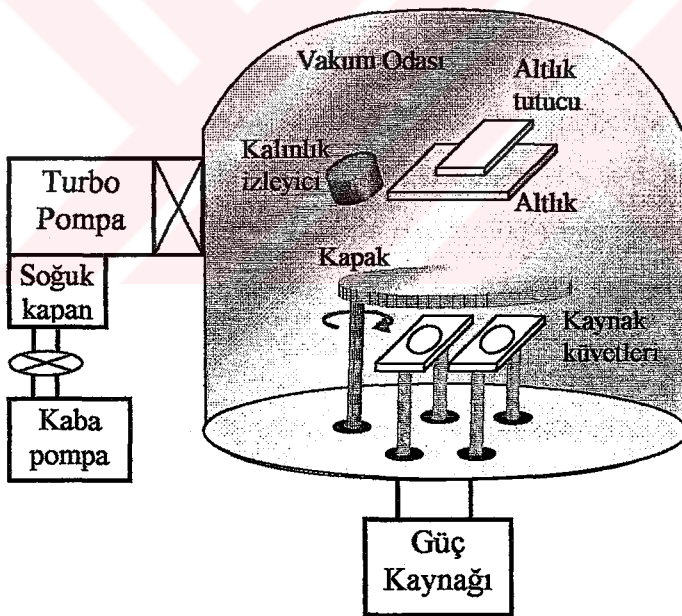
Buhar biriktirme (vapor deposition) tekniğinde iki temel yaklaşım vardır. Bunlardan ilki fiziksel buhar biriktirme ve diğeri de kimyasal buhar biriktirme olarak adlandırılır.

5.1.1.1 Fiziksel Buhar Biriktirme

PVD (Physical Vapor Deposition – Fiziksel Buhar Biriktirme) yönteminde kaplama malzemesi genel olarak bir metaldir ve yapısal bir değişme olmaksızın bir yüzeye ince yada kalın film olarak kaplanır. Kaplamanın gerçekleşmesi için, kaplayıcı metalin vakum altında oluşturulan atom bulutu, kaplanacak altlık üzerine yönlendirilir.

Kaplama odası basıncı tipik olarak 10^{-6} Torr ve altındadır. Film oluşumu için öncelikle yüzeye kaplanmak istenilen malzeme vakum altında, ısı,

ışırma, parçacık bombardımanı yada elektriksel boşalma gibi bir yöntem ile buharlaştırılır. Altlığın hedefe (verici) bakan yönlerinde, kaplama malzemesinin uçunumundan (sublimation) kaynaklanan buharın yoğuşumu (condensation) ile bir film tabakası oluşur. Altlığın yalnızca kaynağa dönük yerlerinin kaplanması sayesinde, gölge maskesi kullanılarak kolayca desenleme yapılabilmesi mümkün olur. Kaplama kalınlığı 0,5 μm ile 1 mm arasında belirlenebilir. Kaplama hızı oldukça yavaştır ve yüksek maliyetli bir teknolojidir. Genellikle yüzey dayanımının artırılması ve/veya yıpranma ve oksitlenme direncinin yükseltilmesi amaçlı olarak kullanılır.



Şekil 5.2: Fiziksel buhar biriktirme için temel düzenek.

Şekil:5.2de, PVD işleminin için kullanılan bir düzenek görülmektedir. Güç kaynağından sağlanan akım ile ısıtılan küvetlerdeki malzemenin buharı, vakum odasının tepesindeki altlığın üzerinde biriktirilerek, kalınlık

izleyici (thickness monitor) ile takip edilen kalınlıkta ince film oluşumu sağlanmaktadır. Küvet sayısı birden çok seçilerek, ardışık katmanlar için vakum kaybı olmadan sürecin devamı sağlanabilmektedir. Tipik olarak 10^{-6} Torr olan vakum değerine erişmek için önce kaba vakum pompası ile odacığın havası büyük oranda boşaltılır. Daha sonra turbo pompa ile nihai vakum değeri sağlanır.

Küvetlerdeki malzemenin buharlaştırılması için elektrikli rezistanslar yerine, lazer, manyetik ışınma [RF (radio frequency–radyo frekans 40 MHz) yada MW (microwave–mikrodalga 2,45 GHz)] gibi değişik yöntemlerin kullanıldığı sistemler de bulunmaktadır.

5.1.1.2 Kimyasal Buhar Biriktirme

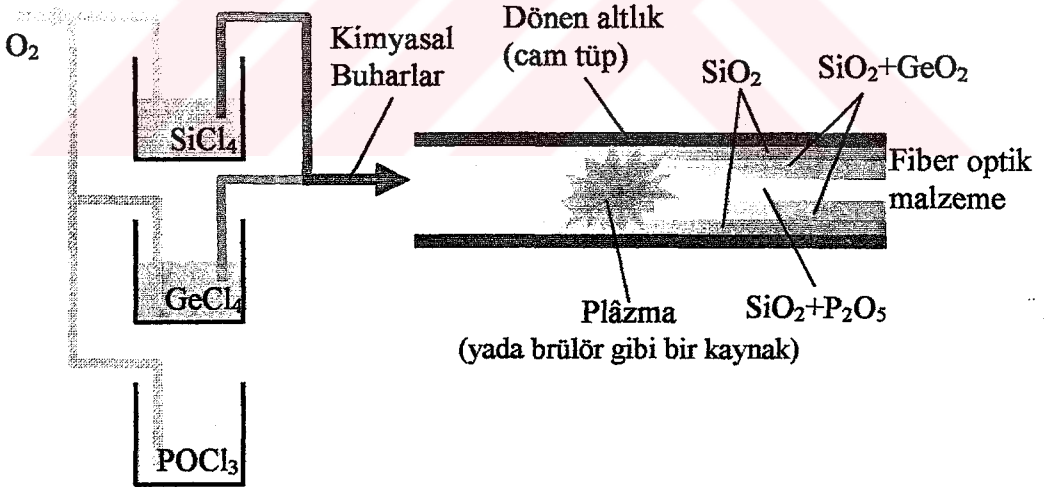
Yine uçunumdan yararlanılan bu teknikte, PVD yöntemindekinden farklı olarak, elde edilen buharın oluşturduğu film ile elde edilen ince film arasında kimyasal yapı farkı bulunmaktadır. Bu nedenle bazı yayınlarda, biriktirme (deposition) yerine ayrışım (decomposition) teriminin kullanıldığı görülmektedir.

CVD tekniği, cam yada plastik gibi metal olmayan malzemelerin kalın, dayanıklı yoğun ve iyi yapışan bir metal film ile kaplanmaları amacıyla kullanılır. CVD yöntemiyle PVD tekniğinin tersine, hedef malzemenin her tarafının kaplanabilmesi mümkündür. CVD genellikle atmosfer basıncında yürütülmekle birlikte, bazı uygulamalarda düşük basınç altında da çalışılmaktadır.

Geleneksel CVD yönteminde kimyasal bileşik buharı, yüksek sıcaklıktaki altlıkla temas ettiğinde bileşeni olan metale ayrışır ve altlık üzerine

kaplanır. Bu tekniğin başka bir kullanım yöntemi de, birden çok bileşiğin birlikte buharlaştırılması ve bu bileşiklerden yada bileşenlerinden, plazma, ısı yada başka bir enerji transfer yöntemi ile oluşturulan yeni bir bileşiğin altlık üzerine kaplanmasıdır.

CVD tekniği ile 2,5 mm kalınlığa kadar kaplamalar yapılabildiği gibi, buharın yoğunlaşması ile katı malzeme elde edilmesi de mümkündür. Örneğin fiber optik üretimi için kullanılan ve Şekil:5.3'te ilkesel olarak gösterilen sistemde, sürekli olarak döndürülen ve bir noktasından yüksek sıcaklık değerlerine kadar ısıtılan cam tüp içerisine moleküler oksijen (O_2) ile silisyum tetraklorür ($SiCl_4$) tepkimesinden oluşan (SiO_2) silisyum dioksit katmanı oluşturulmaktadır.



Şekil 5.3: Kimyasal buhar biriktirme ile fiber optik üretimi.

Silisyum dioksit, moleküler oksijen ile germanyum tetraklorür ($GeCl_4$) tepkimesiyle oluşan germanyum dioksit (GeO_2) yada moleküler oksijen ile fosfor oksiklorür ($POCl_3$) tepkimesiyle oluşan fosfor pentoksit (P_2O_5) ile

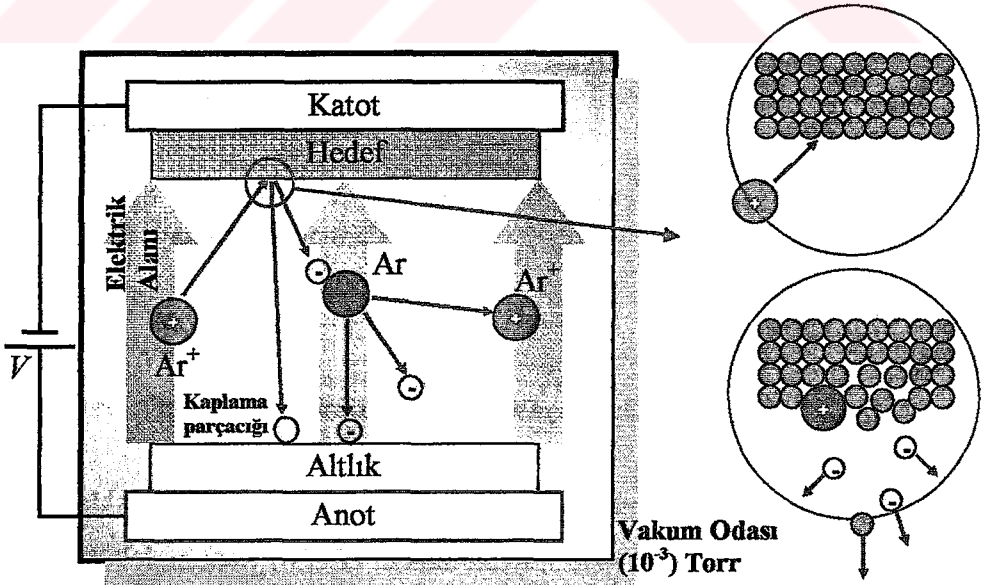
katkılandırılarak, lif içerisinde, kırılma katsayısı değişik katmanların oluşması da sağlanır.

5.1.2 Saçını

Saçını (sputtering) bir tür PVD uygulamasıdır ve genel olarak, seramik, metal alaşımları, organik ve inorganik bileşikler gibi kaplamalar için kullanılır.

Saçını ile kaplama işlemi, 10^{-2} ~ 10^{-3} Torr vakum altında ve Argon ortamında gerçekleştirilir.

Sistemin genel yapısı Şekil.5.4te görülmektedir. Çok yüksek enerjili Ar^+ iyonları, bir argon tabancası ile üretilir. Bu iyonların üretilmesi için yaygın olarak kullanılan bir başka teknik ise, vakum ortamındaki argonun, radyo frekans yada mikrodalga ile oluşturulan yüksek enerjili plazma aracılığı ile



Şekil 5.4: Saçını yöntemi ile ince film üretme.

iyonlaştırılmasıdır.

Hedef (target) olarak adlandırılan kaplama malzemesi, yüksek enerjili Ar⁺ iyonları ile bombardıman edilmektedir. Bu süreçle hedef yüzeyinden koparılan atomlar (yada kullanılan malzemeye göre molekül yada iyonlar) altlık üzerine kaplanır.

Hedef yüzeyinden savrulan elektronlar da ortamdaki argon atomlarına çarparak, yeni Ar⁺ iyonları oluşmasını sağlarlar. Argon iyonlarının ve elektronların tersyönlü hareketi, altlık ve kaplama maddesi arasına yüksek gerilimli bir DC kaynak bağlanarak elde edilen elektrik alanı ile gerçekleştirilir.

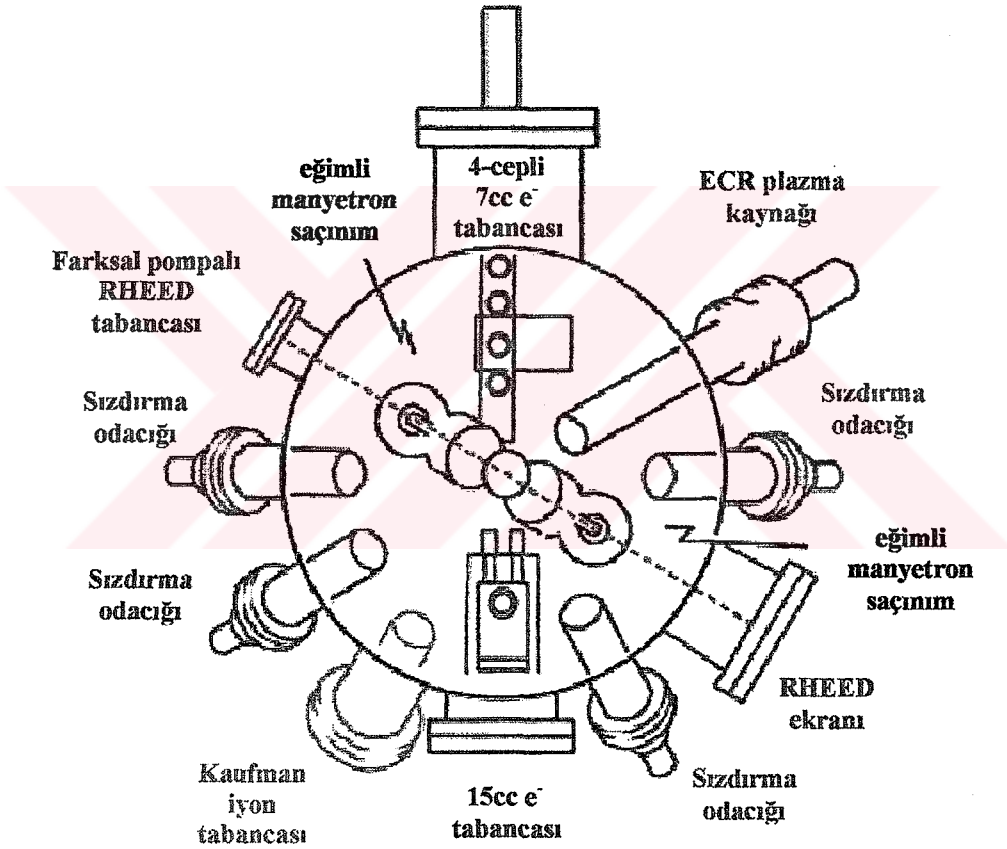
5.1.3 Molekül Işını İle Epitaksi

Epitaksi (epitaxy - üstedizim), kristal yapılı bir altlık yüzeyinde, altlığındaki ile aynı moleküler yönelimde (orientation) büyütülen kristal yapılı bir kaplama yapılmasını anlatan bir terimdir.

Üstedizim işlemi temel olarak, kaplanacak malzemenin yüksek enerjili molekül yada atomlarından oluşan bir ışının altlığa çarptırılarak, atomik kalınlıklarda bir film tabakası oluşturulması şeklinde gerçekleştirilir. Kaplama üzerinde çok iyi bir kontrol sağlayan bu tekniğin en belirleyici özelliği, elde edilen filmin kristal yapıda olmasıdır. Tek atomluk bir katmandan, hacimli ürün elde edilmesine kadar değişen kullanım alanları vardır.

Molekül ışını ile üstedizim (MBE) yöntemi için çok yüksek vakum değerleri (10^{-6} ~ 10^{-13} Torr) gereklidir. Bu düzeydeki vakumun elde

edilmesi için oldukça yüksek enerji ve uzun bir zaman gerektiği için, tek bir vakum odasının çevresinde, çok sayıda sızdırma (efüzyon-effusion) odacığı bulunan yapılar kullanılmaktadır. Bu nedenle MBE tekniği, özellikle alaşım yapıda metal filmler oluşturmak üzere, birden çok kaynak kullanımını içeren süreçler için çok tercih edilen bir yöntemdir.



Şekil 5.5: Molekül ışın ile epitaksi sisteminin şematik yapısı.

Üstedizim yöntemi, ardı ardına farklı katmanların oluşturulmasını gerektiren organik elektronik uygulamalarında, her bir katman için gereken malzemenin farklı sızdırma odacıklarına yerleştirilerek sırayla

salınmasına izin veren yapısı nedeniyle çok kullanışlı bir çözüm sağlamaktadır.

Tipik bir MBE sisteminin şematik gösterimi, Şekil:5.5te görülmektedir. Burada gösterilen dört adet sızdırma odacığı, değişik sistemlerde daha çok yada az sayıda bulunabilir. RHEED (Reflection High Energy Electron Diffraction-Yüksek Enerjili Elektron Kırınımı Yansıması) tabancası ve ekranı,



Şekil 5.6: Laboratuvar kullanımına yönelik bir MBE cihazının yapısı.

yapılan kaplamanın izlenmesi için kullanılır.

Burada gösterilen sistemde, ısıtma için manyetron ile sağlanan plazma

kullanılmaktadır. Farklı sistemlerde farklı ısıtma yöntemleri tercih edilebilmektedir.

Moleküler ışın ile üstedizim sistemi, organik yada inorganik elektronik aygıt üretiminde üst uç bir sistemdir ve OLED/OFET gibi çok katmanlı organik elektronik aygıtlar ile lazer diyot gibi süperkafes (superlattice) içeren aygıtların üretiminde en uygun ama en pahalı çözümdür. Şekil:5.6da tipik bir MBE cihazı görülmektedir.

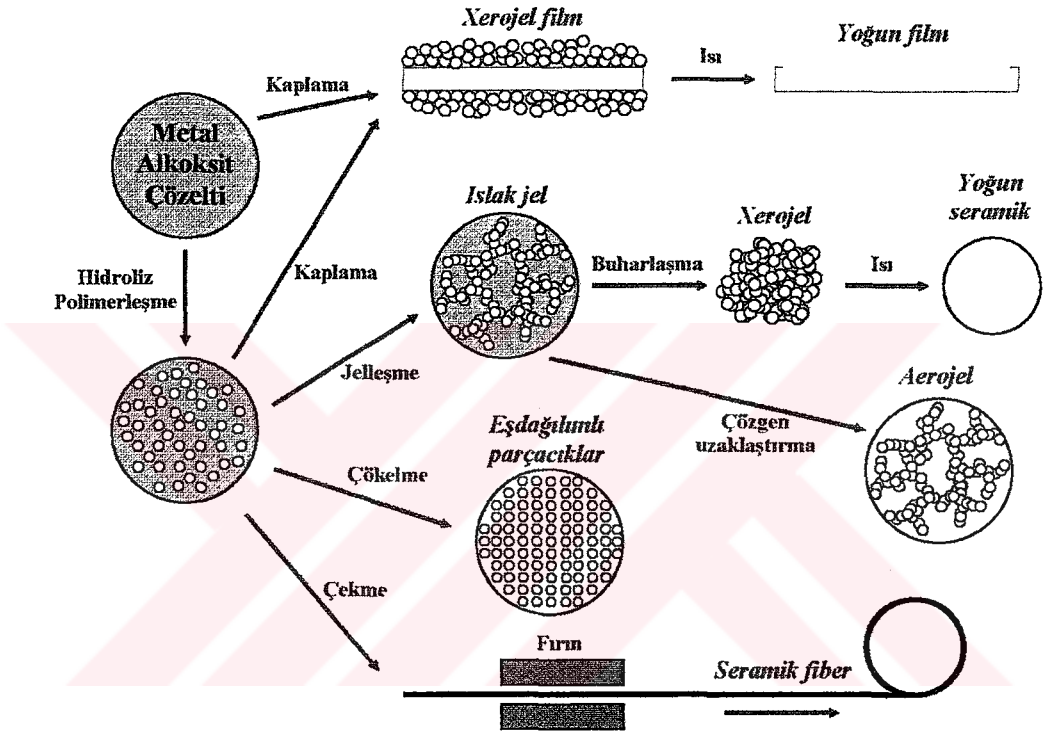
Moleküler ışın ile üstedizim (MBE) yönteminde, sistemin kavramsal basitliğine karşın, saflık, tektürdeşlik ve katmanlar arasında düzgün bir birleşim yüzeyi oluşturmak gibi istenilen özellikleri sağlayabilen bir yapı oluşturabilmek, büyük bir teknolojik çaba gerektirmektedir (Biasiol, G., Sorba, L., 2001). Ayrıca, oluşan katmanların ve/veya yüzeylerin izlenmesi için genellikle SEM, AFM yada STM gibi bir görüntüleme sistemi ile tümleşik olarak kullanılması uygun olmaktadır.

5.1.4 Sol-jel Kaplama

Sol-jel uygulaması, inorganik malzemeleri ince film durumuna getirmek için kullanılan bir başka tekniktir. Bu yöntem ile toz, film, lif yada hacimli ürün gibi değişik formlarda plastik ve cam malzeme üretilebilmektedir. Sol-jel uygulaması temel olarak, inorganik malzemeyi içeren çözeltinin, katı halde bir jele dönüşmesi sürecini içerir.

Bu süreçte, öncü (precursor) olarak adlandırılan inorganik metal tuzları yada metal alkoksitler, bir dizi sulandırma (hydrolysis) ve polimerleştirme tepkimesinden geçirilerek, asıltı özellikli bir çözelti (sol) elde edilir.

Sol-jel oluşturma yöntemi ve elde edilecek ürün türleri için gereken süreçler, Şekil:5.7de gösterilmektedir.



Şekil 5.7: Sol-jel uygulama süreçleri ve ürünleri.

İnorganik maddeyi içeren sol, dönü, daldırma yada sıyırma gibi organik ince film tekniklerinden birisi kullanılarak bir yüzeye kaplanır yada bir kalıba dökülür. Bu durumdaki ıslak jel, kurutma ve veya ısı uygulaması evresinin ardından, istenilen son şeklini alır.

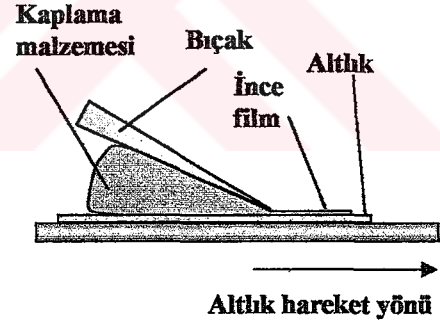
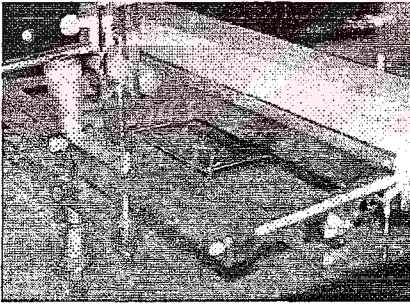
5.2 ORGANİK İNCE FİLM TEKNİKLERİ

Organik malzemeler kullanılarak ince film oluşturmak için, Bölüm 4.1de anlatılan bazı yöntemlerin kullanılması mümkün olmakla birlikte, getirdiği

kolaylıklar açısından, daha basit tekniklerin kullanılması yeğlenmektedir. Bu yöntemlerin ortak yanı, ince film olarak kaplanacak malzemenin uygun bir çözügen ile muameleye tabi tutulduktan sonra altlık üzerine ıslak kaplama yapılmasıdır. Bu ıslak film en son olarak kurutma ve/veya yüksek sıcaklıklarda sertleştirilir ve kullanıma hazır duruma gelir. Organik ince film yapımında kullanılan başlıca teknikler aşağıda incelenmektedir.

5.2.1 Sıyırma Kaplama

İlkesel olarak en basit görünen ve Neşter (Doctor's Blade) tekniği olarak da adlandırılan bu yöntemde ince film malzemesi, bıçak yada cam gibi düzgün kenarlı bir araç ile altlık üzerine yayılır. Bu yöntem genel olarak geniş yüzeylerin ince film ile kaplanması için kullanılır.



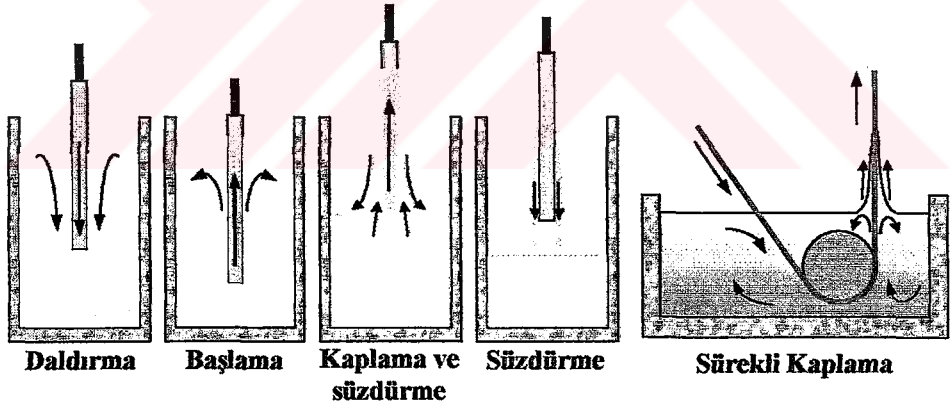
Şekil 5.8: Sıyırma kaplama için kullanılan düzenek ve kaplama ilkesi.

Şekil:5.8te bir örneği görülen bu sistemde kaplamanın kalınlığı, bıçağın altlıktan yüksekliği, altlık hareket hızı ve çözeltinin kıvamlılığı (viscosity) ile değişmektedir. Altlık ile sıyırma bıçağı arasındaki bağıl hız arttıkça, oluşan filmin kalınlığı artar. Sıyırma kaplama yönteminde çözelti kıvamı arttıkça daha ince filmler elde etmek mümkündür. Bu teknik kullanılarak 1 mm~10 nm arası kalınlıkların elde edilmesi mümkünse de, sonuçların

yinelenebilirliği düşük olduğu için, seri üretim amaçlarıyla sıyırma kaplama kullanılmaz. Ayrıca bıçak hareketi elektromekanik bir sistemle denetlenmiyorsa, oluşturulan filmin kalınlığında dalgalanmalar olacaktır. Bu nedenle sıyırma yöntemiyle oluşturulacak ince filmler için, ortalama kalınlık değeri verilir.

4.2.2 Daldırma Kaplama

Daldırma kaplama, altlığın bir tank içindeki çözeltiliye batırılıp yukarı çekilerek yada tanktaki çözelti sızdırılarak, sıvı yada katı film oluşturmak için kullanılan basit ve oturmuş bir yöntemdir. Esnek ve uzun bir altlık kullanılırsa, sürekli kaplama yapılmasına da olanak sağlar. Daldırma kaplama tekniğinin aşamaları, Şekil:5.9da gösterilmiştir.



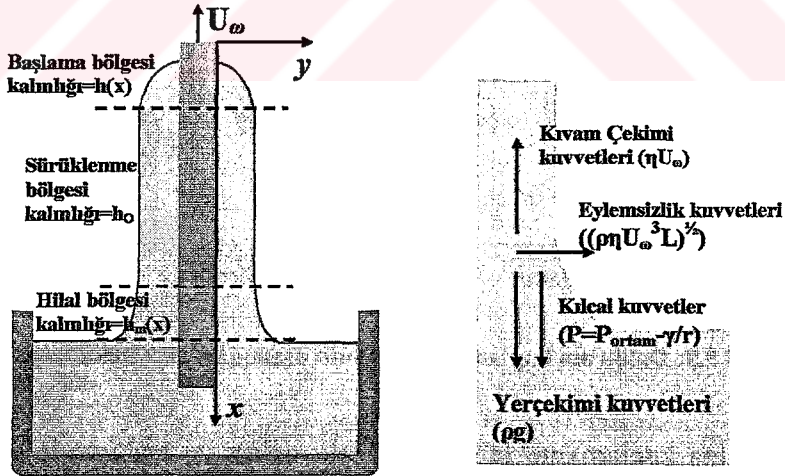
Şekil 5.9: Daldırma kaplama yönteminin aşamaları ve sürekli kaplama düzeneği.

Daldırma kaplamanın laboratuvar çalışmaları ve endüstride yaygın olarak kullanılmasının temel nedeni, neredeyse her tür altlık ile çalışma olanağı sunmasıdır. Altlığın geometrisi, düzensizliği yada karmaşıklığı önemli olmadığı için silindirik yada pürüzlü altlıkların kullanılması da

mümkündür. Ayrıca, büyük hacimli altlıklar için, vakum temelli yöntemler yerine daldırma kaplamasının kullanılması daha hesaplı ve kolaydır. (57-58 of Thin Film.doc)

Daldırma yöntemi, fotoğraf filmleri ve manyetik bantların kaplanması, otomobil kasalarının koruyucu kaplamaları, çelik saçların galvaniz kaplanması ve camların yansıma önleyici yada kızılberisi kontrol film ile kaplanması gibi pek çok endüstriyel uygulamada kullanılmaktadır.

Şekil:5.10da daldırma kaplama sürecinde film oluşumu ve etkiyen kuvvetler gösterilmiştir. Kaplama sırasında başlama, sürüklenme ve hilal olarak adlandırılan üç ayrı kalınlık bölgesi oluşmaktadır. Sürüklenme bölgesindeki sıvı filmin kalınlığı, en az dört kuvvetin etkileşimi ile belirlenmektedir (Soroka, A. J.; Tallmadg, J. A., 1971).



Şekil 5.10: Daldırma kaplamada film oluşumu ve etkiyen kuvvetler.

Kıvrım çekim kuvveti, çözelti kıvrımı (η) ve altlığın çekilme hızı (U_0) ile doğru orantılıdır. Sürece etkiyen ikinci kuvvet, sıvının süzülmesine neden

olan yer çekimi kuvvetidir. Kılcal çekim kuvvetleri (yada yüzey kuvvetleri), hilal bölgesinin dışbükey yanındaki basıncı azaltarak, bu bölgede aşağıya doğru bir kuvvet oluşmasına neden olur. Son olarak eğer çekme hızı yeterince büyük ise, sürüklenme ve hilal bölgeleri sınırındaki eylemsizlik yada momentum akısı önem kazanır. Bu kuvvetin değeri, çözelti yoğunluğu (ρ), kıvam (η), çekme hızı (U_∞) ve altlık uzunluğu (L) ile belirlenir ve

$$F_i = \sqrt{\rho\eta U_\infty^3 L}$$

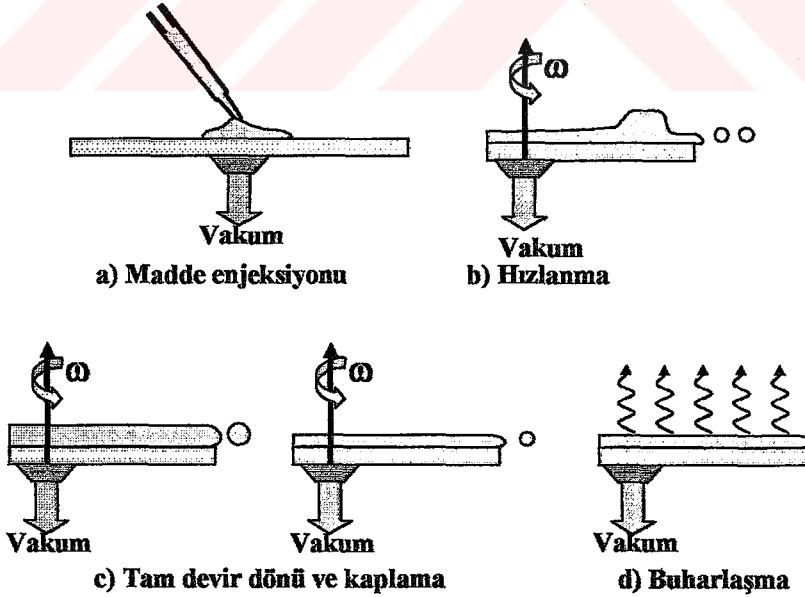
eşitliği ile gösterilir. Çekme hızı ve çözelti derişimi azaltılarak, ince ve ultra ince film kalınlıkları elde etmek mümkün olmaktadır. Bu durumda eylemsizlik kuvvetleri göz ardı edilebilecek değerlere iner. Bu dört temel kuvvetin yanı sıra, geçiş noktasındaki buharlaşma hızı eşit dağılımlı değilse, yüzey gerilimi kuvvetleri de önem kazanır. Ayrıca sürüklenme bölgesindeki film kalınlığı mikron altı düzeylere indiğinde, ayrışma basıncı da önemli bir rol oynayabilmektedir (Khesghi, H. S.; Scriven, L. E., 1991). Uygun çözgen kullanılması ve çekme hızı kararlılığının sağlanması durumunda yüksek bir yinelenebilirlik oranı yakalanabildiği için, daldırma kaplama tekniği, laboratuvar çalışmaları için uygun bir seçenektir.

5.2.3 Dönü Kaplama

Dönü kaplama teknolojisi, son derece kolay kullanımı ve basit yapısı nedeniyle, ince film elde etmek için en yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Bir altlığın ortasına bir miktar çözelti koyulup dakikada birkaç bin devir hızla döndürülmesi temeline dayanır. Çözelti merkezkaç kuvvetiyle altlık üzerine yayılır ve ardında ince bir film

tabakası bırakarak altlık kenarlarından savrulur. Dönü kaplama yöntemi ile 10 μm ile 1 nm arası film kalınlıkları elde etmek mümkündür. Bu kaplama tekniği, sağladığı yüksek yinelenebilirlik oranı nedeniyle, laboratuvar çalışmaları için çok kullanışlıdır. İnce film içeren bilimsel çalışmaların büyük bölümünde, dönü kaplama teknikleri kullanılmıştır.

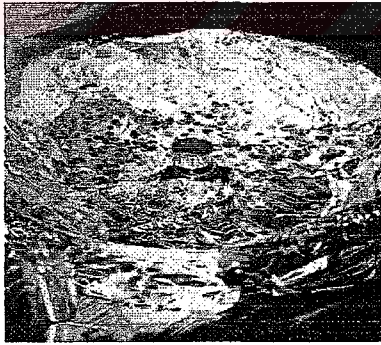
Dönü kaplama tekniği, yapısı gereği büyük oranda madde israfına neden olur. Altlığın döndürülmesi ile birlikte, çözeltinin çok küçük bir miktarı yüzeyi kaplar ve artan çözelti savrulurak ziyan olur. Bu nedenle seri üretim amaçlı kullanılabilecek bir teknoloji değildir. Bununla birlikte gerekli geri dönüşüm önlemleri alınarak, verimli biçimde kullanıldığı üretim alanlarında bulunmaktadır. Sözelimi silisyum yarıiletken yongaların, sabit disklerinin ve CDlerin yüzey işlemleri için yaygın olarak kullanılmaktadır.



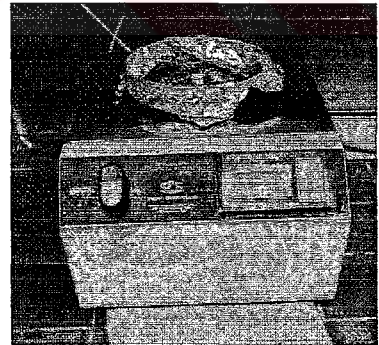
Şekil 5.11: Dönü kaplama süreçleri. Madde enjeksiyonundan (a) sonra hızlanma (b) aşamasında altlık üzerine yayılma gerçekleşir.

Şekil:5.11de dönü kaplama tekniğinin aşamaları gösterilmektedir. Öncelikle üzerinde ince film tabakası oluşturulacak altlık vakum ağzına yerleştirilir ve vakum uygulanarak althğın sabitlenmesi sağlandıktan sonra yüzey büyüklüğüne bağlı olarak 1–10 cc kaplama çözeltisi yüzeyin ortasına uygulanır. Çözeltinin yüzeye yayılması için cihaz, 300–500 d/d dönme hızında 5–10 sn süreyle çalıştırıldıktan sonra, dönüş hızı 2000–5000 d/d değerine çıkarılarak 40–60 sn içinde film oluşumu sağlanır. Son aşamada kalan çözgen buharlaştırılarak kaplama işlemi tamamlanmış olur.

Dönü kaplama tekniği ile elde edilen ince filmin kalınlığı ve birbçimliği, polimer derişimi ve dönme hızı değerlerine bağlıdır (Cecchi, M. et al, 2001). Bunlar arasındaki en önemli değişken dönme hızıdır. 3000 d/d civarındaki ortalama kaplama dönme hızında oluşacak ± 50 d/d değişim, nihai film kalınlığında %10 kadar bir fark yaratır. Çözelti kıvamı azaldıkça, elde edilen filmin kalınlığı azalır.



a)



b)

Şekil 5.12: Bir Dönü Kaplama cihazının kaplama çanağı (a) ve genel görünüşü (b).

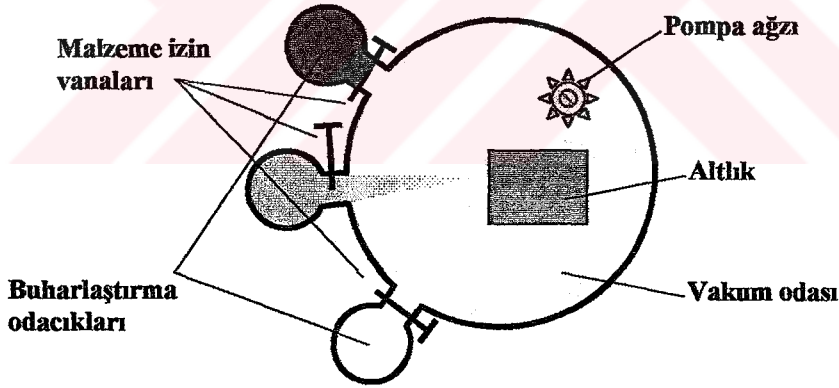
Şekil:5.12de tipik bir dönü kaplama cihazı gösterilmektedir. İşlem sırasında savrulan çözeltiler yüzünden kaplama çanağının kirlenmemesi için, iç yüzeyin alüminyum folyo ile korunması gereklidir (a). Laboratuar

çalışmaları ve Ar-Ge için kullanılan bu tür küçük cihazların hızlanma oranı, devir sayısı, kaplama süresi gibi özellikleri, bir denetim paneli üzerinden programlanabilmektedir (b).

5.2.4 Vakumda Buhar Kaplama

İnorganik film oluşturmak amacıyla kullanılan PVD yöntemi, daha düşük sıcaklık ve basınç değerleri ile, nanometre düzeyindeki kalınlıklarda organik ince filmler elde etmek amacıyla da kullanılmaktadır.

Vakumda buhar kaplama (Vacuum Evaporation Deposition) tekniği olarak adlandırılan bu yöntem, organik elektronik malzemelerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 5.13: Çok katmanlı ince film kaplamada kullanılan vakum cihazının şematik yapısı.

Bu cihazlar, organo-elektronik aygıtlardaki birden çok organik katmanın ardı ardına oluşturulabilmesi için, birden çok sayıda buharlaştırma odacığı ve ortak bir vakum odası biçiminde tasarlanmaktadır. Buharlaşma odalarının her birisinde, ayrı bir katman için kullanılacak malzeme bulunmakta, bu katmanın biriktirmesi bittikten sonra, odadaki tüm vakum

yitirilmeksizin diğerk odacıktaki organik buhar kullanılabilir. Bu tür bir cihazın şematik gösterimi, Şekil:5.13te verilmiştir.

Bu tür vakum cihazlarında, altlık üzerindeki maskenin de vakum yitimine yol açmadan değiştirilebilmesi için, elektronik kontrollü maske değiştirme düzenekleri de kullanılmaktadır.

5.2.5 Mürekkep Püskürtme Kaplama

Organo-elektronik malzemelerin üretiminde çok kullanışlı olan bir başka uygulama da, mürekkep püskürtme ile kaplama (Inkjet printing) yöntemidir. Bu teknikte genel olarak, inorganik bileşiklerin sol-gel formundaki çözeltileri yada akışkan durumdaki polimer kaplama malzemeleri kullanılarak ince film edilmesi sağlanmaktadır.

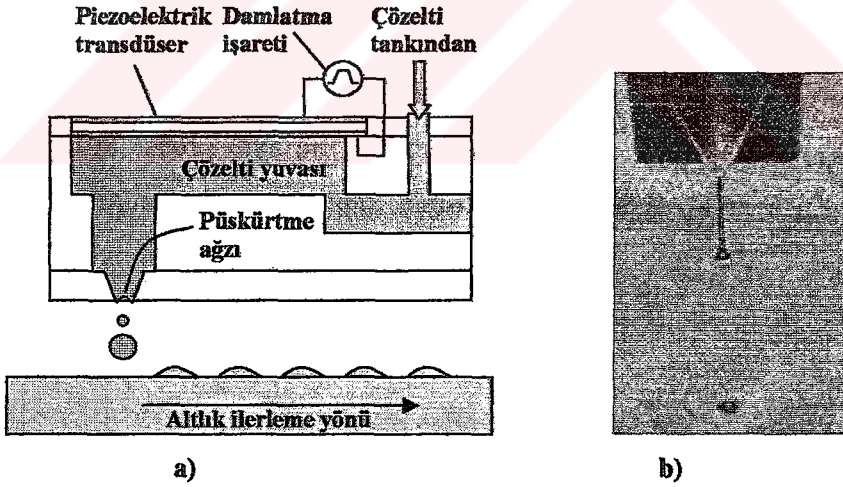
Bu uygulamanın temelinde, polimer çözeltisinin 10–100 µm çapında noktacıklar halinde, kaplamanın yapılacağı yüzeye püskürtülmesi vardır. Mürekkep püskürtmeli bilgisayar yazıcıları ile aynı prensipte çalışan bu teknik, bütün bir yüzeyin ince filmle kaplanmasında kullanılabilir. Birlikte daha çok, altlık üzerinde istenilen yapı, sayı ve boyutta bileşen oluşturmak için kullanılır. Düşük maliyetli ve yüksek çözünürlükte desenleme yapmak için çok uygun olan inkjet uygulaması, halen pek çok düz ekran gösterge üreticisi tarafından denenmektedir.

Mürekkep püskürtme uygulaması için, sürekli ve kontrollü damlatma olarak iki temel teknik bulunmaktadır. Sürekli damlatma tekniğinde bir püskürteçten sürekli olarak damlalar fırlatılmaktadır. Bu damla jeti, altlık üzerinde istenilen desenin oluşmasını sağlayacak biçimde elektrostatik olarak anahtarlanmaktadır. Sürekli damlatma tekniğinde akışın hızı

nedeniyle büyük miktarda çözelti kullanımını gerektirmektedir. Bu uygulamada 100–500 μm çapındaki polimer damlacıkları, 2–5 kHz hızında püskürtülerek geniş bir alan hızla kaplanabilir.

Kontrollü damlatma (DoD - Drop on Demand) yönteminde ise damlalar altlık üzerine istenilen zamanda ve sayıda gönderilebilmektedir. DoD uygulamalarında kullanılan yazma kafalarında püskürtme işlemi, piezoelektrik ve ısıl tetikleme kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

Piezoelektrik tetikleme 1977 yılında Japon Seiko Epson firması araştırmacıları tarafından keşfedilmiş ve tescillenmiştir (Patent No: JP55014261 Ink Jet Recording Device).

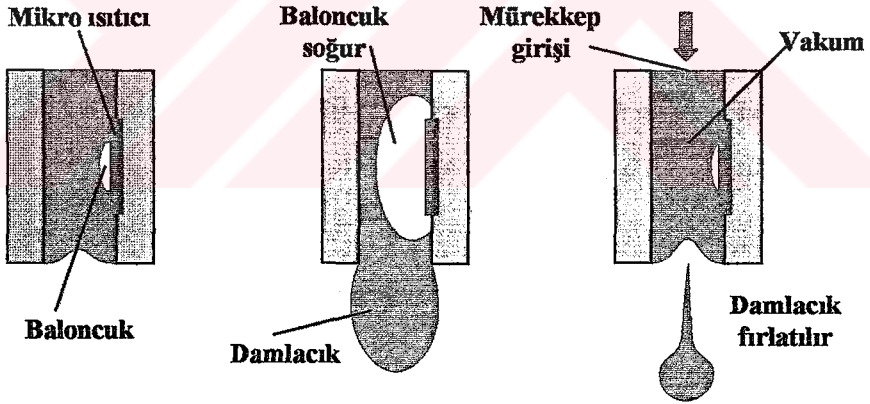


Şekil 5.14: Piezoelektrik püskürtme başlığının yapısı a) ve bir polimer damlasının gerçek zamanlı fotoğrafı b).

Şekil:5.14te piezoelektrik mürekkep püskürtme teknolojisinin şematik yapısı ve çalışma sırasında kafadan altlık üzerine püskürtülmüş bir

mürekkep damlası görülmektedir. Bu yöntemde püskürteçler ile sonlanan çözelti yuvasına bir piezoelektrik transdüser ile basınç uygulanmaktadır. Uygulanan bu basıncın değerine bağlı boyutta ve frekansına bağlı sayıda damlacık, püskürteçten fırlatılmaktadır.

Kontrollü damlatma tekniği için kullanılan diğer püskürtme yöntemi olan ısı tetikleme, HP ve Canon firmaları tarafından eş zamanlı ama birbirlerinden bağımsız olarak gerçekleştirilmiştir ve Canon KK tarafından “JP58173671 Inkjet Printer”, Hewlett Packard Co. tarafından da “US4929963 Ink Delivery System For Inkjet Printer” olarak patent altına alınmıştır. Bu DoD sistemler buluş sahibi firmalarca Bubble Jet (Canon) ve DeskJet (HP) olarak ticarileştirilmiştir.



Şekil 5.15: Isıl püskürtme başlığından mürekkebin fırlatılış aşamaları.

Isıl tetikleme yönteminin çalışma ilkesi Şekil:5.15te verilmiştir. Püskürteç yolundaki ısıtıcıya uygulanan gerilim ile sıcaklık noktasal olarak 100 C°/µs hızla, 300 C° ve üzerine yükseltilir. Isıtıcı üzerinde beliren hava kabarcığı hızla genişler ve oluşan basınç nedeniyle yaklaşık 70 µm çapındaki püskürtme ağzında mürekkep damlacığı oluşur. Baloncunun

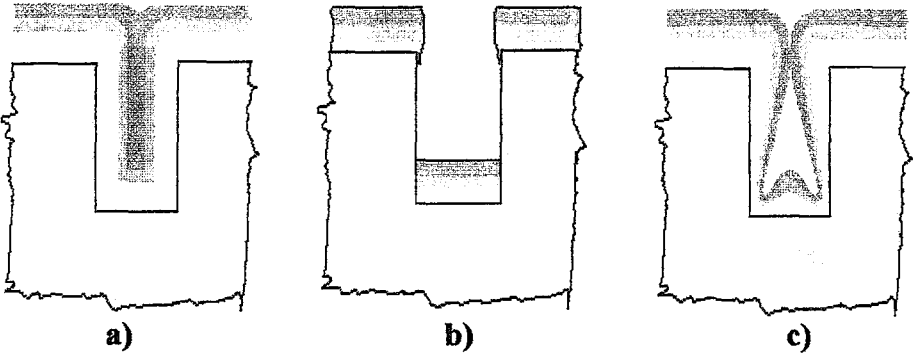
soğuyarak daralmasıyla oluşan vakum, hem damlacığın kopmasını hem de kanala yeni mürekkep çekilmesini sağlar.

Hangi püskürtme tekniğinin kullanılacağı, kaplamannın yada desenlemenin yapımında kullanılacak çözeltinin yapısına, kaplama yüzeyinin büyüklüğüne ve desenleme özelliklerine bağlı olarak belirlenir. Sözelimi sıcaklık değişimlerine duyarlı çözeltiler için piezoelektrik başlıklar kullanılmalıdır. Öte yandan hızlı uygulamalar için ısı tetiklemeli başlıklar yeğlenmelidir. Kaplama yüzeyinin büyük olması durumunda ise DoD değil sürekli damlatma doğru bir seçim olacaktır.

5.3 İNCE FİLM TEKNİKLERİNİN KARŞILAŞTIRMASI

5.3.1 Kaplama Profili

Film kaplama teknikleri arasındaki en belirleyici farklılıklardan birisi, her yöntemin kendisine özgü bir kaplama profili oluşturmasıdır. Bu profillerin genel görünümleri, Şekil:5.16da verilmiştir.



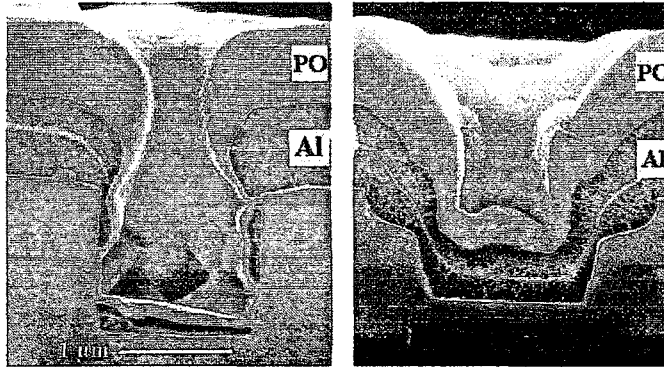
Şekil 5.16: CVD (a), buharlaşma (b) ve saçınım (c) ile elde edilen profiller. Polimer ve sol-gel uygulamalarında da, (a)daki gibi bir profil elde edilir.

Kimyasal buhar biriktirme ile elde edilen kaplama profili Şekil:5.16(a)da

görülmektedir. Bu teknikle kaplanan film, altlık üzerindeki konturları eş kalınlıklı olarak izlemektedir. Sol-jel yada polimer kullanılarak gerçekleştirilen dönü, sıyırma ve daldırma kaplama yöntemlerinde ve inkjet tekniklerinde elde edilen film kesitleri de bu profil ile büyük benzerlik gösterir. Bu tekniklerden birisi ile yeterince kalın bir kaplama yapıldığında, desenlemeden yada başka nedenlerden kaynaklanan çukurlar tam olarak doldurularak, daha düzgün bir yüzey morfolojisi elde edilebilmektedir.

Şekil:5.16(b)de görülen kaplama kesit profili ise buharlaştırma teknikleri ile elde edilmektedir. Tekniğin görüş hattı (line-of-sight) özelliği nedeniyle altlığın yalnızca kaynağa bakan yüzeyleri kaplanmaktadır. Bu teknikle yapılan kaplamalar çoğunlukla, altlık üzerinde iletken metal kontaklar oluşturmak amaçlıdır.

Şekil:5.16(c)de görülen kesit profili ise, saçıntı kaplama yöntemi ile elde edilmektedir. Özellikle derinlik/genişlik oranının "1" den küçük olduğu durumlarda gözlenen ve altlık yüzeyine dar açı ile çarpan atomların çukurun dibine ulaşamayıp kenarlarına tutunması sonucunda oluşan bu



Şekil 5.17: DRAM üretiminde kenar yuvarlatmanın etkisi. Al katmanın kesintiye uğraması (a), önlenmiştir (b).

yapı, kama bozukluğu olarak adlandırılır ve çukur kenarlarının yuvarlatılması ile giderilmeye çalışılır. Kenar yuvarlatma işlemi, kolay bir düzenleme olmamakla birlikte, kama bozukluğunu önlemede en etkili yöntemdir.

Şekil:5.17de bir DRAM yongasındaki bağlantı çukurunun kenar yuvarlatma işlemi öncesinde ve sonrasındaki SEM görüntüleri verilmiştir. Kenar yuvarlatma işlemi yapılmadığı durumda, koruyucu PO (plazma oksit) altındaki Al katmanının kesintiye uğradığı açıkça görülmektedir. Kenar yuvarlatma işlemi sonrasında CVD tekniği ile kaplanan Al katman yüzey profilini düzgün biçimde izlemekte ve kesintiye uğramamaktadır.

5.3.2 Malzeme Kullanımı

CVD yöntemleri yalnızca, gaz formunda uygun öncüleri olan malzemeler için kullanılabilir. Çeşitli malzeme karışımların kaplanması mümkün olmakla birlikte, rasgele bileşenlerin kullanılması durumunda başarılı bir kaplama gerçekleştirilemez. Bir karışımın kaplanabilmesi yada biriktirilmesi gerektiğinde, her bileşen için ayrı ve koşulları bağımsız denetlenen potalar kullanılmalıdır.

PVD tekniği için eritilip buharlaşabilen malzemeler kullanılmalıdır. Çoğu malzeme eritilirken bozunur, bazı malzemeler ise erimez. Eritme potasına bir karışım koyulması durumunda bir çeşit damıtma elde edilir ve yalnızca buhar basıncı en yüksek olan malzeme kaplanır. Bu teknikle karışım kaplaması elde etmek güçtür ve yalnızca, birden çok sayıda eritme potası bulunan çoklu buharlaştırma sistemlerinin kullanımı ile mümkün olur.

Saçıntı yöntemlerinin uygulamaları, yarıiletken, metal gibi iletken

malzemeler ile sınırlıdır. Öte yandan her tür karışımın kaplanması mümkündür. Bunun için katot olarak kullanılan ve kaplanacak malzeme yada malzemeleri içeren hedefin homojen olması da gerekmez. İstenilen bileşimi oluşturan malzemelerin kırıntılarından oluşturulmuş bir hedef, kaplamanın gerçekleştirilmesi için yeterli olur.

5.3.2 İşletme Özellikleri

Endüstride kullanılan ince film kaplama tekniklerinin kullanım özellikleri Çizelge:5.2de toplu olarak gösterilmiştir. Çizelgenin ilk satırında görüldüğü gibi, atmosfere salınan sera gazlarının kısıtlanmasına yönelik Kyoto Protokolünün getirdiği sınırlamalar nedeniyle giderek daha önemli hale gelmekte olan uçucu organik bileşik (VOC) kullanımları da, teknolojilerin önemli bir özellikleri olarak dikkate alınmıştır. (Kaynak: Jae Hoon Kim, North Carolina State Uni., Chem. Eng., 2003)

Kaplama Teknikleri	Püskürtme (Spray)	Daldırma	Döñt	Isıl CVD	PECVD	Vakumda Buhar	Sacına (Sputter)	PLD	Sıvı CO ₂ esaslı	Süperkritik sıvı esaslı
Özellik	Evet	Evet	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
VOC salınımı	Evet	Evet	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Çözünürlik gereksinimi	Evet	Evet	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Evet	Evet
Geniş maddeler yelpazesi	Evet	Evet	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Evet/Hayır	Evet/Hayır
Az maddelerle çalışma	Hayır	Hayır	Hayır	Evet	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Oda sıcaklığında çalışma	Evet	Evet	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Evet	Evet	Evet/Hayır	Evet/Hayır
Atmosfer basıncında çalışma	Evet	Evet	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Görünmez kaplama yapma	Hayır	Hayır	Hayır	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet	Evet
Film tektipliği	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Çözgen gereksinimi	Evet	Evet	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Kirlielik	Evet	Evet	Evet	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Bakım Maliyeti	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek	Yüksek	Orta	Yüksek	Yüksek	Orta	Orta
Edinme maliyeti	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek	Yüksek	Orta	Yüksek	Yüksek	Orta	Orta

Çizelge 5.2: İnce Film Kaplama teknikleri ve kullanım özelliklerinin karşılaştırılması.

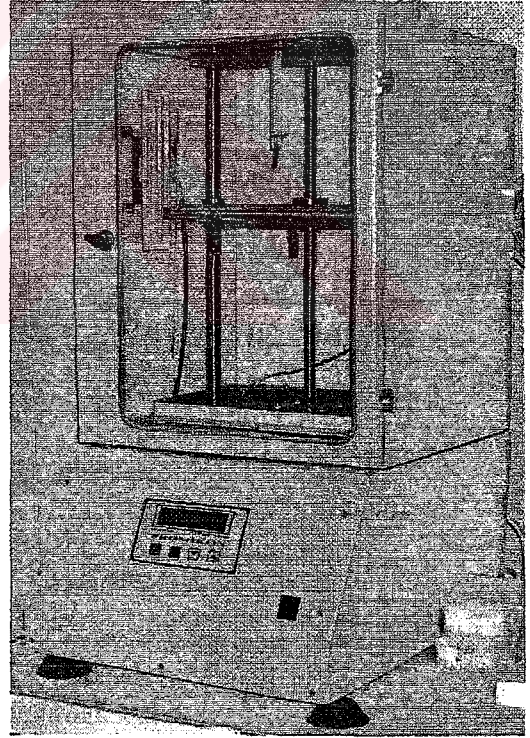
6. İNCE FİLM LABORATUAR DONANIMI

Güneş pili, OLED ve OFET gibi organo-elektronik aygıtlar üzerine çalışmaların yürütülebileceği bir laboratuvar temel olarak, üretim ve sınav amaçlı donanım gruplarını içermelidir. Bu bölümde söz konusu laboratuvar donanımının minimum gereklilikleri ve olası maliyetleri tartışılmaktadır. Kendi olanaklarımızla üretilen bazı donanım bileşenlerinin, ticari ürünler ile mali ve teknik karşılaştırmaları yapılmıştır.

6.1 DALDIRMA KAPLAMA MAKİNESİ

Bu çalışmadaki deneysel kısmının ikinci bölümü, ince film laboratuvarının çok önemli bileşenlerinden birisi olan daldırma kaplama makinesinin (DKM) üretimidir. Cihazın üretimindeki temel ölçütler, ticari ürünlerin teknik özellikleri referans alınarak belirlenmiştir. Denetim yazılımı için, laboratuvar gereksinimlerine uygun süre, hız ve sıcaklık değerleri belirlenmiş ve bunlara uygun sınır ve adım değerleri oluşturulmuştur.

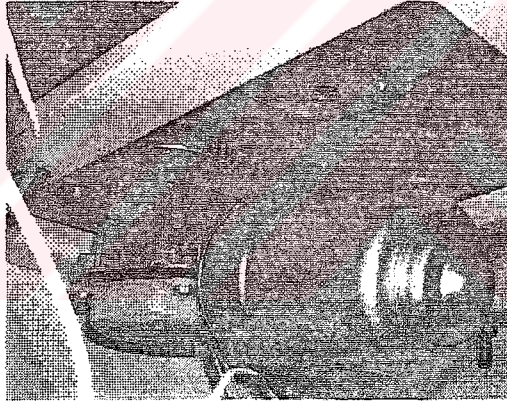
Cihazın üretim çalışmaları, mekanik ve elektronik olmak üzere iki ana başlık altında incelenebilir.



Şekil 6.1: Daldırma kaplama makinesi genel görünüş.

6.1.1 Mekanik Yapı

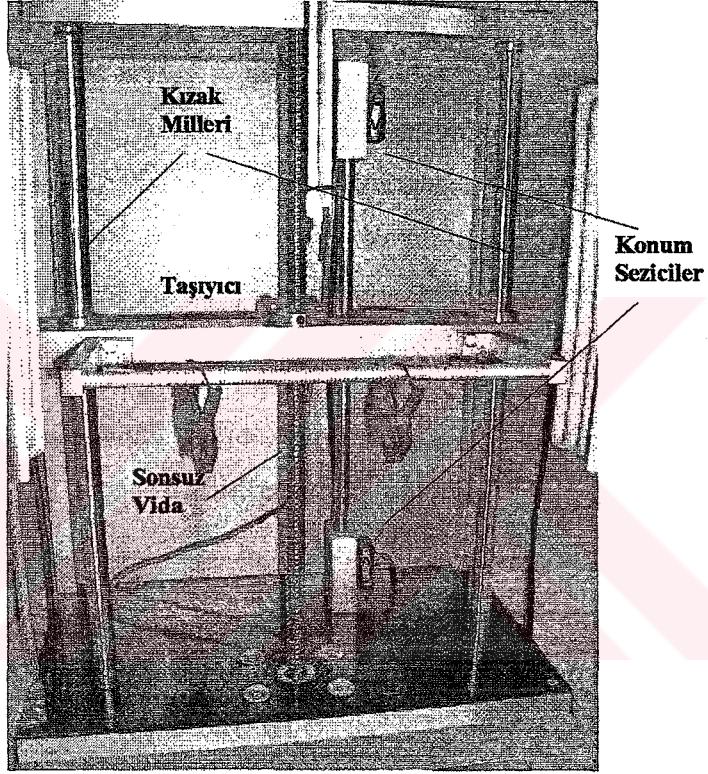
Daldırma kaplama cihazının 25x25 boyutunda yüzeyleri kaplayabilmesi temel alınarak boyut belirlemesi yapılmıştır. Buna göre kabin içinde en az 50–60 cm yükseklikte bir hacim olması gereklidir. Elektronik donanımın, kaplama sırasında ve kabin temizliğinde kullanılacak kimyasallardan korunabilmesi için kabin altında ayrı bir bölümde bulunması planlanmıştır. Ayrıca kullanılan saç malzemenin laboratuvar koşullarından etkilenmemesi için tüm saç aksam fırın boya ile boyanmıştır. Şekil:6.1de daldırma kaplama makinesi görülmektedir.



Şekil 6.2: Motor milindeki dönel hareketi, sonsuz vidaya aktaran mekanik yapı.

İstenilen kalınlıkta ve birbiçim bir kaplama kalınlığı elde edilebilmesi için, kaplanacak altlığın hassas olarak denetlenebilen doğrusal bir hız ile hareket çekilmesi gereklidir. Bu amaca ulaşabilmek için öncelikle, dc motordan alınan dönel hareket, bir kasnak-kayış aktarım düzeneği ile yüksek moment-düşük devir bileşimine dönüştürülmektedir. Dönüşümü gerçekleştiren mekanik yapı, Şekil:6.2de gösterilmiştir. Bu düzenek ile elde edilen düşük hızlı yüksek momentli dönü kullanılarak tahrik edilen

sonsuz vida ile de hareketin doğrusallaştırılması sağlanmıştır. Şekil:6.2de motorun üstünde görülen kasnak, Şekil:6.3te görülen sonsuz vidaya bağlıdır.



Şekil 6.3: Daldırma Kaplama Makinesinin kabin içi görüntüsü ve mekanik bileşenler.

Doğrusal hareketin titreşimsiz olarak altlığa aktarılması için temel yaklaşım, iki ucundan kayar biçimde millere yataklanmış ve ortasından tahrik edilen bir taşıyıcı kullanmaktır. Bu tekaş taşıyıcının iki yandaki kızak millerine bağlantısı bilyeli yataklar üzerinden, sonsuz vida ile bağlantısı da bilyeli vida üzerinden gerçekleştirilerek, titreşimsizlik için gereken altyapı sağlanmıştır. Sonsuz vida uçlarının kabin ile bağlantısı da

rulmanlar ile yapılarak, motor titreşiminin altlık üzerindeki etkisinin en aza inmesi amaçlanmıştır. Kullanılacak hareket ve konum sezicilerin yerleştirilmeleri için kullanılan ayrı bir mil, aynı zamanda mekanik dayanımı da artırmaktadır. Şekil:6.3te, sözü edilen tüm parçalar ve bağlantıları belirtilmiştir. Resimde aynı zamanda, kabin iç duvarlarına yerleştirilmiş olan ve kaplama sonrası kurutma için gereken ısıtmayı sağlayan seramik ısıtıcılar da (iki yanda sarı renkli birimler) görülmektedir. İstenilen ısıtma süresi ile kabin içi sıcaklık değeri, kaplama öncesinde programlanabilmektedir. Böylelikle kaplanan filmin açık havaya çıkarılmadan önce kurutulması ve dayanımının artırılması da sağlanmaktadır.

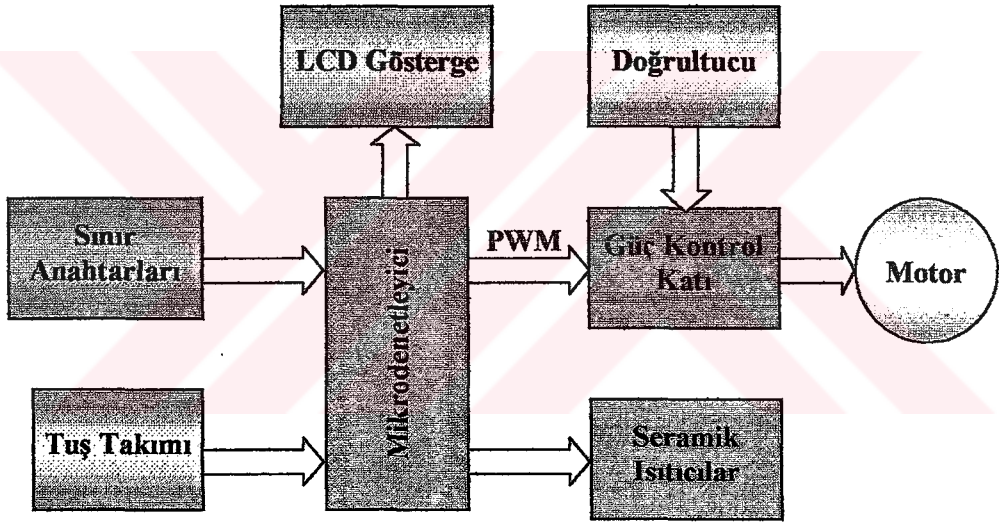
Daldırma kaplama makinesinin üretiminde kullanılmış olan mekanik malzemenin dökümü, Çizelge:6.1de verilmiştir.

Sayı	Boyut	Açıklama
2	$\phi 20 \times 600$ mm	Ana Kızak Milleri
2	$\phi 20$ mm	Bilyeli Yatak
1	$\phi 14 \times 600$ mm	Bilyeli Vida
1	$\phi 15 \times 600$ mm	Mil (sensor bağlantısı ve destek için)
2	$\phi 14$ mm	Bilyeli Yatak (Rulman)
2	Boy (6 m)	20 mm Köşebent
2	Plaka (2 m ²)	2 mm saç (Çelik)
2	Boy (400 x 150 x 20 mm)	Dolu Malzeme (Alüminyum)

Çizelge 6.1: Daldırma kaplama makinesi temel mekanik bileşenleri.

6.1.2 Elektronik Yapı ve Hız Denetimi

Daldırma kaplama makinesinin elektronik yapısı temel olarak, bir dc motorun hız ayarını ve bazı ortam denetimlerini içermektedir. Şekil:6.4te verilen öbek çizgede görüldüğü gibi, sistemin kalbini 89C51 tabanlı denetim devresi oluşturmaktadır. Mikrodenetleyici katı, iki ana veri girişine göre (Tuş Takımı ve Sınır Anahtarları) üç çıkışı (LCD gösterge, PWM, Isıtıcılar) kontrol etmektedir.



Şekil 6.4: Daldırma kaplama makinesinin mikrodenetleyici tabanlı elektronik denetim sisteminin öbek çizgesi.

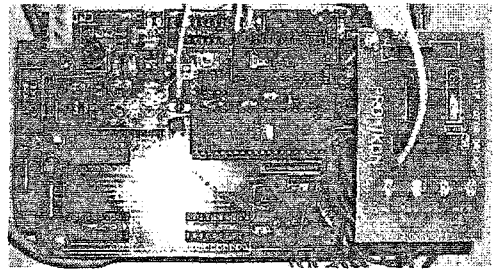
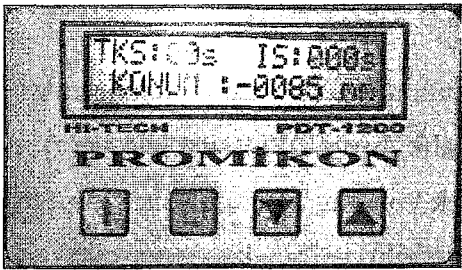
Sınır anahtarları, kabin içinde taşıyıcının alt ve üst sınır konumlarını sezen elemanlardır ve taşıyıcı bloğun bu aralık dışına çıkmasına izin vermezler. DKM ilk çalıştırıldığında, taşıyıcı blok konumu ne olursa olsun, öncelikle başlangıç konumuna (en yukarıya) getirilir ve bundan sonra cihaz hazır konuma geçer. Böylelikle elektrik kesintileri yada acil durmalar sonrasında cihazın mekanik olarak zorlanması engellenerek, güvenlik

artırılmıştır. DKM hazır durumda iken, en son kullanılmış olan izlence çalıştırılabilir yada yeni bir izlence yüklenebilir.

Şekil:6.5(a) da görülen kullanıcı arayüzündeki LCD göstergenin sürülmesi ve tuş takımından girilen verilerin işlenmesi de mikrodenetleyici tarafından gerçekleştirilmektedir. Seramik ısıtıcıların kabin içi sıcaklığına ve izlencede belirtilen değerlere bağlı olarak çalıştırılması ve motor hız ayarı devresini süren PWM işaretinin üretimi de bu katın işlevleri arasındadır.

Şekil:6.5te görülen kullanıcı arayüzü, 2 satır 16 karakter LCD gösterge ve dörtlü tuş takımından oluşmaktadır. Bu arayüz üzerinden süreç izlencesi belirlenebilmekte ve işlem aşamaları gerçek zamanlı olarak izlenebilmektedir.

Kullanıcı tanımlı süreç izlencesi, bir altlığın kaplama işlemlerinde gerekli otomasyonun sağlanması için geliştirilmiştir. Kaplama işleminin başında, altlığın ve çözelti kabının büyüklüklerine bağlı olarak iniş mesafesi, altlığın tank içinde bekleme süresi ve çözültiden çekiliş hızı, kurutma süresi ve sıcaklığı ayrı ayrı belirlenebilmektedir.



Şekil 6.5: DKM kullanıcı arayüzünde LCD gösterge ve dört tuş ile gerekli tüm denetimler gerçekleştirilebilmektedir (a). Mikrodenetleyici kartı (b), 89c51 çevresinde gerçekleştirilmiştir.

Şekil:6.5(a)da görülen ön panel denetim birimi, cihazın çalışması ile ilgili bilgileri göstermek için de kullanılmaktadır. Kaplanacak malzemenin tanka indirilişi sırasında mm olarak iniş mesafesi gerçek zamanlı olarak gösterilmekte, indirme işlemi bitince de tankta kalış süresi sn olarak geri sayılmaktadır. Çekme sırasında göstergede kaplamanın sürdüğü belirtilmekte, sonrasında da kabin içi sıcaklığı ve önkurutma süresi geri sayılmaktadır. İşlem sonunda sistem yeni komut almaya hazır konuma gelmektedir.

Ortam değişkenleri ile ilgili çevre birim bilgileri (taşıyıcı konumu, kabin içi sıcaklığı, mikro denetleyici tarafından, sürekli olarak denetlenmekte ve değerlendirilmektedir. Kullanıcı tarafından belirlenen süreç izlencesine uygun olarak her bir kaplama işlemi için, istenilen eylemler sıralı olarak yürütülmektedir. Eylem paketi istenirse yinelenenilmekte, yada değişkenler yeni bir kaplama işlemi için yeniden belirlenebilmektedir.

Motorun dönüş yönü ve hızı, bir köprü devre ile denetlenmektedir. Hız ayarlama için mikroişlemci tarafından üretilen PWM işareti kullanılmaktadır. Dc motor moment karakteristiğinde özellikle düşük devirlerde gözlemlenen doğrusallık bozulmaları için, PWM yazılımında doğrusallaştırma amaçlı bir veri tablosu kullanılmıştır. Bu veri tablosu, kullanılan dc motorun çalışma özellikleri için deneysel olarak belirlenmiş ve mikroişlemci yazılımı içine gömülmüştür.

Kaplama için girilen değişkenler ve denetim aralıkları, Çizelge:6.2de görülmektedir.

Çizelgede görülen değişkenler, kullanıcı tarafından belirlenerek otomatik

film kaplama izlenceleri oluşturulabilmektedir. Bu değişkenlerin belirlenmesinin ardından izlençe çalıştırıldığında, altlık tanka indirilirken, LCD göstergede altlığın konumu milimetre cinsinden gerçek zamanlı olarak görüntülenmektedir. İndirme işlemi tamamlandığında tankta bekleme süresi ekranda geri sayılmakta ve süre sonunda belirlenen hızda çekme başlamaktadır. Çekme sırasında çekme hızı ekranda görüntülenmektedir. Çekme sonunda kabin sıcaklığı, kurutma sıcaklığı ile belirlenen değere getirilmekte ve kurutma süresi geri sayılmaktadır.

Değişken	Adım Aralığı	Sınır Değer
İniş Limiti	1 cm	40 cm
Tankta Kalış Süresi	1 s	90 s
Çekme Hızı	1 cm/dk	28 cm/dk
Isıtma Sıcaklığı	1 °C	99 °C
Isıtma Süresi	1 s	120 s

Çizelge 6.2: Daldırma kaplama makinesinin işlem sınırları ve izlençe adım aralıkları.

Film kalınlığını etkileyen değişken, çekme hızıdır. Altlığın indirilme hızı kaplama kalınlığına etki etmemektedir. Bu nedenle indirme sırasında sabit olarak en yüksek hız (28 cm/dk) kullanılmaktadır. Kaplama kalınlığını belirleyen çekme hızı ise 28 cm/dk ile 1 cm/dk arasında, 1 cm/dk adımlarla ayarlanmaktadır.

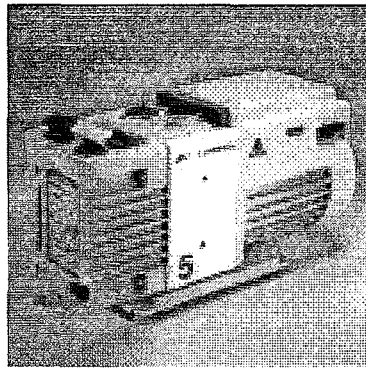
Çekme hızının, 1 cm/dk olarak ayarlanması durumunda 30–40 nm film kalınlığı elde edilebilirken, 28 cm/dk çekme hızında 200 nm kalınlıkta ince film oluşturmak mümkündür. Bu kalınlık değerleri mutlak değerler olmamakla birlikte, temel olarak, film kalınlığı ile çekme hızı arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. (Karapire, C. vdl.)

6.2 VAKUMDA BUHARLA KAPLAMA

PVD (Physical Vapor Deposition-Fiziksel Uçun Biriktirme) yöntemlerinden birisi olan vakumda buharla kaplama, organik ve inorganik malzemeler için yaygın olarak kullanılan bir uygulamadır.

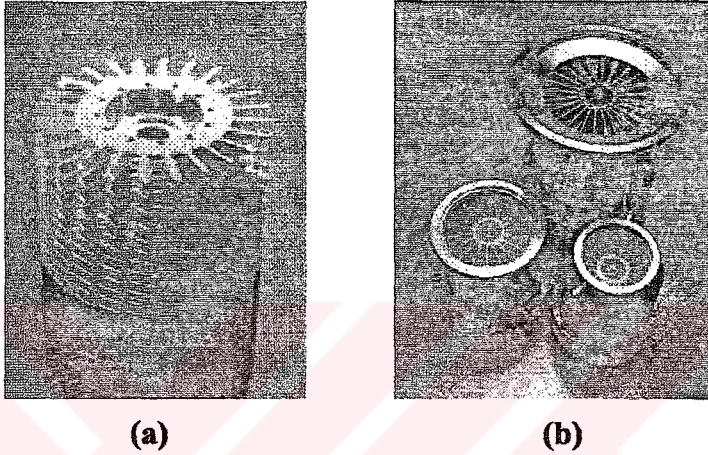
İnce film laboratuvarında hazırlanacak olan OLED, OFET ve Güneş Pili numunelerinde organik katmanların oluşturulması için dönü ve daldırma kaplama cihazları kullanılmaktadır. Elektriksel bağlantı için gereken metal film katmanları oluşturmak için en uygun ve neredeyse tek çözüm ise Vakumda Buharla Kaplama yöntemidir. Cihazın mekanik yapısı, işletiminde kullanılan büyük vakum değerleri nedeniyle, özel uzmanlık gerektirmektedir ve üretiminin tarafımızdan yapılması, amaçlanan maliyet düşüşünü gerçekleştiremeyecektir. Bu nedenle, gereksinimler doğrultusunda en uygun kullanım koşullarını karşılayabilecek bir cihazın özellikleri belirlenerek satın alınması uygun görülmüştür. İnce film laboratuvarı gereksinimlerini karşılayacak optimal bir sistemin özellikleri aşağıda özetlenmiştir:

Kaba Vakum Pompası: Vakum odasında temel boşaltmayı sağlamak için



Şekil 6.6: BOC Edwards RV5 döner kanatlı vakum pompası.

kullanılacak, yaklaşık 5–6 m³/sa boşaltma hızı olan ve 220 V/50 Hz ile çalışan bir kanatlı pompa kullanılabilir. Hız/fiyat dengesi göz önüne alındığında, BOC Edwards RV5⁽¹⁾ modeli uygun bulunmuştur.



Şekil 6.7: Turbomoleküler pompa rotoru (a) ve genel görünüşü (b).

Yüksek Vakum Pompası: Elektriksel bağlantı uçlarının oluşturulması için kullanılacak metallerin düşük sıcaklıklarda buharlaştırılabilmesi için gereken 10^{-6} Torr dolayındaki yüksek vakum değeri, turbo-moleküler bir pompa ile sağlanabilir. Bir turbomoleküler pompanın içyapısı Şekil:6.7de görüldüğü gibi, döner bıçaklardan oluşmuştur. Çoğu turbomoleküler pompada bu bıçakların eksene açıları 40° , 30° ve 20° olarak çıkış yönüne doğru azalmaktadır. Pompalarda dönüş hızı 30,000 d/d ile 100,000 d/d arasında olabilmekle birlikte, tipik değer olarak 75,000 d/d dönüş hızı yaygındır.

TMP, hızla dönen bıçak yüzeyleri tarafından aktarılan momentumla, gaz

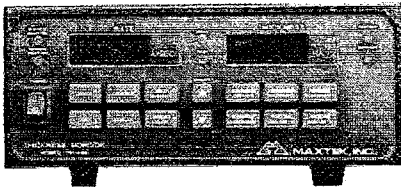
¹ Bu çalışmada marka ve ticari isimlerin belirtilmesi yalnızca bilgi vermek amaçlıdır ve Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü tarafından önerildikleri yada onaylandıkları anlamına gelmez.

moleküllerini çıkış ağzına iter. Bu durumda giriş ağzına bağlı sızdırmaz hacimde vakum oluşmasını veya buradaki vakumun sürmesini sağlar. Moleküler pompanın çalıştırılması için önce kaba vakum pompası ile temel bir vakum oluşturulmalıdır.

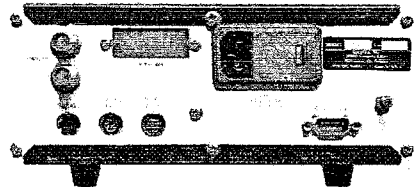
Isıtma: Ticari ürünlerde kaplanacak metalin buharlaştırılması için genellikle iyi biçimde denetlenebilen elektrikli ısıtıcılar kullanılır. Bunun için metalin tozu yada talaşı, yüksek sıcaklıklara dayanıklı küçük seramik kaplar içine koyularak eritilir.

Kalınlık izleyici: Düşük vakumlu kapalı ortamda gerçekleştirilen kaplama işlemi sırasında oluşan filmin kalınlığını gerçek zamanlı olarak izleyebilmek için yaygın olarak kullanılan uygulama, kuvars kırılmalı bir düzenektir. Bu aygıt, kaplanan altlığın hemen yanında bulunan ve kendisi de aynı hızla kaplanan bir sezicinin, öz salınım sıklığının değişmesi ilkesinden yararlanarak kalınlık izleme işlemini gerçekleştirir.

Kuvars kırılca, üzerindeki kaplamanın kalınlığı ile değişen hızda titreşir. Titreşim değişimi, ölçme başlığı içindeki basıyüklemeli kırılca(lar) aracılığı ile elektriksiz işarete dönüştürülür ve izleme elektroniğine iletilir. Burada ölçülen değer, kuvarsın kaplama öncesindeki ve sonrasındaki titreşim sıklığı arasındaki değişimdir ve aslında kütle/alan ilişkisini



a)



b)

Şekil 6.8: Maxtek TM 350 kalınlık izleyicinin ön (a) ve arka (b) görüntüsü.

belirtir. Bu değer, bir ölçümleme yöntemi ile film kalınlığı bilgisine dönüştürülür.

Vakumda buhar kaplama ile deneysel üretimde kullanılmak üzere seçilen ürün, Amerikan Maxtec firmasının Şekil6.8de görülen TM-350 modelidir.

100 ayrı ince film için programlamaya izin veren cihazın ölçme aralıkları, veri giriş çıkış özellikleri ve temel elektriksel verileri, Çizelge:6.3te verilmiştir.

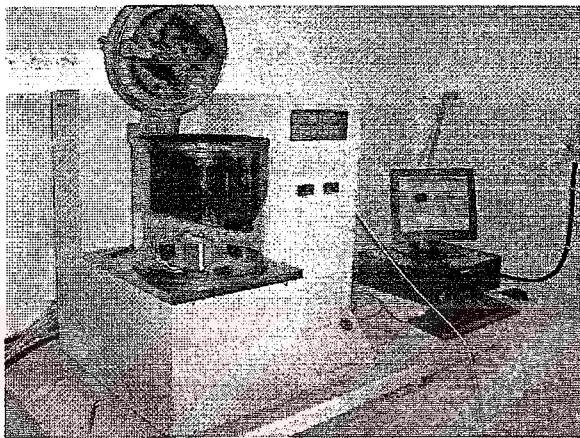
ÖLÇME	
Frekans Çözünürlüğü	0,5 Hz @ 6,0 MHz
Kütle Çözünürlüğü	6,0 ng/cm ² (0,224 Å Alüminyum)
Ölçüm Yenileme Hızı	5-10 ölçme/s
Gösterge Yenileme Hızı	10 Hz
GÖSTERGE	
Hız	Kendiliğinden Kademeli -999 – +999,9 Å/s
Kalınlık	Kendiliğinden Kademeli -999 – +999,9 kÅ
Frekans	0-9.999.999,9 Hz
SÖÇ ÇIKIŞLARI	
Hız ve Kalınlık	0-5 V, 11 bit, % 0.02 Çözünürlük
GÜÇ GEREKSİNİMLERİ	
Şebeke Değerleri	100, 120, 200, 240 V 50/60 Hz, 25 Watt

Çizelge 6.3:TM-350 kalınlık izleyicinin teknik verileri.

Belirlenen bu cihazları içinde bulunduran bir vakum buharla kaplama sistemi, laboratuvarımızda kullanım için uygun görülmüştür.

Bu özelliklere ek olarak en az 15x15 cm² büyüklüğünde yüzeye kaplama yapabilmesi, iki ayrı buharlaştırma bölmesinin bulunması, hem organik

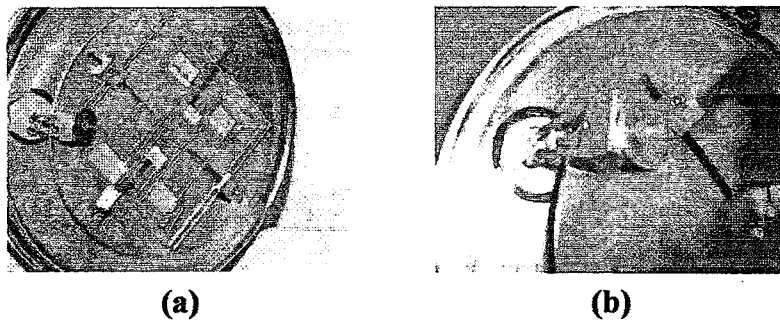
hem de inorganik malzemeler için kullanılabilmesi nedeniyle, Amerikan Nano-Master firmasının NTE-3000 modeli, bilgisayar denetimli masa üstü ısıl buharlaştırma sisteminin satın alınmasına karar verilmiştir.



Şekil 6.9: Nano-Master NT3000 Isıl Buharlaştırma Sistemi genel görüntüsü.

Cihazın bağlantılarının yapılmasının ardından yapılan çalışmalarda, ince film laboratuvarı gereksinimlerini karşılayacak yeterlikte olduğu görülmüştür. Şekil:6.9da sistemin genel görünüşü verilmiştir.

Şekil:6.10(a)da, OLED çalışmaları sırasında TPD üzerine alüminyum kontak kaplama için hazırlanan düzenek görülmektedir. Bu resimde sağda



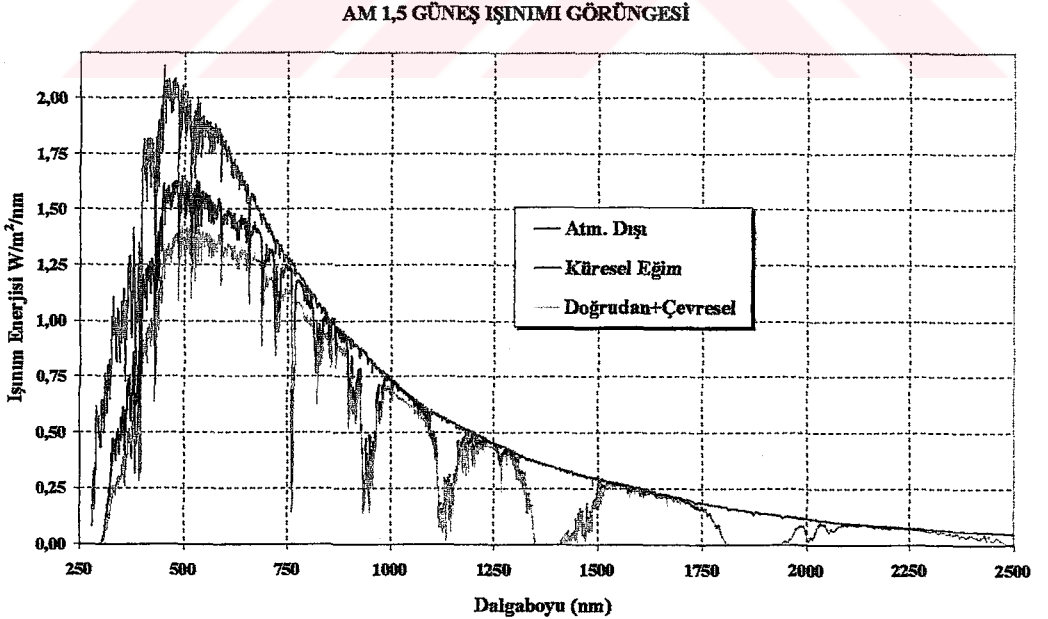
Şekil 6.10: Vakumda buharla kaplama cihazının altlık tutucusu (a) ve kalınlık izleyici sezici başlığı (b).

bakır rengi görülen parça, kalınlık izleyicinin sezicisidir ve bir önceki perilen kaplamanın rengini taşımaktadır. Şekil:6.10(b)de ise, alüminyum kaplama sonrasında sezicinin renginin değiştiği açıkça görülmektedir.

Vakumda buhar kaplama sisteminde, sezici ve turbomoleküler pompanın soğutulması için su kullanılmaktadır. Suyun belli bir basınç ile gelmemesi durumunda sistem koruma konumunda kalarak çalışmadığı için, sürekli yüksek basınç sağlamak amacıyla bir hidrofor bağlanarak sistemin çalışması sağlanmıştır.

6.3 GÜNEŞ SİMÜLATÖRÜ

İnce film laboratuvarında çalışmaları sürmekte olan organik güneş pillerinin uzun süreli kararlılık sınamaları için gerekli olan bir güneş simülâtörünün üretimi gerçekleştirilmiştir. İnce film laboratuvarında ekonomik çözümler



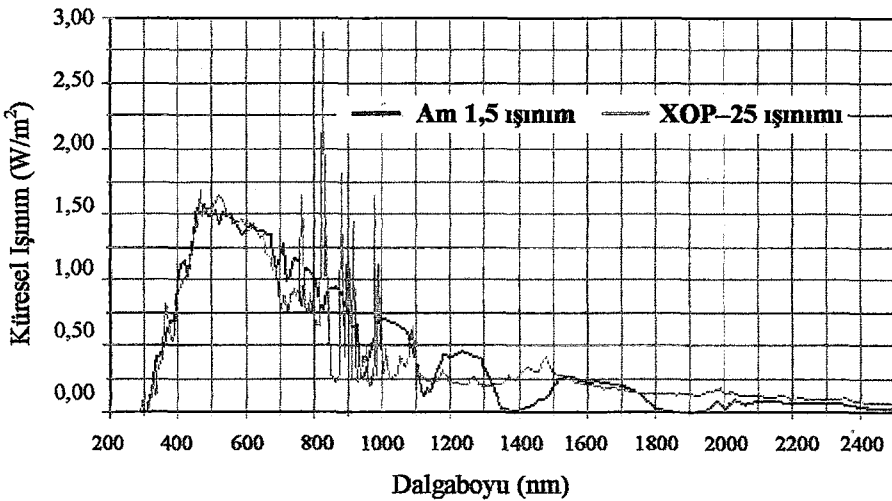
Şekil 6.11: Yeryüzüne ulaşan güneş ışınımının, dalgaboylarına göre enerji dağılımı.

oluşturmak için bir diğer aşama olan bu benzetimlik, günlerce süren dayanıklılık sınamalarında, oldukça yüksek maliyetli ve kısa ömürlü lambaların kullanıldığı ticari güneş ışınımı benzetimlikleri için, uzun ömürlü ve hesaplı lambası nedeniyle iyi bir seçenek oluşturmaktadır.

Güneş pillerinin laboratuvar ortamında doğru olarak sınanmaları için, gerçek çalışma koşullarının sağlanabilmesi gereklidir. Yeryüzüne gelen güneş ışınımı, atmosferdeki gazların soğurma etkileri, geliş açısı, saçılma gibi nedenlerle, özel bir görüngenel dağılım gösterir. AM 1,5 olarak adlandırılan bu dağılım, Şekil:6:11de görülmektedir. (Kaynak: American Society of Testing and Materials – ASTM)

Ksenon lambaların dalgaboyu dağılımı, AM 1,5 ışınım görüngenesine çok yakındır. Bu nedenle, ksenon kıvılcım lambaları, güneş benzetimliği olarak yaygın olarak kullanılırlar. Tipik ksenon lamba görüngenesi ve AM

BOŞALMALI KSENON LAMBA GÖRÜNGESİ

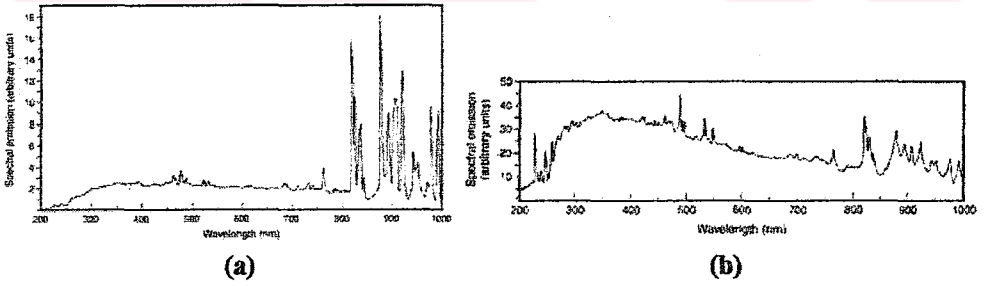


Şekil 6.12: AM 1,5 ışınım görüngenesi ile ksenon Lamba görüngeninin karşılaştırılması. (Kaynak: Philips web sitesi)

1,5 görüngesi, Şekil:6.12de görülmektedir.

Görüldüğü gibi ksenon gazının oluşturduğu ışınım, 800–1000 nm arasındaki kızılberisi bölgelerde görülen dar tepeler dışında, güneşin yersel ışınımı ile büyük çakışma göstermektedir. Elektriksel uyarımda yapılacak ayarlamalar ile bu küçük sapmanın daha da düzeltilmesi olasıdır. Ksenon lambanın düşük elektriksel yüklemeye (100 μ F–500 V) altında yaptığı ışınım Şekil:6.13(a)da, yüksek elektriksel yüklemeye (200 μ F–1000 V) altında yaptığı ışınım da Şekil:6.13(b)de verilmiştir. (Kaynak: <http://repairfaq.ece.drexel.edu/sam/CORD/leot>)

Lambanın yüksek enerji ile sürülmesi durumunda, kızılberisi bölgedeki ışınım görece olarak azalmakta ve görünür bölgede üretilen enerji artarak AM 1,5 görüngesine daha benzer duruma gelmektedir. Ancak yüksek enerjili sürme durumunda lamba ömrü azalmakta ve çalışma sırasında açığa çıkan ısı enerjisi artmaktadır.



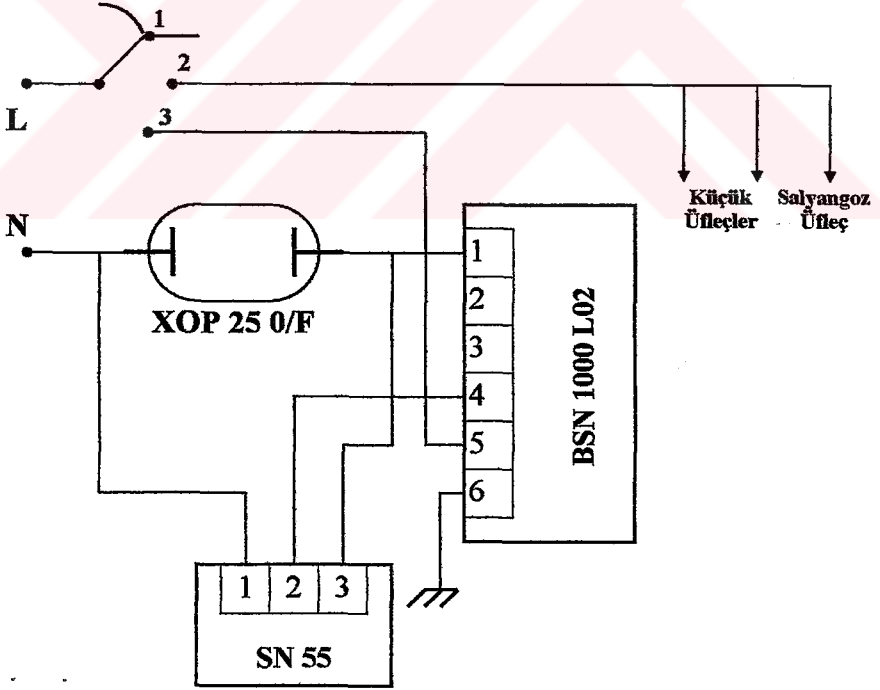
Şekil 6.13: Ksenon lambanın düşük yüklemeye (a) ve yüksek yüklemeye (b) durumunda ışınım görüngesi.

Burada yapısı açıklanan cihazın ışık kaynağı olarak kullanılacak Philips XOP–25 O/F ksenon lamba, ısınma gerektirmemesi, hızlı ve sürekli ateşleme yapılabilmesi, ozon yaymaması ve neredeyse kesintisiz görüngesi nedeniyle güneş benzetimliklerinde yaygın bir kullanıma

sahiptir.

Dayanım sınavası için kullanılacak bir cihazın tasarımında önemli olan nokta, uzun süreli çalışma sırasında ortama salınacak ısı enerjisinin hızla dış ortama aktarılmasıdır. Bu hızlı ısı transferi gereksinimi nedeniyle tasarımda, 820 m³/sa sıgılı bir salyangoz üfleç içerilmiştir. Salyangoz üfleç tarafından lamba yuvasına basılan havanın dışarıya boşaltılması için ise, iki ayrı üfleç daha kullanılmaktadır.

Lambanın sürülmesi için, Philips firmasının bu lamba ile uyumlu sürme seti olan, BSN 1000 L02 balast ve SN 55 ateşleyici kullanılmıştır. Sistemin elektriksel bağlantısı Şekil:6.14te verilmiştir.

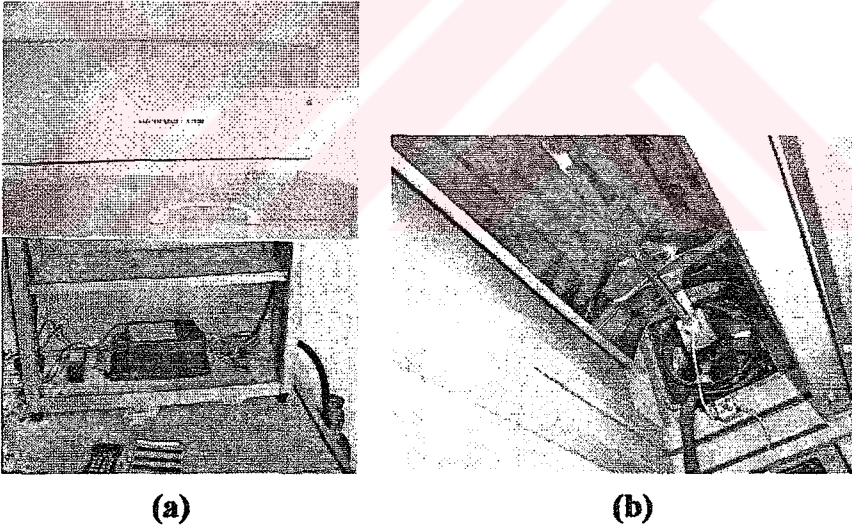


Şekil 6.14: Güneş benzetimliği cihazının elektriksel yapısı.

Uzun kontaklı üç konumlu çalıştırma anahtarı kullanılarak, üfleçlerin lambaya enerji verilmeden önce çalışması ve lamba kapatıldıktan sonra durmaları sağlanmıştır. Böylelikle lamba için önemli derecede bir güvenlik artışı sağlanmış olmaktadır.

Lambanın silindirik yapısı nedeniyle her yöne yayılan ışınların deney alanında toplanması için, lambanın üst tarafına parabol kesitli bir yansıtma yüzeyi eklenmiştir. Böylece sistemde enerji veriminin de artırılması sağlanmaktadır.

Şekil:6.15te cihazın genel görünümü (a) ve lambanın yerleşimi (b) görülmektedir.



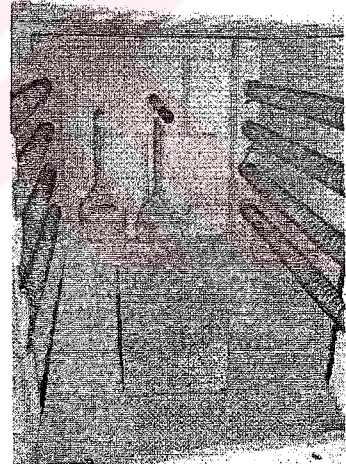
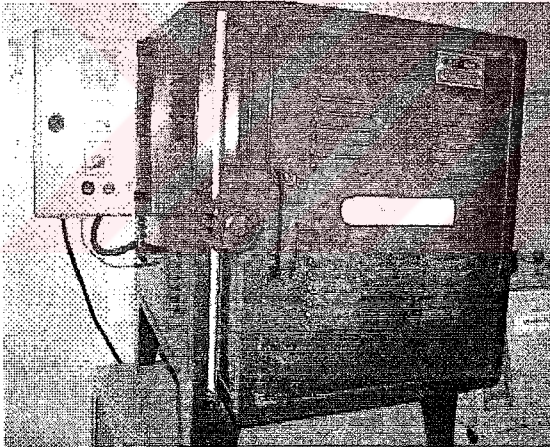
Şekil 6.15: Güneş simülâtörünün genel görünümü (a) ve XOP 25 O/F yerleşimi (b).

6.4 FIRIN

Kaplamaların, oluşturulduktan sonra sertleştirilmesi için kullanılacak bir

fırın, ince film laboratuvarının önemli bileşenlerindedir. Sol-gel filmlerin sertelmesi için, yüksek sıcaklıklara ısıtılmaları gerekir. Bu ısıtma sürecinin iyi biçimde denetlenmemesi durumunda, film yapısı zarar görecektir.

Filmlerin dayanımının artırılması için kullanılan serteltme (sintering) süreci, sıcaklığın belli bir hızda belirlenen değere getirilip, bu sıcaklık değerinde bir süre beklendikten sonra geri düşürülmesini içerir. Bu işlemler sırasında sıcaklık dalgalanmalarının fazla olması, film yapısında çatlak yada delik gibi makro yada yapısal mikro bozulmalar oluşmasına neden yol açabilir. Bu nedenle fırın sıcaklığı, bir OTT (PID) denetim devresi ile hassas ve doğrusal bir biçimde değiştirilmesi gereklidir.



Şekil 6.16: Sertleştirme fırınının genel görüntüsü (a) ve ısıtma kabini (b).

Böylelikle filmin özelliklerine göre özel bir sıcaklık değişimi izlencesi oluşturularak, olası hataların önüne geçmek mümkün olacaktır.

İnce film laboratuvarı kullanımı için gerekli özellikleri barındıran fırın, Kütahya'da yerleşik ve seramik fırınları üreten Refsan firmasına, sipariş

üzerine yaptırılmıştır. Isıtma işlemi rezistanslarla yapılmaktadır ve kabin içi sıcaklığı, 20°C/dk hızında artırılabilir.

Giriş	J (Fe-Cons), K (NiCr-Ni), T (Cu-Cons), S (PtRh-Pt) tipi ısıtma elemanlar, Pt100 ısıldirenç
Giriş Empedansı	Kullanılan seziciye bağlı
Gürültü Bastırması	80 dB (50 Hz)
Gösterge	1 adet 2 Basamak, 2 adet 4 Basamak LED gösterge
Çalışma Bölgesi	J tipi: 0-800 °C K tipi: 0-1200 °C S tipi: 0-1600 °C T tipi: 0-500 °C Pt100: 0-500 °C mA: 0-400,0 mA mV: 0-4000 mV V: 0-400,0 V
Okuma Hızı	Saniyede 10 okuma
Ölçme Hassasiyeti	± 1 digit
Çıkış	2 Adet Röle (1 Ad Isıtma + 1 Ad Soğutma) 1 NA+1 NK kontaklı Kontak kapasiteleri 5 A (220 V)
Besleme Gerilimi	220 V±%15, 50 Hz±%10
Güç Sarfiyatı	4 VA
Boyutları	96x96x125mm(en x boy x derinlik)
Çalışma Ortam Sıcaklığı	0-50°C
Depolama Sıcaklığı	-10-+60°C

Çizelge 6.4: PSM 110-20 PID Denetleyicinin teknik verileri.

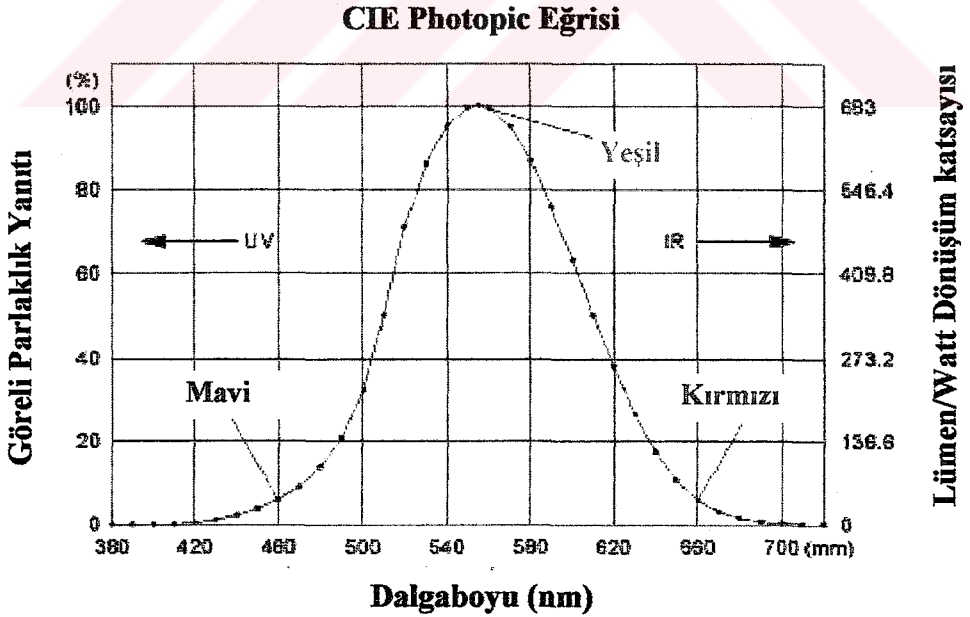
Fırının denetim devresi, İstanbul merkezli Polaris firmasının PSM 110-20 model OTT devresidir. Bu denetleyici, önceden belirlenebilen ısıtma izlenceleri oluşturulabilmesine de olanak sağlamaktadır. Böylelikle, sıklıkla kullanılan filmler için, işletim kolaylığı sağlanmaktadır.

Polaris PSM 110-20 denetleyicinin teknik özellikleri, Çizelge:6.4te sıralanmıştır.

6.5 IŞIKÖLÇER

İnce film laboratuvarında üretilen pillerin ve OLEDlerin değerlendirilmeleri için gereken temel ölçmeler, bir ışıkölçer ve bir optik güç ölçer ile gerçekleştirilebilecektir.

Yayıcıların ışık salımının belirlenmesi için kullanılacak ışıkölçerin özelliği, insan gözü algısına benzer değerlendirme yapabilmesidir. Bunu sağlamak için ışıkölçerlerde optik ölçüm aralığı, görünür ışık dalgaboyu aralığı ile (420–700 nm) sınırlanmaktadır. Ayrıca, ışıkölçerin dalgaboyu duyarlık eğrisi de, standart CIE Photopic eğrisine uygun olarak değişmektedir. İnsan gözünün görünür ışık bölgesinde ve aydınlık ortamda sergilediği görece duyarlılığın belirtildiği bu eğri, Şekil:6.17de görülmektedir.



Şekil 6.17: İnsan gözünün aydınlık ortamda ışık algısını gösteren CIE photopic eğrisi.

Işık şiddeti ölçmek için, CIE insan gözü algısı eğrisine göre kalibre edilmiş olan, ayrılabilir bir sezicisinin olan, CHy-332 cihazı satın alınmıştır. Pazardaki inorganik LEDlerin ışık akılarını ölçme amacıyla kullanılabilen bu cihaz, OLEDler ile LEDler arasında yapılacak karşılaştırmalar için gerekli verilerin elde edilmesinde yararlı olacaktır. Cihazın, bilgisayar bağlantısı için kullanılacak RS-232 veri çıkışı iskelesi de bulunmaktadır. Saniyede 2,5 ölçme hızında çalışan ve lüks yada Ft-candle olarak ölçme yapabilen CHy-332nin teknik özellikleri, Çizelge:6.5te sıralanmıştır.

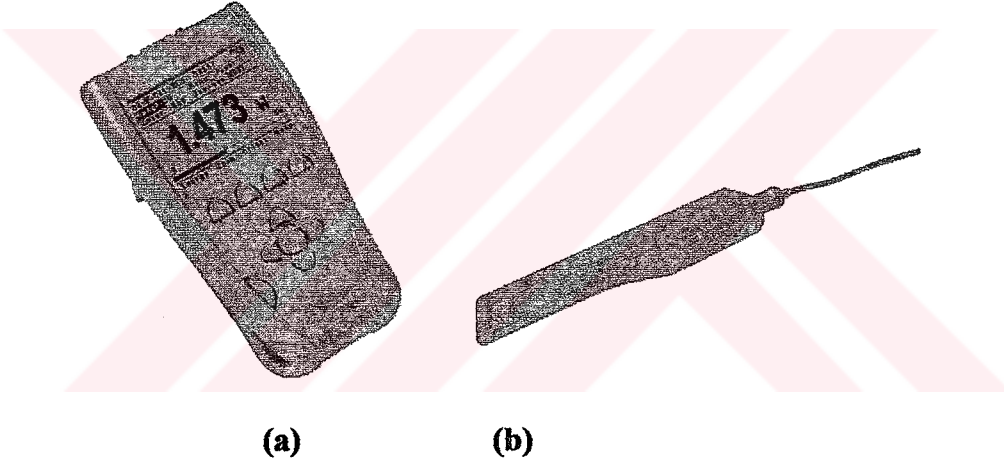
	Ölçme Aralığı	Çözünürlük
Lüks (lm/m ²)	200	0,1
	2.000	1
	20.000	10
	200.000	100
Ft-candle (lm/ft ²)	200	0,1
	2.000	1
	20.000	10

Çizelge 6.5: CHy-332 ışıkölçerinin ölçme aralıkları.

Bir diğer optik ölçme aygıtı da, İsrail firması Ophir'in Nova-II güç/enerji ölçeridir. Bu cihaz, kullanılan probun özelliklerine bağlı olarak, geniş bir dalgaboyu aralığında ışınım gücü ölçmek için kullanılmaktadır. Cihaz USB ve RS232 çıkışları ile istatistiksel ölçmeler için de kullanılacak alt yapıya sahiptir. Nova II'nin göstergesi örneksel ekran olarak da

seçilebildiği için, en düşük/en yüksek ayarlarının kolayca yapılmasına izin vermektedir. Standart kalibrasyonlu ve CE onaylı cihaz, Şekil:6.18(a)da görülmektedir.

Optik güç/enerji ölçerin ölçme alanı, kullanılacak ölçme başlığının türüne ve özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Laboratuvar kullanım amaçlarımıza uygun olarak, aynı üreticinin, Şekil:6.18(b)de görülen PD300-TP ölçme başlığı tercih edilmiştir.



Şekil 6.18: Nova II güç ölçer (a) ve PD300-TP ölçme başlığı (b).

Çok ince kesitli (4 mm) olan bu başlık, 350–1100 nm aralığında ölçme yapmaktadır ve ölçme tepki süresi 0,2 s değerindedir. Başlık sezicisinin yüzey alanı 10x10 mm olup, açısal bağımlılığı $\pm\%2$ olarak verilmiştir. PD300-TP optik güç probunun ölçümsel teknik verileri, Çizelge:6.6da görülmektedir.

	Filtresiz	Filtreli
Görünge Yanıtı	350–1100 nm	400–1100 nm
Güç aralığı	3,000 mW/300,0 μ W/ 30,00 μ W/3,000 μ W/ 300,0 nW/30,00 nW/ 3,000 nW/dBm	1 W/300,0 mW/ 30,00 mW/ 3,000 mW/dBm
Dalgaboyu–Güç		
350–500 nm	3 mW	1 W
600 nm	2,5 mW	1 W
700 nm	2 mW	500 mW
800–950 nm	1,5 mW	300 mW
1064 nm	3 mW	500 mW
Zarar eşiği	10 W/cm ²	50 W/cm ²
Hassasiyet		
350–400 nm	±% 7	±% 10
400–950 nm	±% 3	±% 5
950–1100 nm	±% 5	±% 7

Çizelge 6.6: PD300-TP probunun filtreli ve filtresiz ölçüm aralıkları.

7. SONUÇ-TARTIŞMA

Bu çalışmada, OLED, OFET ve organik güneş pili denemelerinde ve temel değerlendirmelerinde kullanılabilecek orta ölçekli bir ince film laboratuvarının en ekonomik biçimde kurulması amaçlanmıştır. Temel donanımın oluşturulmasında en ekonomik yol, cihazların kendi olanaklarımızla üretilmesidir. Öte yandan, bazı bileşenlerin üretilmeleri, gerek karmaşık yapıları gerekse ölçümlene (kalibrasyon) zorlukları nedeniyle, satın alınmalarından daha fazla maliyet ve zorluklara neden olacaktır.

Üretim olanaklarımız ve diğer hususlar değerlendirilerek, üretilecek ve satın alınacak bileşenler belirlenmiştir. Buna göre, dönü kaplama ve

daldırma kaplama cihazları ile güneş benzetimliğinin üretilmeleri uygun görülürken, boşlukta buhar kaplama cihazı, fırın ve ölçü aletlerinin satın alınmalarına karar verilmiştir. Ayrıca kullanım dışı olan bir NMR cihazının onarılarak işlerlik kazandırılmasının da, maliyet düşürücü etkisi olmuştur.

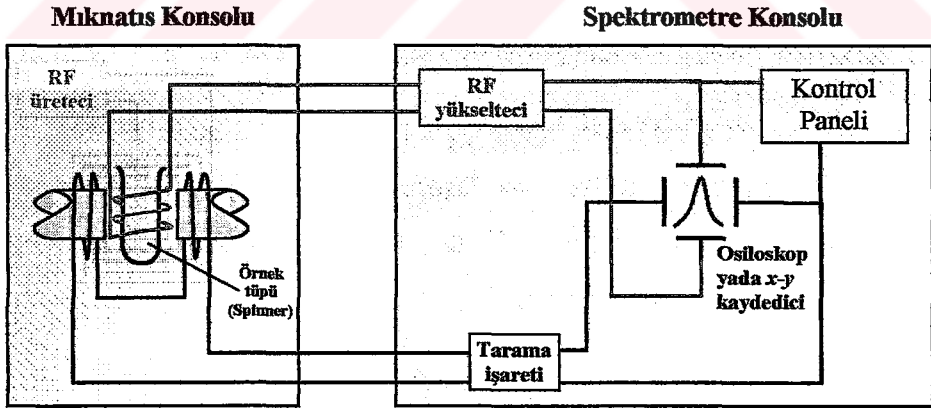
1. Daldırma kaplama cihazının kullanımı ve işlerliği, eşdeğer tecimsel ürünler ile benzer bulunmuştur. Bu nedenle laboratuvar gereksinimlerini karşılamak için yeterlidir. Çalışmanın amacına uygun olarak, pazardaki benzer bir cihazın satın alınmasına göre, önemli oranda maliyet düşüşü sağlanmıştır.
 2. Güneş benzetimliği özellikle, güneş pillerinin uzun süreli dayanım testlerinde ekonomik kullanım sağlamak üzere üretilmiştir. Pazardaki cihazlara göre daha hesaplı bir denetim sistemi ve daha ekonomik bir lamba kullanıldığı için, hedeflenen amaca ulaşılmıştır. Cihazın başarımı, elektronik ateşleme kullanılarak daha da artırılabilir.
 3. Kullanım dışı JNM-PMX60 NMR spektrometre cihazının eksik kısmının yeniden oluşturulmasıyla, ince film laboratuvarı için destek amaçlı bir bileşen olarak çalışması sağlanmıştır. Cihazın başarımı kabul edilebilir durumda olmakla birlikte, mekanik çizici kısmının yıpranmış olmasından doğan yinelenebilirlik sorunları vardır. Öte yandan, sezici içindeki magnetin eskimiş olması da, ölçmelerde hassasiyeti azaltmaktadır. Bu cihazın bir yenisinin satın alınması yerine, analizlerin dışarıda yaptırılması şimdilik daha etkin bir yöntem olarak görülmektedir.
-

4. Sinterleme amaçlı kullanılacak olan fırının, mekanik yapısının gerektirdiği uzmanlık ve kullanılacak malzemenin sağlanmasındaki güçlükler nedeniyle, bu tür üretimde uzmanlaşmış bir firmaya, kullanım gereksinimlerini karşılayacak teknik özellikler belirtilerek siparişi yoluna gidilmiştir. Isınma süresince sıcaklık değişimindeki dalgalanmaların kaplamalara zarar vermesini önlemek için de bir OTT denetim devresi eklenmiştir.
5. Ölçme cihazları kuramsal olarak üretilebilir olmakla birlikte, ölçümleme gerekliliği ve sonuçların bilimsel kabul edilebilirlikleri açısından, pazardaki ürünlerin satın alınması, daha doğru bir seçim olarak görülmüştür. Bu amaçla, güneş pilleri için ışınım ölçmelerinde kullanılmak üzere bir optik güç ölçer (Nova II) ve OLEDlerin ve karşılaştırma amaçlı olarak LEDlerin ışık şiddetlerini ölçmek üzere de bir lüksmetre satın alınması gerçekleştirilmiştir.

EK: NMR CİHAZI DEVRE KARTININ HAZIRLANMASI

E.1 GİRİŞ

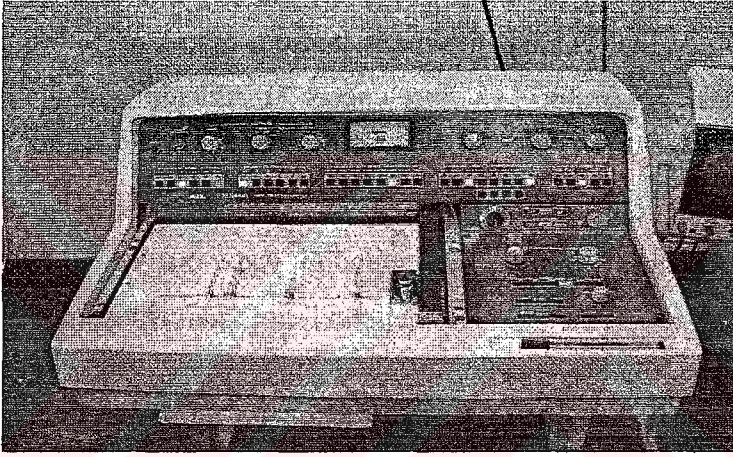
Organik ve inorganik madde analizinde en yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisi olan NMR tekniği, güçlü bir manyetik alan altında devinen elektriksel yüklerin oluşturduğu elektrik alanının tespitine dayanır. NMR sisteminin temel yapısı Şekil:E.1de görüldüğü gibi iki ana bölüm halinde incelenebilir. Miknatis konsolu olarak adlandırılan bölüm, cihazın sezici kısmıdır ve incelenecek maddenin manyetik alanda döndürülmesini sağlayan bir mekanizmayı ve RF alıcı bobinlerini içerir. Spektrometre konsolu olarak adlandırılmış bölüm ise seziciden gelen işaretin, anlaşılır biçimde görüntülediği yada çizdirildiği yapıdır. Bu birim aynı zamanda işletim denetimlerini gerçekleştiren elektronik donanımı da barındırmaktadır.



Şekil E.1: NMR Spektrometre cihazının basit şematik gösterimi. Kayıp kart x-y kaydedici bloka yer alıyor.

İnce film laboratuvarında kullanılacak maddelerin yapı tayininde

kullanılmak amacıyla, grafik yazdırma kartının kayıp olması nedeniyle atıl durumda bulunan bir cihazın kullanıma alınması düşünülmüştür. Bu NMR cihazının eksik olan grafik yazdırma modülü, bilgisayar destekli tasarım süreciyle yeniden tasarlanarak simülasyonu ve üretimi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu sürücü kartın sisteme entegrasyonu da yapıldıktan sonra, NMR cihazının çalışması sağlanmıştır.



Şekil E.2: JNM-PMX60 NMR Spektrometre cihazının ana konsolu. Sol ön tarafta görülen çizicinin çalışmasını sağlayan kart kayıp.

Söz konusu JNM-PMX60 NMR spektrometre cihazında sorunlu olan bölüm, Şekil:E.2de görülen ana konsol içinde bulunması gereken ve işlenen elektriksel işaretlerin grafiksel gösterimini sağlayan çizici (plotter) biriminin sürücü ve denetim kartıdır.

Şekil:E.2deki konsol üzerinde sol tarafta, x - y kaydedici olarak adlandırılan çizici paneli görülmektedir. Çizici paneli üzerindeki kalem, panel boyunca yatay olarak sabit hızla hareket eden bir cetvel üzerinde, dikey olarak yer değiştirebilmektedir. Böylece panele yerleştirilen kâğıt üzerinde yatay ve dikey eksenler boyunca kesintisiz hareket ederek, incelenen maddenin

spektrogramını çizebilmektedir.

Kalem ve cetvelin hareketleri, iki ayrı servo motor ile tahrik edilen bağımsız makara-gergi düzenekleri ile sağlanmıştır. Yatay hareket (x sapması) için gereken konum bilgisi tarama işaretinden sağlanırken, spektrogramdaki tepe değerlerini çizmek için gereken genlik bilgisi (y sapması), RF sezici devresinden alınarak işlenen işaretlerden elde edilmektedir.

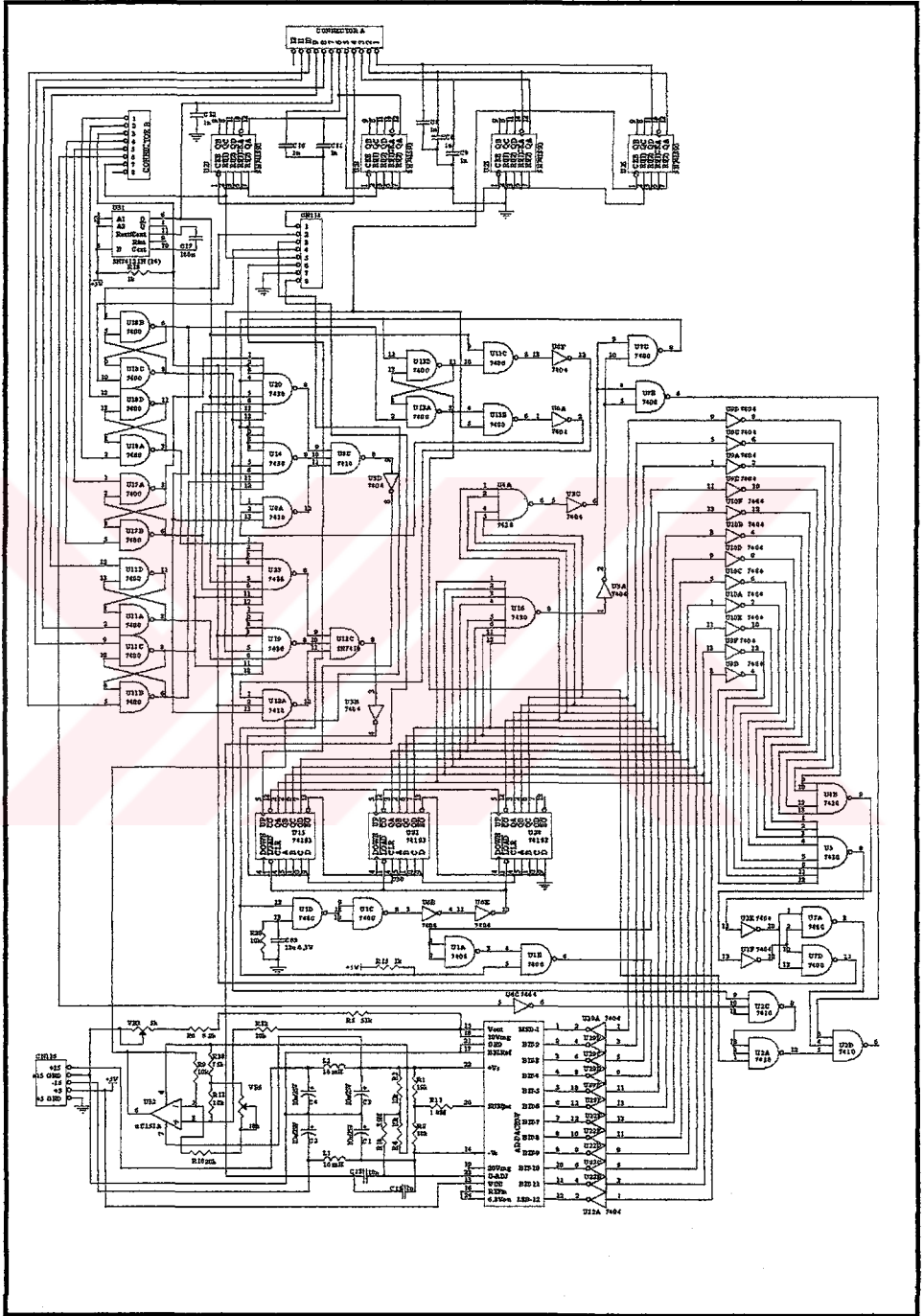
Kartın tasarlanmasında ve sistem ile bütünleştirilmesinde, cihazın özgün belgelendirmesinde bulunan bilgilerden yararlanılmıştır. Devrenin oluşturulması ve kartın biçimlendirilmesini içeren bilgisayar destekli tasarım aşamasında ise Altium Ltd. firmasının Protel®99 SE elektronik tasarım yazılımı kullanılmıştır.

Yazıcı sürücü kartının elektronik devresi Şekil:E.3te görülmektedir. Bu kart üzerinde temel olarak, x sapmasının miktarını ve hızını belirlemek için gereken zaman tabanlı işareti üretilmektedir. Bu işlevin yanı sıra, çizim başlatma ve durdurma, hızlı ileri/geri hareket, kalem indirme kaldırma gibi diğer kaydedici denetimleri de kart üzerinden gerçekleştirilmektedir. Ayrıca sıfırlama ve diğer grafik yerleştirme işlemleri için de kontroller bu devre ile gerçekleştirilmektedir.

Çizici kaleminin kağıt üzerindeki yatay hareketini sağlayan mekanizmayı süren servo motorun çalıştırılması için gerekli değişken dc işaret, DAC80-CBJ-V tümdevresi çevresinde kurulmuş olan sayısal/örneksel dönüştürücü ile elde edilmektedir. DAC80'in ikilik girişleri, önyüklemeli bir ileri/geri sayaç ile sürülmektedir. Bu sayaç, kaskat bağlı üç adet 4-bit

senkron ileri/geri sayıcı tümdevresi (74193) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sayacın balama değeri, sayma hızı ve sayma yönü gibi sayma özellikleri, kart üzerindeki çizim denetim girişleri ile belirlenmektedir.





Şekil E.3: Çizici kontrol/sürücü kartının elektronik devresi. Devre üzerinde tarama sinyalinden yatay sapma işareti üretilmekte ve diğer kontroller sağlanmaktadır.

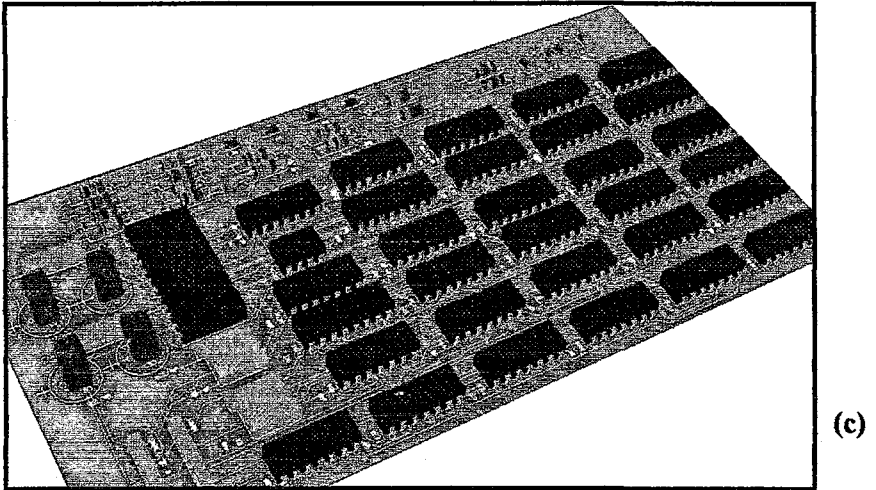
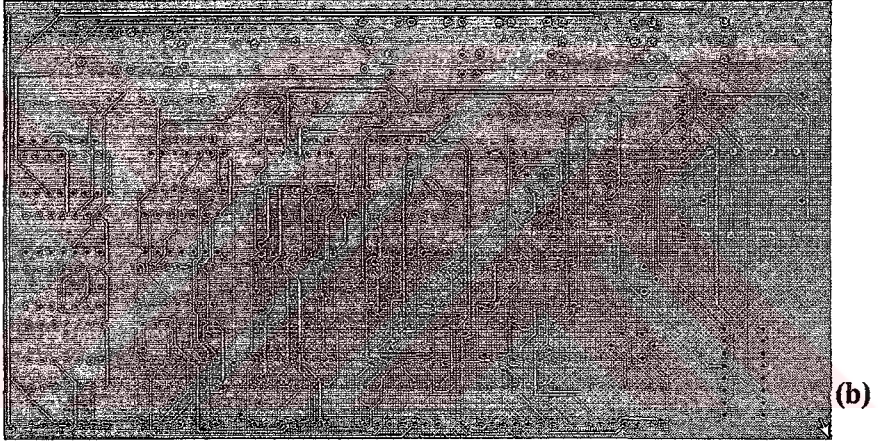
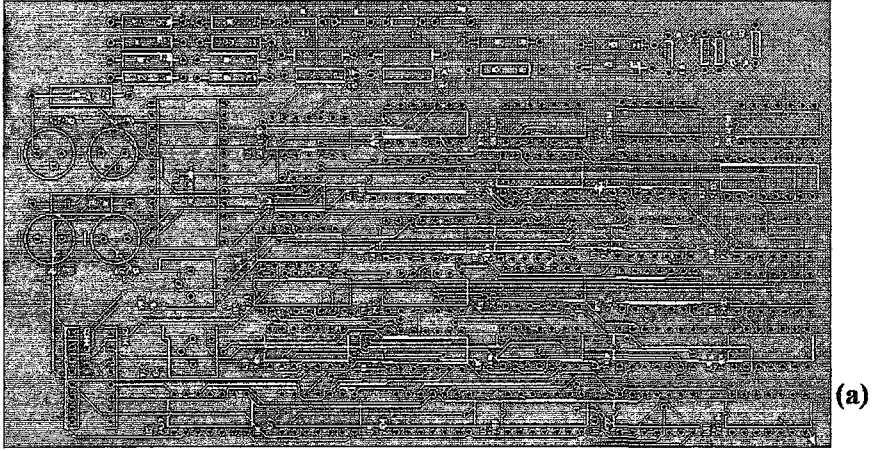
Çizim ayarlamalara bağlı olarak elde edilen örneksel servo sürücü gerilimi ile de kalemin x eksenini üzerindeki hızı değiştirilerek spektrogramın genlik değişimleri çizilmektedir.

Bu işlevleri gerçekleştirecek devreleri ve bağlantı uçlarını taşıyacak olan baskılı devre kartı, NMR cihazı içindeki mekanik açıklığa sığacak boyutlarda, 20x12 cm² büyüklüğünde bir bakırlı pertinax üzerinde, çift yüzü olarak tasarlanmıştır. Baskılı devre kartı, montaj kolaylığı sağlaması ve dayanıklılığı artırması açısından, delik içi kaplama tekniği kullanılarak hazırlanmıştır.

Kart üzerindeki denetim girişleri ve veri çıkışları, JNM-PMX60 NMR cihazı içindeki diğer modüllere bağlantısının kolaylıkla yapılabileceği biçimde bir araya toplanarak, ilgili soketlere uygun biçimde sıralanmıştır. Bu işlemler sayesinde, cihaz içinde yapılması gereken değişiklikler en aza indirilmeye çalışılmıştır.

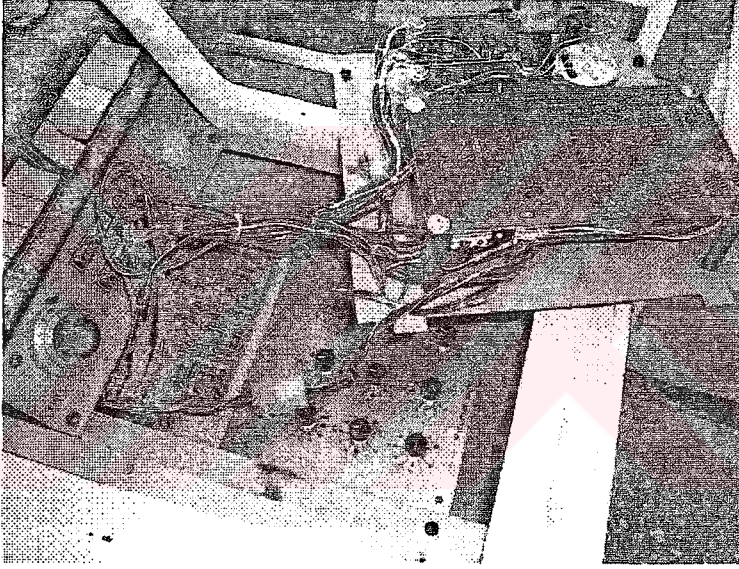
Şekil:E.4te Altium yazılım firmasının Windows® işletim sistemi için hazırladığı bilgisayar destekli elektronik tasarım yazılımı Protel DXP ile hazırlanmış baskılı devre kartının sayısal ortamda elde edilen görüntüleri verilmiştir.

Burada kartın elektronik devre elemanlarının bulunduğu yüzü (a) ile lehimleme bağlantılarının yer aldığı montaj yüzü (b) görülmektedir. Genel bir uygulama olarak, devre takibini kolaylaştırmak amacıyla, üst yüzdeki yollar yatay yönelimli ve alt yüzdeki yollar da dikey yönelimli olarak oluşturulmuştur. En altta ise, Protel® veri tabanındaki eleman imgeleri kullanılarak işlenmiş olan perspektif görünüş (c) bulunmaktadır.



Şekil E.4: Çizici kontrol baskılı devre kartının eleman montaj yüzü (a), lehim yüzü (b) ve sayısal olarak işlenmiş üç boyutlu görüntüsü (c).

Bilgisayar ortamında tasarlanmış olan çizici sürücü kontrol kartının, montajının gerçekleştirilmesinin ardından, NMR Spektrometre cihazının içine bağlantıları yapılmış durumu Şekil:E.5te görülmektedir. Devre kartı taşıyıcı direklere vidalanarak, servo motorların üzerinde konuşturulmuştur. Böylelikle kablo bağlantıları için en uygun yerleşim sağlanarak, olası cihaz içi elektriksel girişimlerin en düşük düzeyde



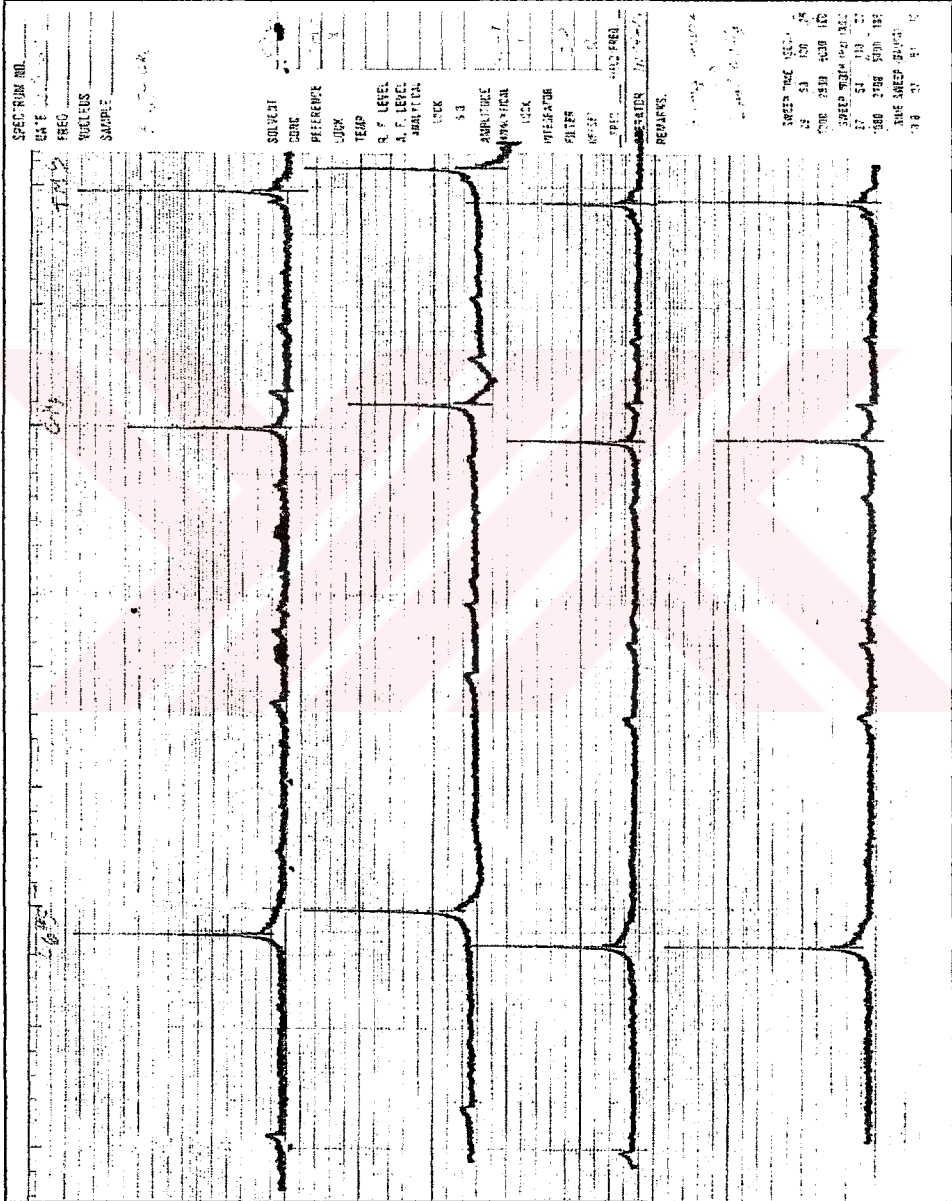
Şekil E.5: Çizici devre kartının NMR Spektrometre kontrol paneli içindeki yerleşimi.

tutulması amaçlanmıştır.

Devrenin servo denetimlerini doğru olarak gerçekleştirdiği ve tüm denetim tuşlarına uygun yanıtları verdiği sınıandıktan sonra ikinci aşama olarak, çizici hız ve mesafe kalibrasyonu yapılmıştır.

Çizicinin çalışır duruma gelmesinin ardından NMR cihazı ile bazı bileşiklerin spektroskopileri alınmıştır. Örnek olarak Şekil:E.6da görülen

spektroskopi verilebilir. Burada, tolüende çözülmüş kloroform için çizdirilen dört spektroskopi arasında belirgin bir benzeşme vardır. Yalnızca çizicinin sıfır noktasının kayması nedeniyle spektrogram



Şekil E.6: JNM-PMX60 NMR Spektroskopi aygıtının, yeni kart ile kaydettiği kloroform spektrumu.

başlangıçlarında küçük sapmalar gözlenmektedir. Spektrogram içinde tepeler arası uzaklıkların ve tepe oluşumlarının yinelenebilirlikleri oldukça iyidir ve temel analiz için yeterli bulunmuştur.



KÜÇÜK SÖZLÜK

ALTLIK: Substrate

Organik malzemelerden oluşan film katmanlarını taşıyan malzeme. Kullanım yerine göre organik, metal yada kristal olabilir. OLED üretiminde çoğunlukla saydamdır.

AYDINLIK: Illuminance

Bir yüzeye düşen ışık akısı, aydınlık ölçüsü birimidir. Foot-candle, fc., (lumen/ft²) yada lux (lumen/m²) ile ölçülür.

BASİYÜKLENİM(Lİ): Piezoelectricity (Piezoelectric)

Bazı kırılcalara (özellikle kuvars) mekanik basınç uygulandığında ürettikleri elektrik. Süreç tersine de çalışır.

BİRİKTİRME: Deposition

Asıltı yada çözelti biçimindeki bir karışımda oluşan parçacık yada tortular, bir yüzey üzerinde çökeltme ile katı oluşturulması.

ÇOKTÜRDEŞ: Heterogeneous

Heterojen, aynı tür ve kökenden olmayan bileşenlerden oluşan yapı.

ÇOĞUZ: Polymer

Çok sayıda küçük özdeciğin (tekiz) bağlanmasıyla oluşan büyük özdecikler.

DELİK: Bkz. OYUK

DESEN: Pattern

OLED/PLED üretiminde, görüntü birimlerinin biçimlerini ve boyutlarını belirleyen kalıp. Örüntü olarak da adlandırılır.

DÖNÜ KAPLAMA: Spin Coating

Sol-gel formundaki malzemenin, hızla döndürülen yüzeye merkezkaç etkisi ile sıvanması yoluyla gerçekleşir.

EKSİCİK: Electron

Eksi yüklü atomaltı parçacık.

EPİTAKSİ: Epitaxy (epi “upon”+taxis “ordered”)

Kristal yapıda bir altlık üzerinde, aynı kristal yönelimi ile hizalı başka bir kristal katman oluşturma. Üstedizim.

GÖRÜNGE(SEL): Spectrum (Spectral)

Bir elektromanyetik ışınımın içerdiği bileşenlerin, dalgalıboylarına göre ayrıştırılarak belirtildiği çizim, tayf.

GÖSTERGE: Display

Elektronik bir sistemde kullanıcı geri bildirim için, grafik yada karakter görüntüleme amaçlı kullanılan birim.

İŞİKÖZÜ: Bkz. İŞILCIK

-İŞİL: -escent

İşima gerçekleştiren malzemeler için kullanılan bir son ek. Fosforışıl, florışıl yada dirimişıl gibi kullanımları vardır.

İŞILCIK: Photon

Dört temel kuvvetten birisi olan elektromanyetik kuvveti taşıyan, kütsesiz parçacık.

-İŞİ: -escence

Kimyasal, biyolojik yada fiziksel bir süreçle, görünür yada görünmez dalga boylarında ışık yayma süreçleri için kullanılan son ek.

Phosphorescence, fluorescence, bioluminescence gibi sözcüklerle, fosforışı, florışı yada dirimişi gibi kullanımları vardır.

İŞİNİM: Radiation

Parçacık, dalga yada ışın biçiminde yayılan yada iletilen enerji, bu enerjinin yayılma biçimi.

IŞIMA: (Uyarımlı Işıma, flüorışı) Fluorescence

Işığın belli bir dalgaboyunda soğurulup, daha uzun bir dalga boyunda yeniden salınması.

IŞILDAMA: Luminescence

Akkor olmayan kaynaklardan, düşük sıcaklıklarda gerçekleşen ışık salımı.

KAVŞAK: Junction

İnorganik yada organik yarıiletkenler ile oluşturulan elektronik aygıtlarda katmanlar ve/veya öbekler arasındaki birleşim yüzeyi.

KIRILCA: Crystal

Çok düzenli atomik dizilişi ve kendini yineleyen bir içyapısı olan, katılaşma süreci ile oluşmuş özdek.

KIVAMLI: Viscous

Akış direnci yüksek sıvı, Yapışkan, Ağdalı.

KIVILIŞIMA: Electroluminescence

Elektrik etkisiyle tetiklenen ışık salımı. Akkor ışıdamadan farklı olarak, elektrik enerjisi doğrudan doğruya ışığa dönüştürülür.

KIVILUÇ: Electrode

Elektrik devrelerinde ve elektrokimyasal aygıtlarda, eksicik geçişi için kullanılan iletken bağlantı ucu.

KIZILBERİSİ: Infrared, Kızılaltı

Görünür ışık bölgesinin hemen altındaki (700–1000 nm) görece düşük enerjili dalgaboyu aralığı.

KSENON KIVILCIMLI LÂMBA: Xenon Arc Lamp

İki kıvılcucu arasına uygulanan gerilim ile, içindeki ksenon gazı içinden kıvılcım atlaması oluşturarak, gün ışığına çok yakın özelliklerde bir görüngede ışınım yapan lamba.

ÖZİŞİMA: (Işıma, fosforlanma) Phosphorescence

Uyarıcı ışınım kesildikten sonra da süren ışıma. Bazen “ışıldama” ile geçişimli olarak kullanılabilir.

PARLAKLIK: Luminance

Bir rengin yada gri düzeyin, algılanan ışık düzeyi. Renk bilgisi ve aydınlık bilgisinin birleşiminden oluşur. Birimi nit (mum/m^2).

MİKROJET KAPLAMA: Micro-jet (Inkjet) Coating

Çözünmüş polimer(ler)in altlık üzerine, püskürtme başlıkları ile ve mürekkep püskürtmeli yazıcılarınkine benzer bir teknik kullanılarak, istenilen boyut ve biçimlerde kaplanması.

NEŞTER KAPLAMA: Doctor's Blade Coating

Sol-gel formundaki malzemenin, düz bir araç (örneğin bir neşter yada lamel) ile yayılması ile gerçekleştirilir. Sıyırma kaplama olarak da adlandırılır.

NOKTA-DİZEY: Dot-matrix

Adreslenebilir biçimde satır ve sütun olarak dizilmiş görüntüleme birimleri yada transistörlerden oluşan yüzey. Düz ekran göstergelerde yaygın olarak kullanılan bir yapıdır.

OYUK: Hole

Bir elektronun bulunması gereken ama bulunmadığı yer. Pozitif yüklü bir parçacık (yada dalga) gibi davranır. Delik olarak da adlandırılır.

ÖLÇÜMLEME: Calibration

Bir donanımın yada sürecin, güvenilir ve yinelenebilir sonuçlar elde etmek amacıyla, bilinen bir ölçüne (standart) ayarlanması, kalibrasyon.

ÖRNEKSEL: Analog(ue)

Sonsuz sayıda değeri olan, sürekli ve değişken elektriksel işaret. Bu işaretlerin kullanıldığı devrelere verilen ad.

ÖRÜNTÜ: Bkz. DESEN

PÜSKÜRTME KAPLAMA: Spray Coating

Çözünmüş polimer içeren çözgenin püskürtme yöntemi ile altlık üzerine kaplanması.

SALIM: Bkz. YAYIM

SAYISAL: Digital

Örneksel bir büyüklüğün kodlanmış durumu. Bu kodları işleyen devrelere verilen ad.

SERTEL(T)ME: Sintering, Sinterleme

Toz malzemenin, erime sıcaklığı altında bir sıcaklıkta bekletilmesi ile gerçekleştirilir. Yüksek sıcaklık nedeniyle moleküler çekim kuvvetinden doğan yüzey gerilimleri azalan parçacıklar birbiriyle kaynaşır.

SEZİCİ: Sensor

Çevresel değişimleri algılayıp tepki veren ve çoğunlukla işlenebilir elektrik işaretlerine dönüştüren, genel olarak ölçme amaçlı kullanılan birimler.

SIYIRMA KAPLAMA: Bkz. NEŞTER KAPLAMA

TEKTİP: Uniform

Diğerleri ile aynı yada benzer biçime sahip olan, tek biçimli, eş dağılımlı.

TEKDÜZELİK: Uniformity

Değişim ve dalgalanma göstermeme durumu, düzenlilik.

TEKTÜRDEŞ: (Eştürdeş) Homogeneous

Tümü benzer yada aynı birimlerden oluşan, her yeri tektip olan.

UÇUNUM: Sublimation

Bir katının doğrudan gaz formuna geçmesi, bu süreçle saflaştırma yapılması.

UYARCIK, UYARON: Exciton, Excit(ation)+-on, 1936.

Uyarılmış bir kristal (örneğin bir yarıiletken) içinde, bir elektron ve bir oyuktan oluşan devingen bileşim.

ÜFLEÇ: Fan

Genellikle soğutma amaçlı olarak kullanılan, değişik kanat biçimlerine sahip motorlu pervane.

ÜSTEDİZİM: Bkz. EPİTAKSİ

YAPIŞKAN: Bkz. KIVAMLI

YAYIM: Emission

Bir maddenin yalnızca kinetik sıcaklığı nedeniyle elektromanyetik ışıma yapması.

KAYNAKLAR

- Biasiol, G., Sorba, L.**, Molecular Beam Epitaxy: Principles and Applications, p.66-68, ETS, 2001
- Burroughes, J. H., Bradley, D. D. C.**, , Nature, 347, 539-541, 1990.
- Burrows, P. E., Forrest S. R., McCarty D. M., Sapochak L. S., Thompson M. E.**, US Patent No:5707745, Princeton University, 1998
- Cecchi, M., Smith, H., Braun, D.**, Synthetic Metals, 121, 1715-1716, 2001.
- Chin, B. D., et al**, Journal of Information Display, Vol. 4, no. 3, 2003
- Forrest, S., Burrows, P., Thompson, M.**, The Dawn of Organic Electronics, IEEE Spectrum Online, 37, 8, 2000.
- Friend, R. H., Gymer, R. W., Holmes, A. B., Burroughes, J. H., Marks, R. N., Taliani, C., Bradley, D. D. C., Dos Santos, D. A., BrØdas, J. L., Lögdlund, M., Salaneck, W. R.**, Electroluminescence In Conjugated Polymers, Nature Vol. 397, 6715 p.121, 1999.
- Huang, J., Blochwitz-Nimoth, J., Pfeiffer, M., Leo, K.** Journal of Applied Physics, Vol. 93-2, 838-844, 2003.
- Kheshgi, H. S.; Scriven, L. E.**, Dewetting: Nucleation And Growth of Dry Regions, Chemical Engineering Science, 46(2), p. 519-526, 1991.
- Karapire, C., Zafer, C., İçli, S.**, Studies on Photophysical And Electrochemical Properties of Synthesized Hydroxy Perylenediimides In Nanostructured Titania Thin Films, Synthetic Metals, 145, 51-60, 2004
- Ko, Y. W., Chung, C. H., Lee, J. H., Kim, Y. H., Sohn, C. Y., Kim, B. C., Hwang, C. S., Song, Y. H., Lim, J., Ahn, Y. J., Kang, G. W., Lee, N., Lee, C.**, Thin Solid Films, 426, 246-249, 2003.

Latta, John N., Wave Report, issue 245, 2002.

Martin, S. J., Walker, Alison B., Campbel A. J., Bradley, D. D. C.,
Electrical Transport Characteristics of Single Layer Organic
Devices from Theory and Experiment, 2003.

Keck D., Schultz P., US Patent No: 3711262, Method Of Producing
Optical Waveguide Fibers, Corning Glass Works, 1973.

Nakamura S., Patent No: JP4321280, Blue Color Light-Emitting Diode,
Nichia Chemicals, 1992.

R&D Magazine, Thin-Film Survey,. 2001.

**Sheats, J. R., Antoniadis, H., Hueschen, M., Leonard, W., Miller, J.,
Moon, R., Roitman, D., Stocking, A.**, Organic Luminescent
Devices, Science 1996, 273, 884.

Soroka, A. J.; Tallmadg, J. A., Test of Inertial Theory for Plate
Withdrawal. AICHE Journal, 17(2): p. 505, 1971.

Tang, C. W.; Van Slyke, S. A., Organic Electroluminescent Diodes,
Applied Pyhsics Letters, 51, 913-915, 1987.

**Wolk, M. B., Bellmann, E., Baetzold, J. P., Chin, B. D., Suh, M. C.,
Kim, M. H., Kang, T. M., Yang, N. C., Song, M. W., Lee, S. T.,
Kwon, J. H., and Chung, H. K.**, , Journal of Information Display,
vol.4-3, 1-5, 2003

ÖZGEÇMİŞ

23.10.1968 Ankara doğumlu İlker Ongun, temel öğretimini Ankara'da tamamladı.

1985 yılında Yenimahalle Anadolu Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi Elektronik bölümünden mezun oldu.

Aynı yıl, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik Öğretmenliği Bölümü'ne girmeye hak kazandı. Mezuniyetinin ardından 1991-1992 yıllarında Düzce Teknik ve Endüstri Meslek Lisesinde, Elektronik Bölümü öğretmeni olarak görev yaptı.

YÖK/Dünya Bankası Müfredat Geliştirme Bursu ile 1994-1995 arasında, Konuk Öğretim Görevlisi sıfatıyla bulunduğu A.B.D. Delaware Eyaletinde, Sayısal Elektronik ve Devre Analizi dersleri için müfredat oluşturdu.

1995-1996 döneminde askerlik görevini tamamladıktan sonra, Meslek Yüksekokulu Endüstriyel Elektronik Programlarında okutulan "Endüstriyel Veri İletim Teknikleri" dersinin içeriğini oluşturarak müfredatını hazırladı.

2002 güz döneminde Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü Enerji anabilim dalında yüksek lisans çalışmalarına başladı.

Halen, 1992 yılında öğretim görevlisi olarak atandığı Ege Üniversitesi Ege Meslek Yüksekokulunda çalışmalarını sürdürmektedir.