

**KORONA BOŞALMASINA MARUZ
KALAN POLİMERİK TABANLI
MALZEMELERİN YÜZEY
ÖZELLİKLERİNİN MODİFİKASYONU
İÇİN KONTROLLÜ SİSTEM TASARIMI
ÖNER SÖNMEZ
Yüksek Lisans Tezi
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği
Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Hafız ALİSOY**

2019

T.C.

TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KORONA BOŞALMASINA MARUZ

KALAN POLİMERİK TABANLI

MALZEMELERİN YÜZEY

ÖZELLİKLERİNİN

MODİFİKASYONU İÇİN

KONTROLLÜ SİSTEM TASARIMI

ÖNER SÖNMEZ

DANIŞMAN: PROF. DR. HAFIZ ALİSOY

TEKİRDAĞ-2019

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Hafız ALİSOY danışmanlığında, Öner SÖNMEZ tarafından hazırlanan “Korona Boşalmasına Maruz Kalan Polimerik Tabanlı Malzemelerin Yüzey Özelliklerinin Modifikasyonu İçin Kontrollü Sistem Tasarımı” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:

İmza:

Üye:

İmza:

Üye:

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Bahar UYMAZ

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KORONA BOŞALMASINA MARUZ KALAN POLİMERİK TABANLI
MALZEMELERİN YÜZEY MODİFİKASYONU İÇİN KONTROLLÜ SİSTEM TASARIMI

Öner SÖNMEZ

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hafız ALİSOY

Polimerik tabanlı malzemeler günümüzde kaplama, otomotiv endüstrisi, yalıtım ve tıp gibi hemen hemen her yerde kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra elektronik alanında da yalıtım, kaplama ve dielektrik malzemesi olarak da kullanılmaktadır. Yapısı sayesinde yalıtım için kullanılan yerlerde maruz kaldığı elektriksel alanlarda delinme katsayısının yüksek olmasından dolayı akımı sınırlayarak akımın iletkenler boyunca ilerlemesini sağlamaktadır. Kullanım alanın çok geniş olmasından dolayı polimerik malzemelerin yüzey özellikleri oldukça önem arz etmektedir. Çoğu durumlarda da yüzey özelliklerinin çeşitli yöntemlerle modifikasyon işlemine tabi tutulmaları ya da yüzey özelliklerinin incelenmesi gerekmektedir. Günümüzde kimyasal, fiziksel ve fizikokimyasal yöntemler mevcuttur. Kimyasal yöntemlerle yapılan modifikasyon işlemi sonrası istenmeyen kalıntıların oluşması modifikasyon kalitesini düşürdüğü için fiziksel modifikasyon yöntemine yönelim giderek artmaktadır. Elektrik boşalmasının bir türü olan korona deşarjı ile modifikasyon da fiziksel bir modifikasyon türüdür. Yapmış olduğumuz bu çalışmada, görüntü işleme tekniğiyle temas açısı ölçümü yapılarak polimer tabanlı malzemelerin yüzey özelliklerinin incelenebildiği ve korona boşalmasıyla yüzey özelliklerinin modifikasyon işlemine tabi tutulduğu otomatik kontrollü bir sistem tasarlanması amaçlanmıştır. Sistemin otomatik kontrollü olması hem hızlı sonuçlar alabilmek hem de insan faktörüyle meydana gelebilecek ölçüm ve deney hatalarını en aza indirebilmek için önemlidir. Literatürde yapılmış olan ölçüm, inceleme ve modifikasyon çalışmalarından farklı olarak bu sistem otomatik kontrollü olmasından dolayı bir ilktir. Tasarlanan sistem ile deneysel çalışmalar yapılmış ve iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Korona Boşalması, Polimerik Tabanlı Malzemeler, Yüzey Özelliklerinin Modifikasyonu, Kontrollü Sistem Tasarımı

2019, 81 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

**CONTROLLED SYSTEM DESIGN FOR MODIFICATION OF THE SURFACE
PROPERTIES OF MATERIALS WITH POLIMERIC BASED EXPOSED TO CORONA
DISCHARGE**

Öner SÖNMEZ

Tekirdag Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electronics and Communications Engineering

Supervisor : Prof. Dr. Hafız ALİSOY

Polymeric-based systems are nowadays in the coating, automotive industry, almost everywhere. In addition to this, the concept of electronics in the field, coating and dielectric material is here as well. In order to clean the structure, the electrical connections to which it is connected to the device take its current along the conductors away from the high limit of the puncture coefficient. The surface properties of the polymeric materials were very important before the usage area was very large. Modification of surface properties by a variety of methods or clarification of surface properties. Today, chemical, physical and physicochemical techniques are available. After the modification process with chemical methods, the formation of voluntary dependents decreases by adjusting the modification, and therefore, it is oriented towards the physical modification method. Corona discharge, a type of electrical discharge, is a physical change in the modification. This room is connected to the image processing technique, in this system it is intended that an automated system designed to modify the properties and properties of the polymerization structures and to modify the surface properties by corona discharge. The automatic cleaning of the system can take both quick results and the formation of the human factor, so that it can be tested, tested and minimized. Unlike the measurement, inspection and modification studies conducted in the literature, this system is a first if it is automatically adjusted. Denyel planning and good results were obtained with the designed system.

Keywords: Corona Discharge, Materials With Polymeric Based, Modification Of The Surface Properties, Controlled System Design

2019, 81 pages

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGE DİZİNİ	vi
ŞEKİL DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ÖNSÖZ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL BİLGİLER	4
2.1. Polimerler	4
2.1.1. PVDF (Polivinildenflorit)	7
2.1.2. PE (Polietilen)	8
2.1.3. PVC (Polivinilklorür).....	9
2.1.4. PET (Polietilentereftalat)	10
2.1.5. PS (Poliester).....	11
2.2. Polimerlerin Elektrik Dayanımı	11
2.3. Polimerlerin Contactangle (Temas Açısı) Değerleri	12
2.4. Temas Açısının Ölçülmesi	13
2.5. Polimerlerin Kimyasal Yapısı	15
2.5.1. Polimer çeşitleri	15
2.5.2. Polimerlerin nerelerde kullanıldığı	16
2.5.3. Polimerlerin adhezyon ve kohezyon özellikleri.....	20
2.5.4. Adhezyon ve kohezyon özelliklerinin elektronikteki önemi	21
2.6. Elektrik Gaz Boşalması (Discharge)	23

2.6.1. Elektrik boşalmasının oluşumu ve gelişimi	24
2.6.2. Kendi kendini besleyen boşalma.....	24
2.6.3. Boşalma Türleri.....	24
2.6.4. Korona boşalması.....	27
2.6.5. Korona boşalmasının teorik temelleri.	29
2.6.6. Elektrod türleri	31
2.6.7. Atmosferik koşullarda DC korona boşalması	31
2.6.8. Atmosferik koşullarda AC korona boşalması	32
2.7. Yüzey Modifikasyonu	33
2.7.1. AC ve DC korona boşalması etkisiyle polimerik tabanlı malzemelerin yüzey özelliklerinin incelenmesi.....	34
2.8. SEM Görüntüsü ve FTIR Taraması.....	34
2.8.1. FTIR taraması.....	38
2.8.2. Bilgisayarda görüntü işleme.....	39
2.8.3. Görüntü işleme türleri	39
2.8.4. Görüntü işleme uygulamaları.....	40
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	42
3.1. Materyaller	42
3.1.1. Uygulama sehpası	43
3.1.2. Rotasyonel hareket eden alt elektrod sistemi	43
3.1.3. Enjektör sistemi.....	44
3.1.4. Robotik kol sistemi	44
3.1.5. Kamera Düzenegi ve temas açısı belirleme	45
3.2. Yöntem	46
3.2.1. Rotasyonel hareket eden alt elektrod sistemini çalışması	48
3.2.2. Robot kol sisteminin çalışması	48
3.2.3. Enjektör sisteminin çalışması.....	49

3.2.4. Kameranın çalışması ve temas açısı belirlenmesi	50
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	52
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	58
6. KAYNAKÇA	59
EK 1 ROBOTİK KOL GÖRÜNTÜSÜ	64
EK 2 KORONA ESANINDA OSİLASKOP İLE VERİ ÖLÇÜMÜ GÖRÜNTÜSÜ.....	65
EK 3 KORONA ESNASINDA VOLTAJ ÖLÇÜMÜ GÖRÜNTÜSÜ	66
EK 4 KORONA DEŞARJI GÖRÜNTÜSÜ	67
EK 5 PI MALZEMEDE KORONA DEŞARJI GÖRÜNTÜSÜ	68
EK 6 PET MALZEMEDE KORONA DEŞARJI GÖRÜNTÜSÜ.....	69
EK 7 PET Malzemenin Korona Boşalması Esnasındaki Osilaskop Ölçümü Görüntüsü	70
EK 8 PI Malzemenin Korona Boşalması Esnasındaki Osilaskop Ölçümü Görüntüsü.....	71
EK 9 PI Malzemenin Korona Boşalması Esnasındaki Osilaskop Ölçümü Görüntüsü.....	72
EK 10 YAZILIM KODLARI.....	73
ÖZGEÇMİŞ	81

ÇİZELGE DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Bazı Polimerlerin Yapısal Biçimleri	15
Çizelge 2.2. Polimer Çeşitleri (Tager 1978).....	16
Çizelge 4.1. Hava ortamında çubuk-düzlem elektrot sistemine uygulanan farklı gerilim değerlerinde gerçekleştirilen korona boşalma etkisine maruz bırakılmış PET polimer dielektriğinin yüzey ıslatma açısının boşalma etki süresine göre değişimi.....	53
Çizelge 4.2. Hava ortamında çubuk-düzlem elektrot sistemine uygulanan farklı gerilim değerlerinde ve farklı elektrotlar arası açıklık değerlerinde gerçekleştirilen korona boşalma etkisine maruz bırakılmış PET polimer dielektriğinin yüzey ıslatma açısının boşalma etki süresine göre değişimi.....	54

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Bazı Polimerlerin zincir yapıları ve Mer üniteleri.....	5
Şekil 2.2. Polimerizasyon tepkimesi	6
Şekil 2.3. Mühendislik plastikleri.....	7
Şekil 2.4. Etilen monomerinin şematik gösterilişi.....	9
Şekil 2.5. Etilen monomeri ve polietilenin şematik gösterimi	9
Şekil 2.6. Polietilenden imal edilmiş ürünler (Budinski 2004)	9
Şekil 2.7. Poliester kimyasal bağ.....	11
Şekil 2.8. Farklı yüzeylerdeki sıvı temas açıları.....	13
Şekil 2.9. Temas açısının (θ_c) bulunması.....	14
Şekil 2.10. Temas açısı ölçümü yapılan damla görüntüsü	14
Şekil 2.11. Fotokopi makinesinin görüntü tamburu (Anonim 2016)	18
Şekil 2.12. Fiber optik kablo örneği (Anonim 2018a).....	19
Şekil 2.13. Prototip OLED aydınlatma panelleri (Anonim 2018).....	20
Şekil 2.14. Esnek bir OLED cihazının gösterimi (Anonim 2018).....	20
Şekil 2.15. Korona boşalması (Wu ve Arkadaşları 2012)	25
Şekil 2.16. Fırça boşalması (Wu ve Arkadaşları 2012).....	26
Şekil 2.17. Kıvılcım atması (Wu ve Arkadaşları 2012)	27
Şekil 2.18. Korona boşalması örneği (Anonim 2019).....	28
Şekil 2.19. Tespit sınırlarını gösteren iki nokta (Atkinson ve Arkadaşları 2003).....	35
Şekil 2.20. Nano fiberlerin optik mikroskop görüntüsü (Goel 2003).....	36
Şekil 2.21. Aynı nanoliflerin 4000x büyütmede SEM görüntüsü (Goel 2003).....	36
Şekil 2.22. X-ışını, MRI ve Bilgisayar Destekli Tomografinin (BT) Temsili Görüntüsü (Goel 2003).....	41
Şekil 3.1. Otomatik kontrollü sistem prototipi	42
Şekil 3.2 Alt elektrot sistemi elektronik devre şeması	44
Şekil 3.3. Enjektör sistemi elektronik devre şeması.....	44
Şekil 3.4. Robotik kol sistemi elektronik devre şeması.....	45
Şekil 3.5. Kamera ve temas açısı ölçüm devresi	45
Şekil 3.6. Sistemlerin genel çalışma algoritması.....	47

Şekil 3.7. Robot kol sistemi algoritması.....	49
Şekil 3.8. Enjektör sistemi algoritması.....	50
Şekil 3.9. Kamera ve temas açısı ölçümü algoritması.....	51
Şekil 4.1. Elektrik besleme ve gerilim bölücü devresi	52
Şekil 4.2. Korona boşalması öncesi PET malzemesinin SEM görüntüsü	55
Şekil 4.3. Korona boşalmasına maruz bırakılmış PET malzemesinin SEM görüntüsü	56
Şekil 4.4. Korona boşalması öncesi PET malzemesinin FTIR spektrumu.....	57
Şekil 4.5. Korona boşalmasına maruz bırakılmış PET malzemesinin FTIR spektrumu	57

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	:	Akım şiddeti (Amper)
AC	:	Alternatif akım
A/D	:	Analog/Dijital
BeN	:	Enjektör butonu ileri
BeN	:	Enjektör butonu geri
Br	:	Rotasyon butonu
BrbtL	:	Robot sola hareket butonu
BrbtR	:	Robot sağa hareket butonu
BT	:	Bilgisayar destekli tomografi
DC	:	Doğru akım
C	:	Kondansatör
CCD	:	Yüklenme iliştirilmiş araç (charged-coupled device)
cm	:	Santimetre
CNC	:	Bilgisayar sayımlı yönetim
CVD	:	Kimyasal buhar biriktirme
DMSO	:	Dimetalsülfoksitin
EPDM	:	Etilen propilen dien monomer
FTIR	:	Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi
Hz	:	Hertz
IR	:	Kızılötesi
k	:	Boltzmann sabiti
LCD	:	Likit kristal ekran
LB	:	Langmuir-Blodgett
SEM	:	Taramalı elektron mikroskobu
Me	:	Enjektör motoru
mJ	:	Mili joule
mm	:	Milimetre
mmHg	:	Milimetre cıva
MPM	:	Metal polimer metal
MRG	:	Manyetik rezonans görüntüleme
Mr	:	Rotasyon motoru
Mrbt	:	Robot motoru
MRI	:	Manyetik rezonans görüntüleme
NO	:	Nitrojen oksit
NO ₂	:	Nitrik asit
nF	:	Nanofarad
nm	:	Nanometre
OLED	:	Organik ışık yayan diyot
O ₃	:	Ozon
P	:	Gaz basıncı

PC	:	Bilgisayar
PCB	:	Baskı devre kartı
PE	:	Polietilen
PET	:	Polietilentereftalat
PS	:	Poliester
PTFE	:	Politetrafloroetilen
PVD	:	Plazma buhar brikirme
PVDF	:	Polivinildenflorit
PVC	:	Polivinilklorür
R	:	Direnç
s	:	Saniye
S	:	Anahtar (Switch)
SAMs	:	Kendinden montajlı tek tabakalar
SD	:	Hafıza kartı
SIR	:	Silikon kauçuğu
SMP	:	Şekil hafızalı polimer
T	:	Mutlak sıcaklık
TV	:	Televizyon
UV	:	Ultraviyole
V	:	Gerilim (Volt)
W	:	Güç (Watt)
Ω	:	Direnç (Ohm)
ω	:	Açısal Hız
λ	:	Lambda

ÖNSÖZ

Polimerler çok geniş kullanım spektrumuna sahiptir. Fakat bunların özellikleri istek doğrultusunda değiştirilebilir. Yani modifiye edilir. Modifikasyon işlemi günümüzde birçok alanda kullanılmaktadır. Bazı maddelere çeşitli antimikrobiyal özellik kazandırmak için, paketlenme işlerinde, kaplama işlerinde, elektronikte vb. yüzey özelliklerinin önemli olduğu her yerde modifikasyon işlemi son derece gereklilik arz etmektedir.

Modifikasyonda çeşitli fiziksel, kimyasal ya da fizikokimyasal yöntemler kullanılır. Kimyasal yöntemlerle modifikasyona tabi tutulmuş malzemelerde istenmeyen sonuçların yüksek olması, fiziksel yöntemlere yönelimi arttırmaktadır. Fiziksel yöntemin kimyasal yöntemden en büyük avantajı, kimyasal yöntemlerde katalizör olarak kullanılan malzemeler daha sonra kalıntı olarak olumsuz etki bırakacak şekilde karşılaşılmaktadır. Bu da dayanıklılık, distorsiyon, pürüzsüzlük, parazit, gürültü vb. gibi olumsuz sonuçlara sebebiyet vermektedir. Bunun dışında kimyasal açıdan daha nasıl bir olumsuz sonuç vereceği belirsiz olan başka nedenlere de sebebiyet verebilmektedir. Fiziksel yöntemler de tahrip edici olan ve tahrip edici olmayan olarak ikiye ayrılır. Korona boşalması ile yüzey modifikasyonu yöntemi, tahrip edici olmayan ve yüzey modifikasyonunu başarılı bir şekilde gerçekleştirmeye olanak sağlayan fiziksel bir modifikasyon yöntemidir.

Modifikasyonun bu kadar önemli olan probleminin çözümüne katkı sağlamak için daha hızlı sonuçların alınabileceği ve insan faktörüyle meydana gelen hata oranının en aza indirilebileceği bir otomasyon sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tez çalışmasında yüzey modifikasyonunun belirlenmesi için bir otomatik kontrol sistemi tasarlanmış, prototipi hazırlanmış ve verifikasyonu sağlanmıştır. Tasarladığımız sistemde fiziksel bir yöntem olan korona boşalması etkisiyle deneysel çalışmalar yapılmış ve sonuçları yorumlanmıştır.

Tez çalışmasının hazırlanması için yoğun çalışma programına rağmen eksiksiz ve gönülden bilgi ve tecrübelerini bana sunan çok değerli danışman hocam bölüm başkanımız sayın Prof. Dr. Hafız ALİSOY'a, eğitim hayatım boyunca beni yetiştiren tüm öğretmenlerime, deneysel çalışma düzeneğinin hazırlanması sürecinde teknik destek veren değerli dostum iş adamı Özgür ALBAYRAK'a, süreç boyunca manevi desteğinden istifade ettiğim sevgili eşime ve oyun zamanlarından ödün vererek bana çalışma fırsatı veren sevgili kızımın teşekkür ediyorum.

Mayıs, 2019

Öner SÖNMEZ

1. GİRİŞ

Polimerler iri moleküllü organik materyallerdir. Bazı maddelerin (polimerlerin) moleküllerinin, geleneksel kimyasal maddelerin moleküllerinden çok büyük olabileceğine yönelik ilk görüş 1920’de Staudinger tarafından ortaya atılmıştır. Staudinger’in bu önerisi 10 yıl sonra 1930’da kabul edilmiş ve polimer kelimesi de 1930’lardan sonra bilimsel alanda kullanılmaya başlanmıştır. Polimer kimyası ve polimer teknolojisi bilimleri zaman içerisinde hızla gelişerek ayrı ve önemli birer bilim dalı haline gelmiştir.

Polimer kimyasındaki gelişmelere bağlı olarak farklı yapı ve özelliklerde polimerler sentezlenmiş ve bu polimerlerden yapılan ürünler hızla; metal ve seramik türü malzemelerin yerlerini almışlardır. Dünya toplam plastik tüketimi 1980’ li yılların başında, dünya toplam çelik tüketimini geçmiştir.

Polimerlerden yapılmış farklı özelliklere sahip ürünler değişik alanlarda kullanılabilir ve insan yaşamını önemli oranda kolaylaştırabilir niteliktedir. Modern dünyanın vazgeçilmez malzemeleri haline gelen polimerlerin, insanların yaşamlarını kolaylaştırıcı etkileri günümüzde de hızla sürmektedir. Örneğin, Kevlar ve Nomex gibi aramitlerden kurşun geçirmez yelekler yapılmakta, optik özellikleri camdan iyi olan polimetilmetakrilattan yeterli ışık geçirgenliğine sahip 33 cm kalınlığına kadar levhalar hazırlanabilmektedir. Polimerik kompozitler son yıllarda önemi artan bir başka malzeme grubudur. Polimerlerden üretilen kompozitler (özellikle lif takviyeli) uzay, havacılık, askeri vb. alanlarda çelik, titanium gibi metallerin yerlerini almaktadır (Wu ve Arkadaşları 2012, Holtzhausen ve Pieterse 2010).

Bu tez çalışmasının amacı, elektriksel gaz boşalmalarının gerçekleşme mekanizmalarının incelenmesi değişik teknik problemlerin (organik tabanlı elektronik devre elemanlarının üretiminde, iyon-elektron teknolojisinde, biyomedikalde) çözümüne yönelik pratik ilgiyi her geçen gün artırmakta olup bu konunun günümüz koşullarında güncel bir konu haline gelmesine olanak sağlamaktadır. Dolayısıyla, AC ve DC korona boşalmalarının etkisiyle polimerik tabanlı malzemelerde oluşan değişimlerin, onların yüzey özelliklerini nasıl etkilediğini belirlemek tekniğin değişik alanları için son derece güncel bir problem oluşturmaktadır.

Elektrik boşalmasının oluşumu ve gelişiminin fiziksel temellerini oluşturan olayların incelenmesi özellikle tekniğin iki alanı için önem taşımaktadır (Kim ve Arkadaşları 2000, Shastry ve Arkadaşları 2006, Eddington ve Arkadaşları, 2006). Bunlar sırasıyla:

Gazların yaygın ve perspektif izolasyon elemanı gibi kullanıldığı yüksek gerilim tekniği; Kuvvetli Elektriksel alan ve boşalma olayının ağırlıklı olarak farklı teknolojik proseslere, özellikle yüzey modifikasyonu işlemlerine uygulanmasıdır. Elektrik boşalmalarındaki fiziksel olayların incelenmesinin temel amacını, boşalmanın parametrelerini ve biçimlerini belirleyen faktörlerin açıklanması ve analizi oluşturur.

Korona boşalmasının uzaysal homojen ve stasyoner olarak gerçekleşmesini sağlayan koşulların belirlenmesi, elektronik mühendisliğinde son derece pratik öneme sahip problemler arasında yer almaktadır. Fakat boşalma akımının büyük değerlerinde elektrotlar arasında gerçekleşen boşalma, oluşan kararsızlıklar nedeniyle homojenliğini ve stasyonerliğini kısmen veya tamamen kaybeder. Korona boşalmasının kararsızlığına yönelik çok sayıda çalışmanın olmasına rağmen kararsızlığın gelişme sebepleri ve bu sebeplerin yol açacağı muhtemel sonuçları açıklığa kavuşturacak bilgiler yetersizdir.

Elektrik boşalmasının kararsızlığına duyulan pratik ilginin temel sebeplerinden biri, bu boşalma türünün infrared (IR) görüntüleri, görünür görüntülere dönüştüren yüksek hızlı transdüserlerde kullanılmasıdır. Bu tür transdüserler, $\lambda=(1-10)$ μm dalga boyu aralığında yüksek işleme hızına ($\sim 10^{-6}$ sn) sahiptir. Bu aygıtın temelini yarı iletken levha ve boşalma aralığından oluşan ince düzlemsel sistem oluşturur.

Çubuk-Düzlem elektrot sisteminde elektrot yüzeyi boyunca oluşan akım osilasyonları, elektrik boşalmasının kararsızlığının bir sonucudur (Alisoy 1995).

Korona boşalmasının akım-gerilim karakteristiğinin azalan karaktere sahip olması, osilasyonların oluşumunun bir göstergesidir. Negatif diferansiyel direnç, akım-gerilim karakteristiğinin negatif eğim ölçüsüdür. Bu durumda yüklü parçacıkların elektriksel alanda hareketi dolayısıyla oluşan elektriksel direnç pozitif olup, gaz ortamında bulunan nötr durumdaki parçacıkların sürtünme kuvvetiyle doğru orantılı olarak değişir. Tezin temel problemlerinden biri de atmosferik koşullarda gerçekleşen DC ve AC korona boşalmasının diferansiyel iletkenliğinin incelenmesidir.

Metal-Polimer-Metal (MPM) sistemlerinde gerekleŒen akım kararsızlıklarının analizi ve modellenmesi, tezin temel amacını oluŒturmaktadır. Bu amaca varmak iin aŒağıdaki problemlerin özölmesi öngörölmektedir.

1. DC ve AC Korona boŒalmasının Akım-Gerilim ve ateŒleme karakteristiklerine, akım osilasyonlarına, boŒalmanın uzaysal kararsızlıklarına ve modellenmesine iliŒkin literatür özetlerinin incelenmesi.
2. Atmosferik koŒullarda DC ve AC Korona BoŒalmasının Akım-Gerilim karakteristiğinin deneysel, analitik ve nümerik yöntemlerle hesaplanması.
3. DC ve AC Korona boŒalmasını sağlayan kontrollü otomatik bir deney hücresinin tasarlanması ve optimal rejimlerin belirlenmesi
4. Yüzey özelliklerin DC ve AC Korona boŒalması etkisiyle modifikasyonu iin belirlenmiŒ optimal rejimler iin SEM görüntülerinin belirlenmesi

Belirlenen problemlerin özümü iin farklı konfigürasyona sahip elektrot sisteminde gerekleŒen, korona boŒalmasını sağlayan, kontrollü otomatik bir deney hücresinin tasarlanması ve optimal rejimlerin belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca Akım-Gerilim karakteristiklerinin belirlenmesi iin gerekli ölçüm ve kontrol devrelerinin hazırlanması ve verilerin dijital ortama aktarılması iin gerekli olan donanımın sağlanması öngörölmektedir.

2. KURAMSAL BİLGİLER

2.1. Polimerler

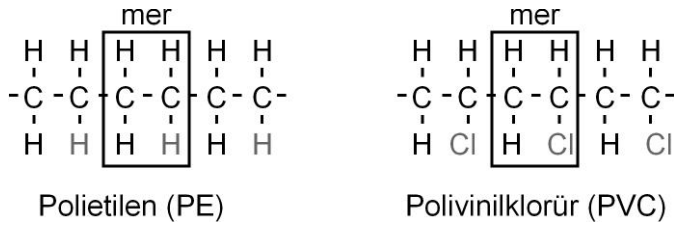
Polimerler, tekrarlanan yapısal kümelerin kovalent bağlarla bağlanması sonucu oluşturulan yüksek molekül ağırlıklı bileşikler şeklinde tanımlanmaktadır. Polimerler, içerdiği polimer zincirlerinde, birbirlerine kovalent bağlarla bağlı binlerce küçük molekül bulundurmaktadır. Polimer ismi eski Yunancadan gelmektedir ve "poli + meros (çok + parçalı)" şeklinde ayrıştırılmaktadır. Monomerler ise polimeri meydana getiren küçük moleküllerin her biri şeklinde tanımlanabilmektedir. Bu ifadeden yola çıkarak "Polimerler çok fazla küçük molekülün birleşmesiyle oluşan makromoleküller." şeklinde tanımlanabilir. Polimerleri farklı şekilde tanımlamak istersek şöyle bir tanım yapabiliriz; çok fazla monomerin kimyasal bağların düzenli şekilde bağlanmasıyla meydana gelen bileşikler. Herhangi bir polimer binlerce monomeri zincirinde bulundurmaktadır. İşte bu polimer zincirinde binlerce kez tekrarlanan bu birimlere "mer" adı verilir. Mer ve monomer terimleri eş anlamlıdır ve birbirlerinin yerlerine kullanılabilir. En çok bilinen monomerlere örnek sayılabilecek olanlar; etilen, izobütlen, kaprolaktam, vinil klorür, stirendir. Saydığımız monomerlerin çok fazlasının birleşmesiyle oluşan polimerler; polivinilklorür, polietilen, polistren şeklinde isimlendirilmektedir (Tager 1978, Rubinstein ve Colby 2003, Groover 2007, Saçak 2008).

Polimerlerin çok fazla tercih edilmelerinin başlıca sebepleri modifiye edilebilmeleri ve kolay şekil alabilmeleri olarak sıralanabilir. Bu özelliklere ek olarak hangi amaçla kullanılacaksa o amaca uygun üretilebilmeleri ve üretim maliyetlerinin düşük olması da söylenebilir. Polimerler farklı tiplere sahiptir ve her tipin kendine özgü kimyasal ve fiziksel özellikleri mevcuttur. Bazıları iletken olma özelliğine sahipken, bazıları ise elektriksel yalıtım özelliğine sahiptir. Bazıları termal ve mekanik özelliklere sahipken, bazıları ise optik özelliklerine sahiptir (Chanda ve Roy 2007). Bazı polimerler ise burada bahsi geçen özelliklerden birden fazlasına sahip olabilmektedirler. Bahsi geçen özelliklerinden dolayı pek çok farklı endüstriyel alanda yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu alanlar; inşaat, elektrik, otomotiv, havacılık, makine, vb. şeklinde sıralanabilir.

Polimerler, farklı işleme yöntemleri uygulanarak kullanılacak malzeme haline getirilirler. Polimerler tek başlarına başka maddeler eklenmeden işlenmezler. İşlenmeden önce ön karışım adı verilen farklı maddelerin de eklendiği karışımlar oluşturulur. Bu karışımda kullanılan maddeler; plastikleştiriciler, kaydırıcılar, renklendiriciler, güneş ışığına karşı

koruyucular şeklinde sıralanabilir. Bu karışım “kom pound” şeklinde isimlendirilmektedir. Bu hazırlanan ön karışımlar farklı üretim yöntemleri (Şişirme Kalıplama Yöntemi, Plastik Ekstrüzyon, Plastik Enjeksiyon, Isıl Şekillendirme Yöntemi vb.) kullanılarak mamul veya yarı mamul üretilir. Bahsi geçen tüm süreçlerden geçmiş ve kullanıma hazır hale getirilmiş mamul “plastik” ismiyle bilinmektedir (Savaşçı 1998).

Bir polimer zincirinde binlerce monomer veya mer bulunabilir. Fakat bir polimerin meydana gelmesi için en az iki tane merin kullanılması gerekmektedir. İki merden meydana gelen polimer zinciri en küçük polimer molekülünü meydana getirmektedir. Polimeri oluşturan ve polimer zincirinde bulunan mer sayısı polimerin fiziksel özelliklerinin farklı olmasına sebep olabilmektedir. Polimer zincirinde az sayıda merden bulunduran bir polimer başlangıçta sıvı halde olabilir fakat polimer zincirindeki mer sayısı arttığında vizkozite ve yoğunluğun artması sonucu akışkan olma özelliğini yitirebilir. Eğer polimer zincirinde yer alan mer sayısı daha fazla artarsa katı hale bile geçebilir. Şekil 2.1. de merlerin birleşimiyle oluşmuş bazı polimerlerin kimyasal yapıları görülmektedir.



Şekil 2.1. Bazı Polimerlerin zincir yapıları ve Mer üniteleri

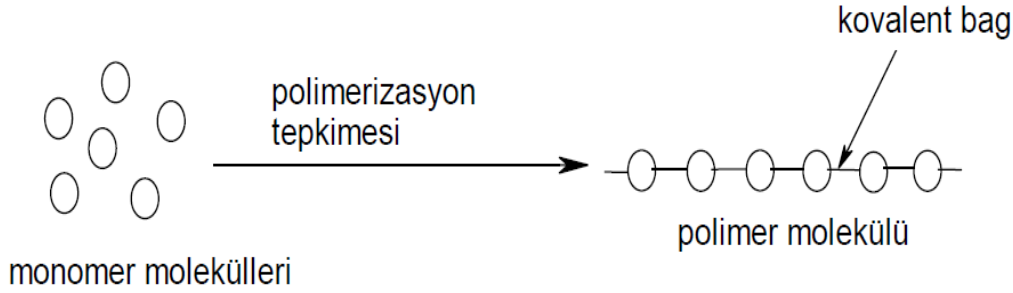
Polimerler ile alakalı diğer bir terim ise “oligomer” dir. Polimeri oluşturan ve polimer zincirinde yer alan mer sayısı az ise, bu polimer oligomer olarak ifade edilir. Tam tersi durumda farklı bir isimlendirme kullanılmaktadır. Polimer zincirinde yer alan mer sayısı çok fazla ise bu polimere verilen isim “makromolekül” dür. Polimer molekülleri, büyük molekül ağırlıklı uzun zincirler halinde moleküllerden meydana gelmişlerdir. Polimerlerin özelliklerinin polimerin yapısına etkisini anlamak ve anlamlandırmak için bazı kavramlar belirlenmiştir. Bu kavramlar; polimerleşme derecesi ve molekül ağırlığı şeklinde sıralanabilir. Polimerleşme derecesi; bir polimeri oluşturan ve polimer zincirinde yer alan hatta oluşturan monomerlerin (merlerin) sayısını ifade etmektedir. Polimerleşme derecesi ile molekül ağırlığı arasındaki bağıntı aşağıdaki gibidir (Yaşar 2001).

PD= Polimerleşme Derecesi (Degree of Polymerisation)

MA= Molekül Ağırlığı (Molecular Weight)

MA (Polimer) = (PD) x MA (Monomer)

Polimerin molekül ağırlığı, monomerin molekül ağırlığı ile polimerde yer alan monomer sayısının çarpımı sonucunda elde edilmektedir.

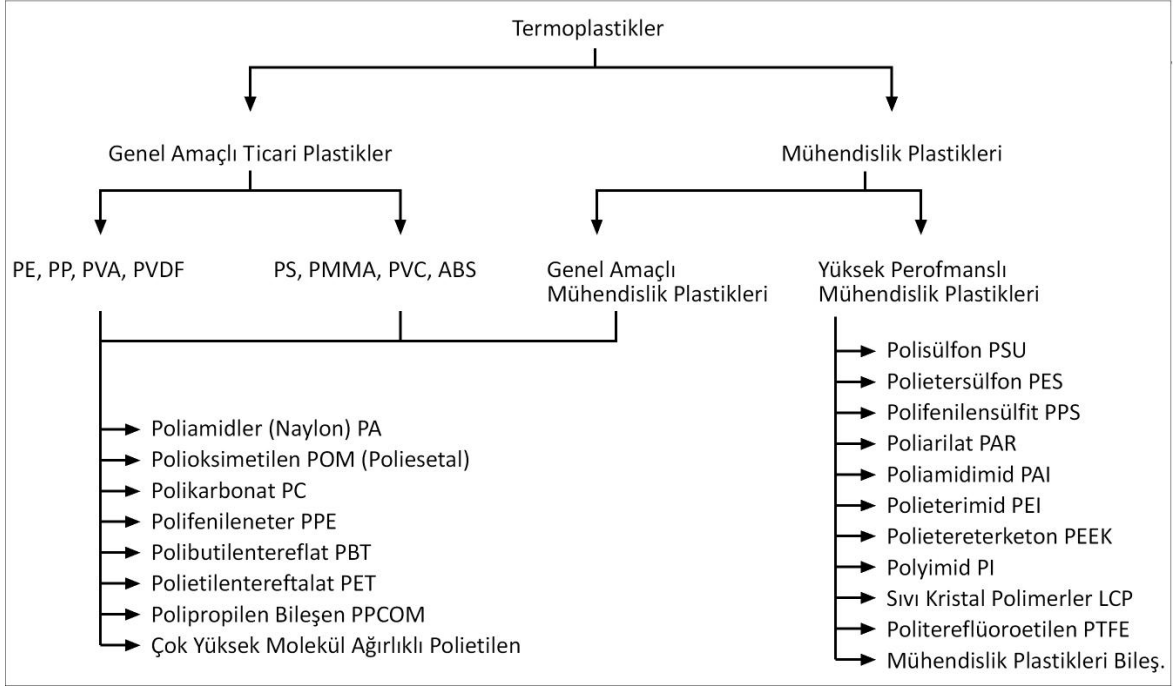


Şekil 2.2. Polimerizasyon tepkimesi

Monomer molekülleri polimerizasyon tepkimeleriyle birbirlerine bağlanarak polimer moleküllerini oluştururlar. Şekil 2.2.'de örnek bir yapı görülmektedir.

Polimer zincirlerinin hepsinin molekül ağırlığı aynı değildir. Bunun sebebi farklı şekillerde ve boylarda olmaları söylenebilir. Bu nedenle polimerlerde her bir molekülün ağırlığından ziyade ortalama molekül ağırlığı kullanılmaktadır. Polimerleşme derecesi ve molekül ağırlığı, polimerlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini etkilemektedir. Özelliklerdeki değişiklik ise polimerlerin yapısını etkilemektedir. Etilen monomeri normal şartlarda gaz halinde bulunmaktadır fakat etilen monomerinden meydana gelen polietilen, sıvı halde bulunmaktadır. Polietilen malzemesinin molekül ağırlığı arttıkça, polimerleşme derecesi de 600-1000 arasında bir değer alırsa, malzeme katı halde bulunur ve malzemedeki beklenen mekanik özelliklere ulaşmış olur (Savaşçı 1998). Şekil 2.3.'de mühendislik alanında kullanılan plastikler görülmektedir.

Mühendislik Plastikleri



Şekil 2.3. Mühendislik plastikleri

2.1.1. PVDF (Polivinildenflorit)

Polivinildenflorit (PVDF), yüksek oranda inert olan özel bir termoplastik floropolimeri türüdür. PVDF, vinildendiflorid'in polimerizasyonu sonucu oluşturulmaktadır. Poliamidlerle kıyaslandığında aşınmaya karşı direnci yüksektir ama sürtünme katsayısı düşüktür. PVDF farklı sıcaklık değerlerinde kullanılabilirler. Özellikle yangına karşı direnci çok yüksektir. Radyasyona karşı ve mor ötesi ışınlarla karşı dayanıklıdır. PVDF'nin ısıl şekillendirme kapasitesi yüksektir ve kaynak işlemi uygulanarak kolayca birleştirilebilirler.

Bu polimerin iki temel özelliği mevcuttur. Bunlar; polimer çok biçimlidir ve piezoelektrik özelliğidir. Piezoelektrik, mekanik baskıya maruz kaldığında kristallerin elektrik üretmeye başlaması olarak tanımlanabilir. Bu polimerin ikinci özelliği yükte hafif olması sebebiyle ses dönüştürücüleri için kullanılmasında en önemli etkidir. Elektronik sektöründe özellikle robot teknolojisi, sensörler ve elektrik kablo yalıtımında kullanılırlar. PVDF geri dönüştürülebilirler ve enerji geri kazanımında kullanılabilirler.

PVDF'nin temel özellikleri;

1. Standart termoplastik polimerler olarak kolay işlenme
2. Kimyasal direncinin yüksek sıcaklıklarda bile yüksek olması

3. Alev geciktirici içsel özelliğine sahip olması
4. Mükemmel UV ve radyasyon stabilitesi
5. Mikrobiyolojik tutunması çok düşüktür
6. Aşınmaya karşı direnci yüksektir

Bahsedilen özelliklerinden dolayı gerçek hayatta bahsedilecek uygulamalarda tercih edilmektedir. Bu uygulamalar; enjeksiyon kalıplama, tüplene, kaplama, kolimer proses katkıları şeklinde sıralanabilirler.

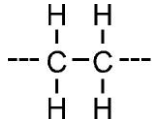
2.1.2. PE (Polietilen)

Polietilen (PE) malzemesi haberleşme ve enerji alanındaki kablolarda sıklıkla kullanılmaktadır. Kayıp faktörü ve dielektrik sabiti değerleri düşüktür. PE malzemesi bozulmadan kullanılabileceği sıcaklık aralığı -50°C ile $+250^{\circ}\text{C}$ dır. PE kablolarının avantajları ve dezavantajları mevcuttur. Avantaj olarak sayılabilecek özellikleri ağırlığının düşük olması ve büküm çaplarının küçük olmasıdır. Dezavantaj olarak sayılabilecek özellik ise kısmi boşalmalara karşı duyarlı olmasıdır (Kuntman 2005).

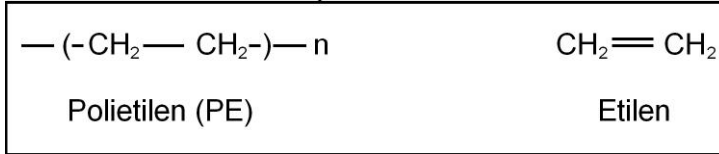
Polietilen diğer tüm polimerler gibi polimer zincirinde, binlerce küçük molekülün birbirlerine kovalent bağlarla bağlanması sonucu meydana gelmektedir ve polimer zincirlerini oluşturmaktadır (Savaşçı 1998). Etilen monomerinin (merinin) polimerizasyonu sonucunda ortaya çıkan makromoleküllü polimere “**Polietilen**” denilmektedir ve aynı zamanda homopolimerdir. İlk defa üretilen ve alçak yoğunluklu olan polietilen AYPE dir (Savaşçı 1998). Alçak yoğunluklu polietilenin II. Dünya savaşı sırasında üretimi hızlandırılmış, kalıplama, elektrik nakli, elektronik, paketleme alanlarında kullanılmıştır. İlerleyen yıllarda, yeni bir katalizör olan Ziegler-Natta etilen monomeri daha düşük basınçta polimerizasyon işlemi yapılmasına imkan sağlamış ve polimer yapısının daha düzenli hale gelmesine imkan tanımıştır. Bu sayede düz zincirli alçak yoğunluklu polietilen (LDPE) ve yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) malzemelerinin üretilmesinin yolu açılmıştır (Yaşar 2001).

Ziegler-Natta katalizöründen sonra Metalosen adlı katalizörün bulunmasıyla polietilenlerin zincir boyu kontrol edilebilir hatta istenen boylarda üretilmeye başlanmıştır. Bu sayede neredeyse birbiriyle aynı boyda zincirlerden meydana gelen polietilenler üretilmeye başlanmıştır. Metalosen katalizörü sayesinde istenen özelliklerde polimerlerin üretilmesi sağlanmıştır ve bu gelişme sayesinde üretilen polietilen üstün fiziksel özelliklere sahiptir. Düz zincirli alçak yoğunluklu polietilenler yoğunluğu $0,94\text{ gr/cm}^3$ ve düşük basınç altında üretilirler ve LLDPE ismiyle bilinirler. LDPE’ ye göre fiziksel özellikleri üstündür. LLDPE ile LDPE’

nin yoğunlukları arasında fark olmasa bile, LLDPE'nin işlenme durumu LDPE 'den farklılık göstermektedir (Yaşar 2001).

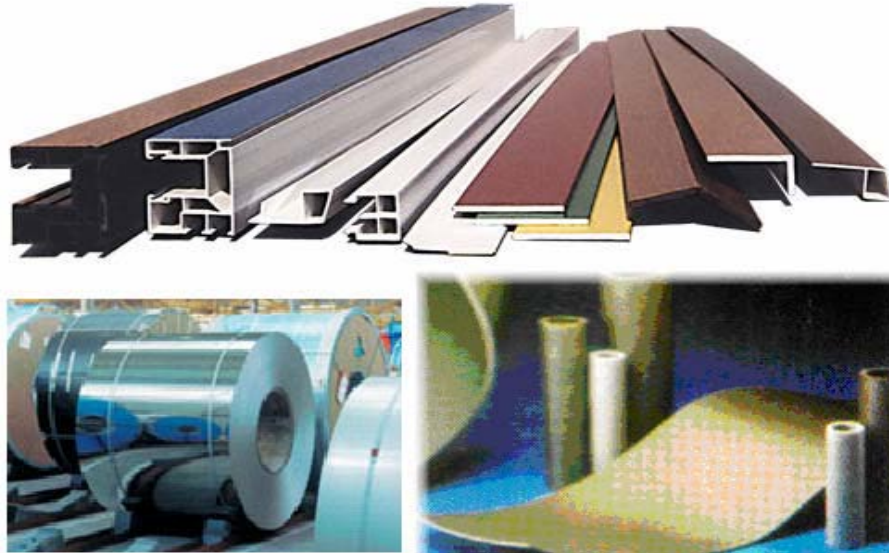


Şekil 2.4. Etilen monomerinin şematik gösterilişi



Şekil 2.5. Etilen monomeri ve polietilenin şematik gösterimi

2.5. ve 2.6.'da bağ yapıları görülmektedir. Polietilen çeşitlerinden en çok üretilen polietilenin üretilen toplam plastikler içindeki oranı %40 tır. Birçok plastik işleme yöntemiyle şekillendirilebilen polietilen, film, levha, profil v.b. ürünlerin üretiminde kullanılmaktadır (Rabilloud 2000). Şekil 2.7.'de üretilmiş bazı polietilen malzemeler görülmektedir.



Şekil 2.6. Polietilenden imal edilmiş ürünler (Budinski 2004)

2.1.3. PVC (Polivinilklorür)

Polivinilklorür (PVC) kablo imalinde çok fazla kullanılmaktadır. Bunun sebebi çevre şartlarına dirençlidir, imal süreci kolaydır ve maliyeti düşüktür. PVC'nin kullanıldığı alanlar

çok fazladır. Plastik eşyaların çoğunun yapımında, su hortumlarında ve yer döşemede kullanılan malzemelerde PVC kullanılmaktadır (Yaşar 2001).

PVC'nin özgül ağırlığı, 1.4 gr/cm^3 olarak bilinmektedir. Sert, opak, yumuşak ve saydam türleri mevcut olan PVC çoğunlukla plastikleştirici malzemelerle birleştirilerek üretilmekte ve plastik ürünler üretilmektedir. Yumuşak PVC'nin mekanik özellikleri yetersizdir ve çekme dayanımı $140\text{-}240 \text{ kgf/cm}^2$ olarak bilinmektedir. Farklı malzemelerle birlikte birleştirildiğinde katı hale getirilebilir ve çekme dayanımı $400\text{-}500 \text{ kgf/cm}^2$ seviyesine çıkarılabilir. Mekanik özellikleri yetersiz olsa da fiziksel dayanımını ve elektriksel yalıtımını yönünde üstündür. Neredeyse tüm plastikleştirme süreçlerinde kullanıma uygundur ve termoplastik özelliği göstermektedir. Kolay şekillendirilebildiği için levha, boru, film ve profil malzemelerinin üretiminde kullanılırlar (Gubanski ve Vlastos 1990).

PVC' den elde edilen plastikler yeniden şekil aldirmek için birden fazla kez ısıtılabilirler ve karakteristik özelliklerinde çok büyük farklılıklar gözlenmez. Bahsi geçen plastik malzemeler karbon atomu zincirlerinin genellikle kovalent bağla bağlanması sonucu oluşurlar. Karbon atomunun yanında oksijen, kükürt ya da azot atomları da kovalent bağla zincirde yer alabilmektedir.

PVC farklı şekiller aldirmek için 'çözücü döküm' diye adlandırılan yöntemler uygulanabilir ve bazı çözücülerde çözünebilir. Farklı ısı ve basınç uygulanarak yumuşar ve akar bunun sonucunda farklı şekilde şekillendirilebilirler.

PVC dolgu malzemesi ve kablolarda yalıtkan malzeme olarak kullanılmaktadır. PVC'nin içeriğinde %56.8 klorür mevcuttur fakat bu oran %67 üst değer limitine kadar değişebilir (Gubanski ve Vlastos 1990, Han ve Arkadaşları 2002, Kim ve Arkadaşları 1992).

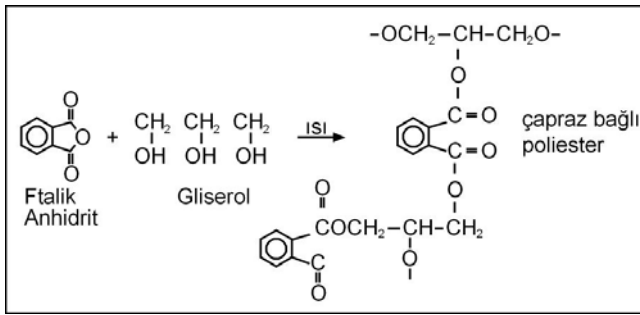
2.1.4. PET (Polietilentereftalat)

Polietilentereftalat (PET) polimeri tekstil sanayiinde kullanılan en yaygın ve en uygun poliester, polimer grubunun üyesidir. PET polimeri "poliester" terimi yerine kullanılmaktadır. Termoplastik özelliğini taşıyan bir polimer olan PET, polimerizasyon esnasında ve süreç içerisindeki başka işlemler sırasında çeşitli şekillerde bozunmalar yaşayabilir. Bozunmayı tanımlamamız gerekirse, malzemenin sahip olduğu özelliklerin daha kötü hal almasına sebep olan yapısal parçalanma veya bozulmalardır. Bozulmanın meydana gelmesi için çok zor

şartların oluşması gerekmemektedir. Kullanım, depolama veya kurutma işlemleri sırasında da bozunma gerçekleşebilir.

2.1.5. PS (Poliester)

1901 yılında poliesterler gliserol ve ftalik anhidritin bir araya getirilerek ısıtılmasıyla sentezlendi. Gliseroldeki sekonder hidroksil grupları, uç hidroksil gruplarına göre daha az aktif olduğu için ilk aşamada doğrusal polimer elde edilir. İleri ısıtma ise çapraz bağlara neden olarak termosetting polimer oluşumuna yol açar. Şekil 2.8.'d çapraz bağ görülmektedir.



Şekil 2.7. Poliester kimyasal bağ

Gazlı içecekler ve su şişeleri, yağ, şampuan ve deterjan kaplamaları gibi mamullerin üretilmesinde kullanılmaktadır.

2.2. Polimerlerin Elektrik Dayanımı

Polimerler, yüksek elektrik dayanımına sahiptir ve çoğu elektriksel uygulamalarda yalıtım malzemesi olarak kullanılır. Bununla birlikte, iletken kalitesi için gereken polimerler ve temel polimerler bu ihtiyaçları karşılamak için modifiye edilir. Böylece istenmeyen yük birikimini önlemek için yüzeylere antistatik işlemler uygulanmaktadır ve esnek ısıtma elemanları olarak karbon siyahı kompozitleri kullanılmaktadır. Karbon fiberleri içeren polimerler de düşük direnç sağlarlar ve görüntüleme işlemleri için önemlidir.

Gerçek hayat uygulamalarında elektrik dayanımı yüksek, yangın ve patlama tehlikesine sebep olmayacak şekilde tasarlanmış malzemeler kullanılmalıdır. Ancak bu gibi malzemelerin kullanılmasıyla malzemeye doğrudan veya dolaylı temas sonucu kaza oluşma riskine karşı korunmuş olurlar. Meydana gelen elektriksel kazaların çoğu elektriksel donanımdan kaynaklıdır.

2.3. Polimerlerin Contactangle (Temas Açısı) Değerleri

21. Yüzyılda, polimerlerin yalıtkan malzeme olarak elektrik iletiminde kullanılması yaygınlaşmaktadır. Transformatörlerde, alçak ve orta gerilim hatlarında polimerik yalıtkanlar yalıtım işlemini gerçekleştirmek için fazlasıyla uygulanmaktadır. Bu malzemelerin yüzey özellikleri kullanım ömürlerini tespit etmede gerekli olan bilgileri vermektedir. Yüzey özelliklerini tespit etmekte kullanılan farklı yöntemler vardır. Bunlardan bir tanesi yüzeyin su tutma (hidrofob) ve su emme (hidrofil) özellikleridir ve bunların tespit edilmesi gerekmektedir. Bu maddelerin hidrofob ya da hidrofil özelliklerini taşıdığıının tespit edilmesi için temas açısı ölçümlerinin yapılması gerekmektedir (Roero 2004, Waluyo ve Arkadaşları 2006).

Polimerik yalıtkanların enerji boşalmalarındaki davranışlarının iyileştirilmesi için su tutma davranışlarının iyileştirilmesi gerekmektedir. Alçak seviyedeki enerji boşalmalarındaki davranışlarının iyileştirilmesi için yapılan çalışmalarda polimerik malzemenin yüzeyine silikon kauçuk sürülerek malzemenin hidrofobluk özelliği artırılmıştır ancak; yüksek enerjili boşalmalarda beklenen seviyede bir iyileşme görülmemiştir (Rubinstein ve Colby 2003).

Hidrofob özelliğini tespit etmek amacıyla temas açısı için araştırmalar yapılmıştır. Bunun yanında yüksek gerilim altında kullanılmak istenen yalıtkanların üzerinde DC elektrik alan değişim oranları testi yapılmaktadır. Bu test sırasında su damlaları ortaya çıkan değişim oranları ile ilgili bilgi edinmemize yardımcı olmaktadır (Roero 2004).

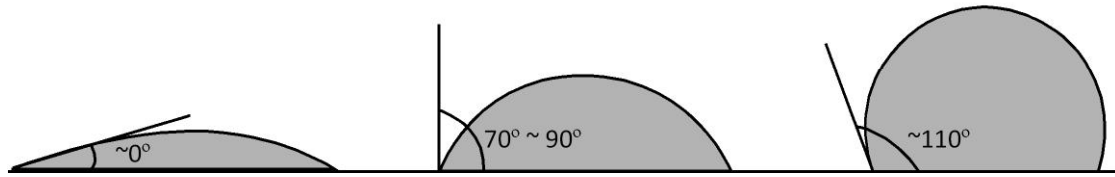
Cam yalıtkanlar ve inorganik porselenler, hidrofilik özellikleri yüzünden elektriksel performansları zayıftır. Bu malzemelerin aksine polimerik yalıtkanlar hidrofobik özellikleri sayesinde elektriksel performansı açısından iyidirler. Polimerik yalıtkan malzemelerin hidrofobik özelliklerini çeşitli nedenlerden dolayı kalıcı olmasa da geçici olarak kaybedebilmektedirler. Bu nedenler; korona boşalması, toz, kirlilik ve kuru band boşalmaları olarak sıralanabilirler. Polimer yalıtkan malzemeler hidrofobik özelliklerini ancak yüzeyinde korona boşalması sonrası tekrar elde edebilirler. Korona boşalması sonrasında elektriksel performanslarının korunmaya devam ettiği yapılan araştırmalarda söylenmektedir. (Geyter ve Arkadaşları 2006, Kwok 1997).

Katı bir yüzey ile bu katı yüzey üzerindeki sıvı damlası arasında katı, sıvı ve hava (buhar) fazlarının kesiştiği noktadan sıvı damlaya teğet olarak çizilen doğrunun eğimi "temas açısı" olarak tanımlanmaktadır (Erbil 2010). Katı ve sıvı arasında oluşan temas açısının fazla olması için sıvıyı oluşturan moleküllerin arasında oluşan çekim kuvvetlerinin (kohezyon kuvvetleri)

büyükliğünün, sıvı ve katı arasında oluşan çekim kuvvetlerinin (adezyon kuvvetleri) büyüklüğünden fazla olması gerekmektedir (Schindler ve Arkadaşları 2004). Şekil2.9.'da çeşitli açılardaki su damlalarının temas açı değerleri görülmektedir.

Temas açısı ile ilişkisine göre yüzeylere verilen isimler aşağıda belirtilmektedir (Jung ve Bhushan 2009, Nosonovsky ve Bhushan 2009).

- 0-5° arasında ise süperhidrofil
- 5-90° arasında ise hidrofil
- 90°'den büyük ise hidrofob
- Katı yüzeyde 150°'den büyük ise süperhidrofob dur.



Şekil 2.8. Farklı yüzeylerdeki sıvı temas açıları

2.4. Temas Açısının Ölçülmesi

Temas açısına etkisi olan faktörlerden en önemlileri; sıvının katı yüzeyi ıslatma hızı, sıvının sıcaklığı, sıvı viskozitesi şeklinde sıralanabilirler. Temas açısı ölçümleri, optik sistemler kullanılarak temas edilen yüzeye düşen damlaların boyutları göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmektedir. Sıvının kritik yüzey gerilimi ve ortaya çıkan temas açısı kullanılarak gonyometrik yöntemler kullanılarak malzemenin yüzey enerjisi hesaplama işlemleri yapılmaktadır (Akcalı 2012).

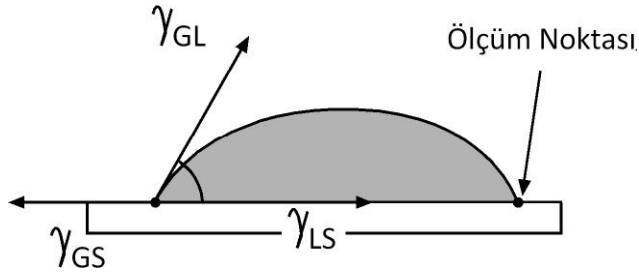
Sıvının katı yüzeye damlatılması sonucu damla tüm yüzeye yayılmaktadır. Su damlasının aldığı şekil katı malzemenin kimyasal ve fiziksel özelliklerinin durumuna göre değişir. Su damlası ilk yüzeye değdiği andan hareket ettiği ana kadar 3 fazın yüzey gerilimleri toplamı sıfıra eşittir. Yüzey gerilimi ve temas açısı arasındaki bağıntı 2.1 denkleminde verildiği gibidir.

$$\cos\theta_c = (\gamma_{GS} - \gamma_{LS})/\gamma_{GL} \quad (2.1)$$

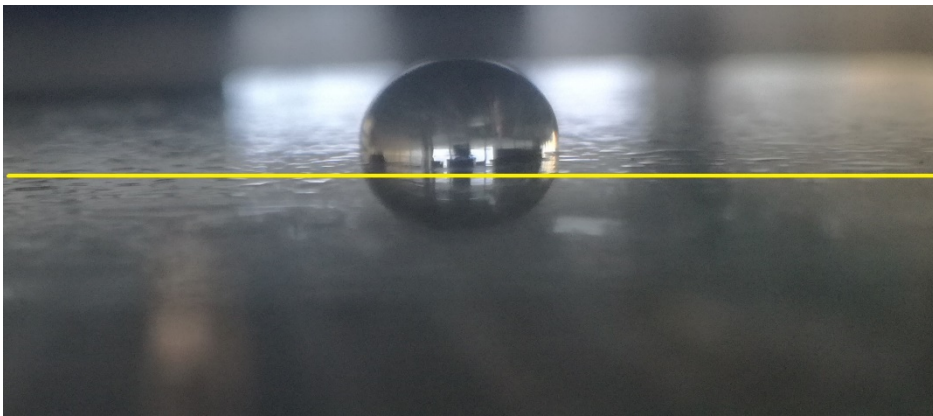
Bu denklemde, θ_c , temas açısını γ_{LS} , sıvı-katı yüzey gerilimini γ_{GL} , gaz-sıvı yüzey gerilimini ve γ_{GS} , gaz-sıvı arasındaki yüzey gerilimini ifade etmektedir. Katı yüzeyleri

karakterize etmek istersek ikiye ayırırız. Bunlar yüksek veya düşük enerjili şekilde isimlendirilirler. Yüksek enerjili yüzeylere su damlatıldığında katı malzemenin yüzeyinde düzgün olarak dağılır, ince bir film oluşturmaktadır ve temas açısı sıfıra eşittir. Katı malzemenin yüzeyi baştan sona ıslanmaktadır ve bu duruma hidrofilik denmektedir. Diğer bir katı yüzey karakteristiği olan düşük enerjili yüzeylerde su damlatıldığında damlalar ayrılırlar ve dağılırlar. Bu durumda temas açısı ($> 90^\circ$) ve bu tip katı yüzeylere hidrofobik denmektedir. Düşük enerjili yüzeylerden su damlacıkları dağıldıkları gibi tamamende yüzeyden ayrılma eğiliminde olurlar.

Deiyonize suyun açısı damlatılan polimer yüzeyin fotoğrafı CCD kamera kullanılarak çekilebilen görüntülerle hesaplanabilmektedir. Temas açısının ölçümü için kamera çıkışı bilgisayara bağlanabilir. Elde edilen görüntü incelenerek sağından ve solundan damlanın yüzeyle yaptığı temas açısı bulunur ve elde edilen değerlerin ortalaması alınabilir. Şekil 2.10 ölçüm noktası çizim olarak gösterilmiştir. Şekil 2.11. kamera ile çekilmiş görüntü işleme tabi tutulacak su damlası görüntüsüdür.



Şekil 2.9. Temas açısının (θ_c) bulunması



Şekil 2.10. Temas açısı ölçümü yapılan damla görüntüsü

2.5. Polimerlerin Kimyasal Yapısı

Çizelge 2.1. de bazı polimerlerin kimyasal yapıları görülmektedir.

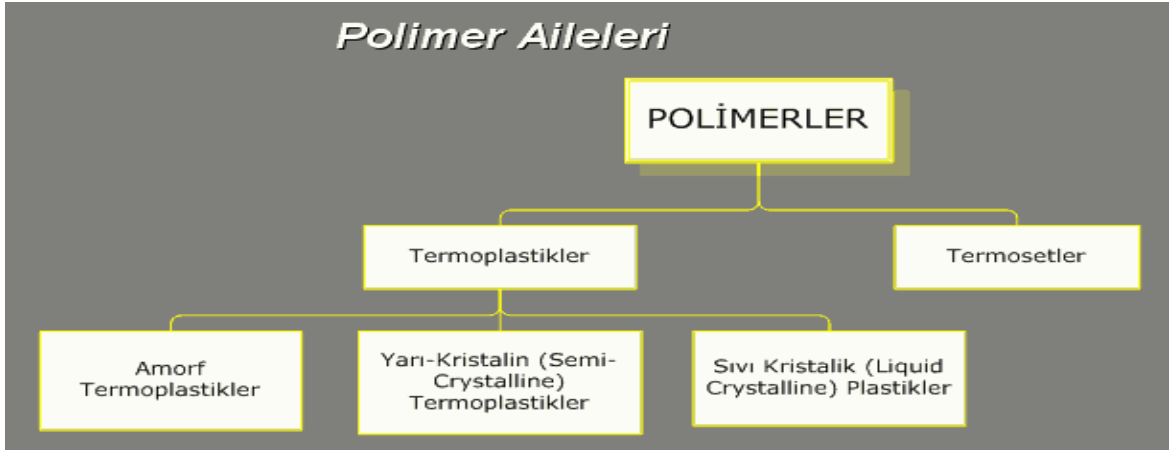
Çizelge 2.1. Bazı Polimerlerin Yapısal Biçimleri

Polimer	Kimyasal Yapı	Camsı Geçiş Sıcaklığı C°	Kırılma İndisi
PE	$\text{—CH}_2\text{—CH—}$ CH ₃	160-230	1,59
PVC	$\text{—CH}_2\text{—CH—}$ C	150-220	1,54-1,56
PVDF	$\text{—CH}_2\text{—CF}_2\text{—}$	170-180	1,42
PTFE	$\text{—CF}_2\text{—CF}_2\text{—}$	32-70	1,35-1,38
PET	$\text{—(CH}_2\text{—O—C—O—C—O—)}$ O		

2.5.1. Polimer çeşitleri

Termoplastik, termoset ve elastomer olmak üzere 3 temel polimer sınıfı vardır. Bu sınıflar arasındaki farklılaşma, uygulanan ısı altındaki davranışlarıyla tanımlanmaktadır. Termoplastik polimerler, amorf veya kristalik olabilirler. Genellikle düşük mukavemete sahiptirler. Termoset polimerleri her zaman amorfdur ve genellikle kuvvetli ve serttir, fakat genellikle kırılığandır. Elastomerler her zaman amorfdur ve cam geçişinin üstünde hizmette kullanılırlar.

Çizelge 2.2. Polimer Çeşitleri (Tager 1978)



Termoplastiklerin amorf veya kristalik yapıları vardır. Termoplastiklerde uzun zincirli moleküller, doğrusal bağlanma biçiminde bulunurlar, fakat aynı zamanda, ikincil Van Der Waals kuvvetleri (ikincil bağlar) ile birbirlerine bağlanırlar. Bu bağlanma kuvvetinin üstesinden gelmek için yeterince yüksek bir sıcaklığın olması yeterlidir ve moleküller birbirlerinin üzerinde hareket etmekte serbest hale gelirler, böylece viskoz bir sıvı oluştururlar. İkincil bağların erimesi öngörülebilir. Cam geçiş (Tg) sıcaklığı, ikincil bağların eridiği sıcaklık olarak düşünülebilir. Polimer soğutulduğunda ikincil kuvvetler bir kez daha bağlanırlar ve moleküler zincirler kısıtlı bir duruma geri döner. Bu, termoplastiklerin eritilebileceği ve kolayca geri dönüştürülebilmesini sağlayarak yeniden eritilebileceğini izah etmektedir. Çizelge 2.2. de polimer ailesi görülmektedir.

2.5.2. Polimerlerin nerelerde kullanıldığı

Polimerler elektrik ve elektronik alanlarında sıklıkla kullanılmaktadır. Kullanılma sebebi yapısı sayesinde yalıtım özelliği çok yüksek seviyede olmasından ötürü, büyük elektriksel alanlara maruz kalırken delinmeden akımı sınırlar ve akımın iletkenler boyunca ilerlemesine imkan sağlar. İlk elektrik ve elektronik teknolojilerinden yalıtkan olarak kullanılmaya başlanan polimerik malzemeler sentetik değil doğal polimer maddelerden meydana gelmiştirler. Örnek verilecek olursa, “gutta-percha” isimli kauçuk ağacından üretilen polimerin kullanılmasıyla 1860’ lı yıllarda okyanus ötesine döşenen telefon kablosunda kullanılmıştır. Doğal polimerlerden sonra sentetik polimerlerin kullanılması, uygulanmaya başlanması için yirminci yüzyıla kadar beklememiz gerekmiştir. Gelişen teknoloji sayesinde yalıtım malzemeleri çok farklı yapılar ve özelliklerde üretilip, çok farklı alanlara uygulanabilmektedir. Yeni ve gelişen teknolojiyle üretilen sentetik polimerler yalıtım

özellikleri yüksek kalitededir. (Chanda ve Roy 2007, Stone ve Arkadaşları 2004). Bunun yanında ısıya dayanıklı, kolay şekil alabilen, dayanıklı olma özelliklerine sahiptirler. Bu sentetik polimerlere örnek verilmek istenirse; polietilen, polistiren, poliimid şeklinde sıralanabilirler. Bu sentetik polimerlerden bir tanesi olan polietilen çok farklı alanlarda kullanılmaktadır. Bu uygulama alanlarından bir tanesi televizyonlarda kullanılan koaksiyal kablolarda ve radar cihazlarında çok fazla kullanılan bir dielektrik halini almıştır. İletkenlik seviyesi düşük olan poliimid (PI) ve politetrafloroetilen (PTFE) polimerler mikro elektromekanik alanlarında elektre mikrofon yapım işlemlerinde uygulanmaktadır. Performansı yüksek polimerik tabanlı ince filmler çok değişik tiplerde kondansatör üretmek için tasarlanmaktadır ve üretilmektedir (Rabilloud 2000, Malhotra 2002).

Yalıtım amacını yerine getirmek için kullanılan polimerlerin yalıtım özellik seviyeleri yeterlidir. Bunun yanında yalıtım haricinde malzemede bulunması gereken farklı özellikler de vardır ve bu özellikleri malzemede işe yarar seviyeye çıkarmak için birbirinden farklı kimyasal ve fiziksel işlemlerden geçirilmesi gerekmektedir. Örnek olarak malzeme yüksek nem veya basınçlı, güçlü güneş ışınları veya organik çözücülü ortamlarda uygulanabilirler. Bu ortamlara dayanıklı olması için ilk olarak kimyasal ve fiziksel açıdan kararlı halde bulunmalıdır ve bunun için farklı işlemler tespit edilmeli ve uygulanmalıdır (Gardner ve Arkadaşları 2001).

Polimerik malzemeler çok fazla elektriksel özellikler barındırırlar ve bu malzemeler özel elektriksel alanla ilgili yerlerde kullanılırlar. Bu uygulama alanlarında kullanılan polimerik malzemelerin tasarlanması ve üretilmesi esnasında göz önünde bulundurulması gereken elektriksel özellikler öncesinde belirlenmelidir. Belirlenmemesi durumunda üretilen polimerik malzemenin özel elektriksel alanlara uygulanma çalışmaları için satın alınması yani ticari açıdan başarılı olarak adlandırılması gerçekten zor olacaktır. Bu konuya gerçek hayattan örnek vermek gerekirse, bazen DC (doğru akım) iletim etkisini bertaraf etmek için önlemler alınması şarttır ama farklı bir uygulamada AC (alternatif akım) frekasla ilişkili polarizasyon etkisini önceden tespit edilen seviyeye düşürülmesi şarttır. Yüksek gerilim uygulamaları için karşılanması gereken başlıca özellik delinme dayanımına sahip olmasıdır. Bu gibi özelliklerin optimum şekilde karşılanması için polimerler moleküllerinin davranışı ve yapısı ile ilgili her türlü bilgiyi elde etmek gerekmektedir. Bu sebepten dolayı uzun yıllardan beri polimerik sistemlerin elektriksel davranışlarını açıklamak için çabalanmaktadır (Rianda ve Calleja 2004, Blythe ve Bloor 2005).

Polimerlerin çok farklı alanlarda kullanılmasının sebebi fiziksel yapısı genelde eriyiktir ve çözeltiler vasıtasıyla kolayca dönüştürülebilirler. Kolayca şekillendirilebilen ve üretilenebilen iletkenlik özelliğine sahip bir plastik üretilirse ticari anlamda başarı elde edecektir. Kolay şekil alabilen, hafif ve iletkenliği yüksek bir malzeme çok uzun süredir araştırılmaktadır ve metalik iletkenliği sebebiyle poliasetilen malzemesinin keşfi de bilimsel çalışmalara yeni bir yol açmıştır. Bu buluştan sonra çok farklı polimerik özelliklere sahip malzemeler üretilmiştir. İlk geliştirme çalışmaları orta seviyede iletkenlik şartını sağlayan kademeli kablo yalıtımı ve statik elektriğin boşalması gibi alanlarda yapılmıştır. Statik elektriksel yükler üretilmiş malzeme ve eşyalar için farklı problemler doğurmaktadır. Statik elektriksel yükler tozu çekmekte ve filmlerin metal yüzeye yapışmasına sebep olmaktadır. Bunun sonucunda insanlar elektrik şoku verebilmektedirler. Bu sorunu aşmak için düşük iletme sahip poliimid (PI) ve politetrafloroetilen (PTFE) polimerleri kullanılabilir ve tozların toprağa sızmasını gerçekleştirebilir. Bu sızma işlemini gerçekleştirmek için mevcut polimerlere farklı modifikasyonlar uygulanabilirler.

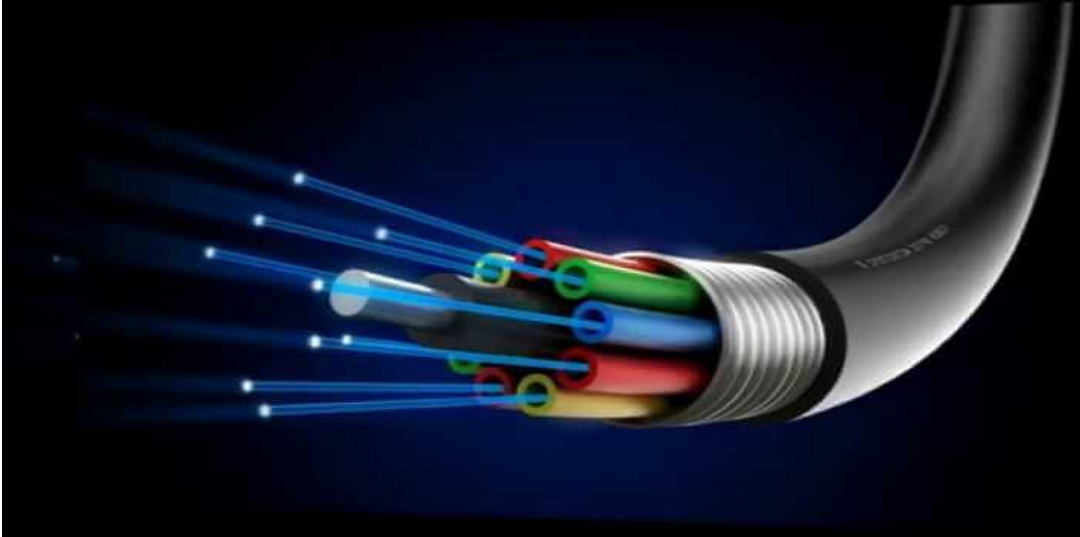
Yaygın şekilde kullanılan plastiklerin kendisinde bulunması gereken diğer karakteristik özelliklerini etkilemeden yeterli yüzey iletkenliğine ulaşması için antistatik etmenlerle gerçekleştirilen yüzey modifikasyonları uygulanmaktadır. Fakat bu çözümler genelde başarılı şekilde sürdürülmezler. Bunun sebebi kompozitlerin taşıdığı mekanik özellikleri kullanılan polimerin mekanik özellikleri ile karşılaştırıldığında daha kötü performans sergilemesi ve gerçekleştirilen yüzey modifikasyonları etkilerini kaybetmeye başlamasıdır.

Sonradan kazandırılmadan kendi yapısından dolayı yüksek iletkenliğe sahip öziletken polimerler Şekil 2.15. de bir örneği görülen fotokopi makinelerinin görüntü tamburunu deşarj etmek ve tekstil ürünlerinde antistatik kaplama işlevini gerçekleştirmek için uygulanmaktadır.



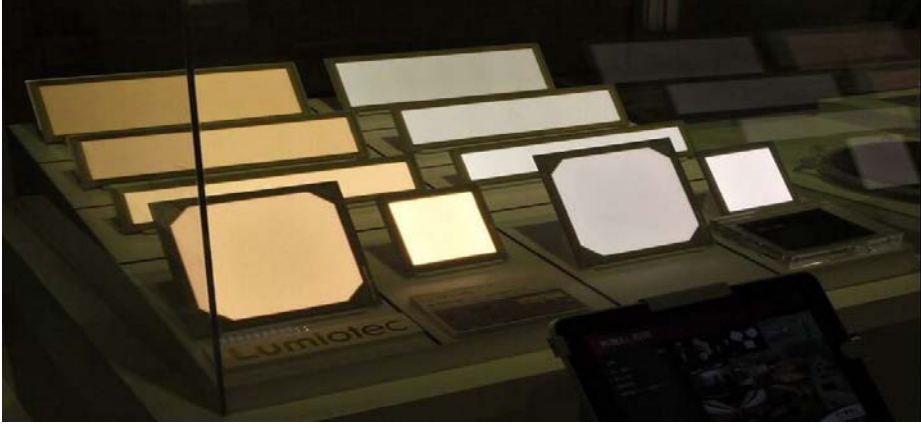
Şekil 2.11. Fotokopi makinesinin görüntü tamburu (Anonim 2016)

Elektronik alanındaki ilerlemeler iki ana konu üzerinden yürütülmektedir. Bu iki alanın ilki LED, BJT ve FET diye adlandırılan üstün mekanik dayanım ve termal kararlılığa sahip, bunların yanında iyi/performans oranı daha iyi olan malzemelerin üretilmesidir. İkincisi ise kompakt devre ve elemanların daha az yer kaplayanlarının üretilmesidir. Daha az yer kaplama meselesi üretilen teknolojik ürünlerin küçülmesi sebebiyle çok önemli hale gelmiştir. Bilgisayar donanımları, bilgi depolama, entegre devre ve sensör teknolojilerinin gelişmesiyle farklı polimerlerin elektronik alanında daha sık şekilde kullanılmasına imkan sağlamıştır. Fiber optik haberleşme veri ve ses sinyallerinin ışığa dönüştürülerek iletilmesi teknolojisidir. Polimerler fiber optik haberleşme teknolojisinde kullanılmaktadır. Şekil 2.16.'da bir örneği görülen fiber optik haberleşme teknolojisinde kullanılacak kablolar klasik bakır kablolar değildir. Onlar yerine veri iletim hızı ve yoğunluğu yüksek, geniş bant aralığı bulunan ve hafif olan fiber optik kablolar kullanılmaktadır (Rosen 1993, Ralston ve Klein 1995, Gleskova ve Wagner 2003).

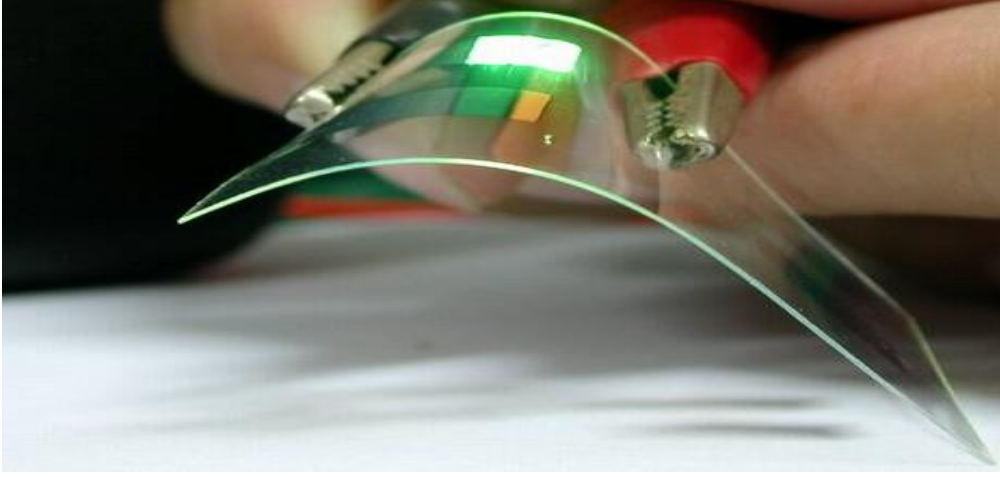


Şekil 2.12. Fiber optik kablo örneği (Anonim 2018a)

İletken polimerler de elektrokimyasal özelliklerini performansların yeterli olmasından dolayı bataryalarda elektrot olarak kullanılmaktadır. İletken polimerler hafif organik malzemelere dayanıklı elektronik alanında uygulanmaktadır. Bahsedilen çalışma alanı ile alakalı en önemli ilerleme elektrolüminasan ışık saçılımı keşfinin ve uygulamasının yarıiletken polimerler sayesinde gerçekleştirilmesidir. Bu keşiften sonra uygulamaya kazandırılan ürün prototip olarak üretilen görüntüleme aygıtlarıdır. Polimerik elektrolüminasan ekranlar, OLED TV'ler şimdilerde kullandığımız plazma ve LCD gibi teknolojik gelişmelere rakip olmaktadır (Rabilloud ve 2000, Hwang ve Arkadaşları 2004). Şekil 2.171 ve 2.18.'de OLED örnekleri görülmektedir.



Şekil 2.13. Prototip OLED aydınlatma panelleri (Anonim 2018)



Şekil 2.14. Esnek bir OLED cihazının gösterimi (Anonim 2018)

2.5.3. Polimerlerin adhezyon ve kohezyon özellikleri

Adhezyon farklı türdeki (katı-sıvı) moleküllerin birbirini çekmesidir. Bir maddenin başka türdeki bir maddeye yapışmasıdır, bu sebeple yapışma da denmektedir. Kohezyon ise aynı türdeki moleküllerin birbirini çekmesidir, bir maddenin kendi kendine yapışması kendini tutmasıdır, bu nedenle birbirini tutma da denmektedir. Yağmur yağdıktan sonra yağmur damlalarının cama yapışması adhezyona örnek olarak verilebilir. Su damlasının bir arada durması veya civa damlasının bir arada durması kohezyona örnek olarak verilebilir.

Adhezyon ve kohezyon kuvvetleri moleküller arası oluşan bir çekim kuvvetidir. Bu kuvvete neden olan sebepler elektriksel kuvvet ve kütle çekimi kuvvetidir. Bir kumaşın su ile ıslanmış olması adhezyon kuvvetinin kohezyon kuvvetinden büyük olduğu anlamına gelmektedir.

Plastik maddenin kendi kendine ya da bir diğerk plastik malzemeye yapışması, plastik malzemenin türüne ve kullanılacak yapıştırıcıların meydana getirdiği maddelere ve kimyasallara karşı gösterdikleri dirence bağlı olarak farklı sonuçlar doğurmaktadır. Bu nedenden ötürü plastik malzemeleri yapıştırmak amacıyla malzeme yüzeyinde çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Yüzeylerin yapıştırılmasında karşılaşılan zorlukların temel sebebi plastik malzemelerin doğasında bulunan düşük yüzey enerji seviyeleridir. Termoplastiklerin içerisindeki monomerler, makromolekül oluşturabilmek için Van Der Waals bağı ile bağlanmışlardır. Yüzey enerjisinin düşük olması da bu bağı düşük kuvvet ile koparılabilmesinden kaynaklanmaktadır.

Moleküller arası kuvvetler, plastik malzemelerde yüzey enerjisini tespit etmektedirler. Moleküller arası kuvvetlerin oluşumunda ana etkenler; malzemenin kaynama ve ergime noktaları olarak belirlenebilirler. Plastik yüzeylerin yapıştırılması sırasında, yüzey ve yapıştırıcı arasında farklı çekim kuvvetleri oluşmaktadır. Yapıştırıcı molekülleri ve yapıştırılacak yüzey moleküllerinin birbirlerini çekmesiyle oluşan bağ, malzemeyi ve yapıştırıcıyı birleştirir ve gerçekleşen olaya adhezyon denir. Kürleşme sonucunda iki yüzeyi bir araya getiren yapıştırıcının kendi molekülleri arasında da oluşan bir çekim kuvveti daha vardır. Çekim kuvveti, yapıştırıcı moleküllerin dışarıdan uygulanan kuvvetlere karşı birlikte tutunmasını sağlar. Gerçekleşen bu olaya da kohezyon denir. Adhezyon ve kohezyon olaylarında meydana gelen çekim kuvveti, kovalent, iyon ve Van Der Waals kimyasal bağları ile oluşmaktadır.

Yapışma kalitesi, adhezyon ve kohezyon bağlarının başarılı şekilde uygulanmasıyla elde edilebilir. Bazen büyük ve pürüzlü yapıştırma yüzey alanının olması, adhezyonun başarılı şekilde uygulanması için yeterli değildir. Pürüzlü malzemelerin başarılı şekilde uygulanmasındaki esas etken, pürüzlülüğe sebep olan mikron seviyesindeki boşlukların yöntemin ve doğru yapıştırıcının kullanılmasıdır. Adhezyonun ana unsuru, yayılma ve yüzey enerjileridir.

2.5.4. Adhezyon ve kohezyon özelliklerinin elektronikteki önemi

Elektrik ve elektronik endüstrisinde kullanılan başlıca sentetik yapıştırıcı türleri epoksi, akrilik, siyanoakrilat ve silikondur. Hepsi polimerdir ve çoğu yapıştırıcı “termoset” davranışına sahiptir, yani “kürleşme” sırasında viskoz bir sıvıdan katıya dönüşürler. Sertleştirme, pişirme, ultraviyole radyasyona maruz kalma veya bir katalizör ile karıştırılma şeklinde olabilir ve polimer zincirleri arasında kimyasal çapraz bağlanma meydana getirir, böylece artık

birbirlerinden geçemezler. Bazı yapıştırıcılar “termoplastik” tir, yani ısıtmayla tekrar tekrar yumuşatılırlar ve soğutmada sertleştirilirler. Bu da kullanıcının gerekirse bileşenleri yapıştırmasını sağlar.

Epoksi genellikle “reçine” olarak bilinmektedir fakat yanlıştır. Reçine, iğne yapraklı ağaçlar tarafından salgılanan doğal olarak oluşan bir viskoz sıvıdır. Parlak bir katı oluşturmak için sertleşir. Resim ve mobilya için geleneksel bir vernik ve doğal bir yapıştırıcıdır. Fosilleşince, fosil böcekleri milyonlarca yıldır kimyasal ve biyolojik saldırılara karşı koruyan kehribar rengini oluşturur. Sentetik epoksi reçineleri, doğal reçinenin fiziksel özelliklerini taklit ettiği ve on yıllardır endüstriyel yapıştırıcılar ve koruyucu kaplamalar ve kapsülleme olarak kullanıldığı için adlandırılmıştır. Epoksiler kimyasallara ve çevresel sıcaklık ve nem değişimlerine karşı dirençlidir. Sıhhi tesisat ve deniz derzlerinde bile kullanılır.

Silikonlar, tekrar eden silikon ve oksijen atomlarının bir zincir molekülüne ve silikon atomlarına bağlı çeşitli organik gruplara sahip olan sentetik polimerlerdir. Silikonlar, yapıştırıcı arızasına, yapıştırıcılardan daha hassastır, ancak daha yüksek bir sıcaklık aralığında kuvvetlerini korurlar. Yavaşça kürlenirler, taşıma kuvvetini geliştirmek için 30 dakikaya ihtiyaç duyarlar. Elastikiyetleri, hareketleri olan derzlerde onları değerli kılar. Otomotiv ve havacılık endüstrisindeki uygulamalarda mükemmel sızdırmazlık maddeleridir. Elastikiyetleri, ısı alıcılarını elektronik bileşenlere ve PCB'lere yapıştırmak için uygun kılar.

Yüze montaj yapıştırıcılar: Geleneksel olarak devre kartlarına, elektronik bileşenlerin pimlerinin bir PCB'deki deliklerden sokulması ve pimlerin iletken parçalara elle lehimlenmesi yoluyla oluşturulmuştur. Lehim, bileşenleri yerinde tutar ve elektriksel iletimi sağlar. Neredeyse 50 yıldır, otomatik dalga lehimleme, delikten montaj için endüstride standarttır, oysa lehimleme yüzey montajında kullanılır. Bir yapıştırıcı, lehimleme işlemi gerçekleştirilinceye kadar bileşenleri tahta üzerinde tutar. Siyanoakrilat jeller kullanılabilir, ancak bazı aktivatörleri yanıcı solventlere sahiptir ve bu jeller operatörün cildini bağlayabildiklerinden dolayı daha fazla özen göstermeleri gerekir. Intertronics, hızlı UV kürlü akrilik yapıştırıcı için siyanoakrilatlarla ilişkili zorlukları önleyen ve kullanımı uygun kombine bir dağıtıcı ve sertleştirme ünitesi sunar. Akrilik solvent içermez, yaygın PCB malzemelerine iyi yapışır ve 2 s'nin altında kürlenir.

2.6. Elektrik Gaz Boşalması (Discharge)

Elektrik boşalmalarının özellikleri ve etkileri, geniş bir aralıkta yararlıdır. Bir Geiger – Müller tüpündeki iyonize edici radyasyonu tespit etmek için küçük akım darbeleri kullanılır. Gazla dolu bir tüp içindeki gazların spektrumunu göstermek için düşük sabit bir akım kullanılabilir. Bir neon lamba, hem aydınlatma hem de bir voltaj regülatörü olarak faydalı olan bir gaz boşalma lambasının bir örneğidir. Bir flashtube, bir gaz ark boşalması yoluyla yoğun bir akım göndererek fotoğraf için yararlı olan kısa bir yoğun ışık darbesi üretir. Fotokoyucularda korona boşalmaları kullanılır.

Bir elektriksel boşalma, noktaların daldırıldığı ortamda iki farklı elektriksel potansiyel noktası arasında bir iletken yolun oluşturulmasından kaynaklanmaktadır. Elektrik yükünün temini sürekli ise, boşalma kalıcıdır, ancak aksi takdirde geçicidir ve potansiyelleri eşitlemeye hizmet eder. Genellikle, ortam bir gazdır, çoğu zaman atmosferdir ve potansiyel fark birkaç yüz volttan milyonlarca volta kadardır. İki nokta bir vakumla ayrılırsa, tahliye edilemez. Maddenin iki nokta arasında transferi gereklidir, çünkü yalnızca madde elektrik yükü taşıyabilir. Bu madde genellikle her biri 4.803×10^{-10} esu yük taşıyan elektronlardır. Elektronlar 9.109×10^{-28} g, çok hafif ve çok az bir çaba ile hareket ettirilebilir. Ayrıca iyonlar 1836 kat daha ağır olmalarına ve bazen önemli taşıyıcı olmalarına rağmen yük taşıyabilirler. Bununla birlikte, hem elektronların hem de iyonların mevcut olduğu yerlerde, elektronlar akımın çoğunluğunu taşırlar. İyonlar, pozitif veya negatif olarak, genellikle pozitif olarak yüklenebilir ve elektronik yükün küçük katlarını taşıyabilir.

Elektrik boşalmaları, 19. yüzyılın ortalarından bu yana, vakum pompalarının ve mevcut elektrik kaynaklarının mevcut olduğu durumlarda incelenmiştir. Kısmen boşaltılmış tüplerdeki bu laboratuvar boşalmaları çok aşınadır, ancak doğada elektriksel boşalmalar da vardır. Yıldırım birincil örnek olur. Ayrıca elektrik boşalmalarına, aurora borealis ve australis olayı, St. Elmo's Fire olayı, kuru havalarda kilim üzerinde yürürken sürtünmeden oluşan kıvılcımlar, kurutucudan yeni çıkan kıyafetler ayrıldığında çıkan çatırtı sesleri ve birçoğunun statik elektrik potansiyelinden kaynaklanan benzer olaylar bir başka örnekler olarak verilebilir. Bunlardan bazıları tarihseldir, ancak hepsi ilginçtir ve çoğu zaman izlemek büyüleyicidir. Yapay olarak, ark kaynağı, yüksek gerilimli hatlardaki korona boşalması, otomatik başlatıcılar dahil olmak üzere floresan lambalar, neon reklam tabelaları, neon ve argon ışımaya lambaları, cıva ve sodyum lambaları, aydınlatma için cıva ark lambaları, UV, karbon ark ışıkları, gazla dolu redresörler,

vakum tüpleri, Nixie sayısal göstergeleri ve benzeri aygıtlar elektriksel boşalmanın olduğu durumlara örnek olarak verilebilirler.

2.6.1. Elektrik boşalmasının oluşumu ve gelişimi

Bir tahliyenin iki ucu farklı potansiyellerdedir. Yüksek veya pozitif potansiyel, anotta, düşük veya negatif potansiyel ise katottadır. Bu elektrotlar genellikle iletkenlerdir. Gök gürültülü bir fırtınada, bir bulut elektrot basitçe, bir hacme dağıtılmış aşırı yük bölgesi olabilir. Bu isimler Michael Faraday tarafından, klasik bilim adamı William Whewell'in yardımıyla, 1830'larda elektrokimya ve elektrik boşalmalarını incelemeye başladığında verildi. "Anot" kelimesi Yunanca "aná-hodos" ya da "girişte" iken "katot", "katá-hodos" veya "çıkış yolu" ndandır. Elektrot, daha sonra "elektro-hodos" veya "elektrik yolu" için yaratılmış bir akımdır ve akımın pozitif yönü açısından normal değildir. Konvansiyonel akım pozitif yük yönündedir, bu yüzden elektronlar aslında "girişte" ayrılır ve "çıkışa" ulaşırlar.

2.6.2. Kendi kendini besleyen boşalma

Elektrotlara uygulanan gerilimin belli bir değerinde boşalma kendi kendini besler. Boşalmanın kendi kendini beslemesi için katottan çıkan bir elektronun anoda varıncaya kadar yan olaylarla kendisi için bir yedek elektron meydana getirmesi gerekir, bu nedenle elektron çığının oluşumu sırasında meydana gelen pozitif iyonların etkisini de hesaba katmak gerekir.

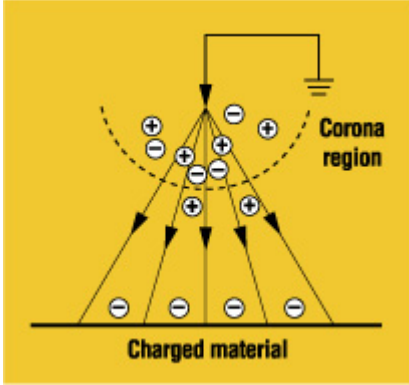
Korona boşalmaları genellikle elektrik alan şiddetinin yoğunlaştığı sivri noktalarda veya kenarlarda, ince iletkenlerde oluşur. Korona kendi kendini besleyen bir boşalma türüdür. Çok yüksek gerilim hava hatlarındaki hızlı gelişmelerle birlikte, havada oluşan korona boşalmaları yüksek gerilim hatları için çok büyük bir problem oluşturmaktadır. Bu boşalmalar yalıtım sisteminde bozulmalara yol açabildiği gibi, güç kayıplarına ve radyo parazitlerine neden olur (Holtzhausen ve Pieterse 2010, Wu ve Arkadaşları 2012).

2.6.3. Boşalma Türleri

Elektriksel boşalmaları bazen birbiriyle örtüşen üç gruba ayırabiliriz: korona, kıvılcım ve fırça boşalmaları.

Korona Boşalması: Bir iletkenin keskin bir noktasının önündeki alan gücü, ortamın (örneğin hava) delinme alan kuvvetini aşarsa, bir korona boşalması gerçekleşir. Keskin çıkıntılara sahip bir iletkene yüksek voltaj verilirse çevreye olan mesafe gibi geometrik

koşulları sağladığı takdirde bu gerçekleşebilir. Ancak, topraklanmış keskin bir iletkenin (sıfır voltajda) oluşturulmuş bir plastik parçası gibi yüklü bir nesnenin yanına getirilmesi de söz konusu olabilir. Bu olay, bir boşalmanın, sadece yüksek bir alan gücüne neden olmak için yüksek bir voltaj almamasını gösterir (Wu ve Arkadaşları 2012).

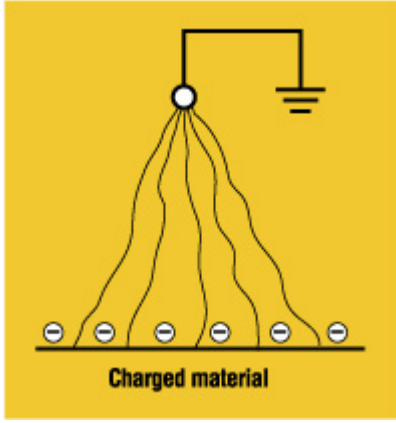


Şekil 2.15. Korona boşalması (Wu ve Arkadaşları 2012)

Şekil 2.19. da korona boşalması görülmektedir. Bir korona boşalmasında, iyonizasyon, delinme alanı gücünün aşıldığı elektrot çevresindeki küçük bir bölge ile sınırlıdır. Alanın geri kalanında, yavaş hareket eden iyonların ve hatta daha yavaş hareket eden yüklü parçacıkların, odanın duvarları gibi uygun bir karşı elektrodun yolunu buldukları bir akıntımız vardır. Bazı bölgelerde delinme alan kuvveti aşıldığı sürece, yani elektrotun voltajı veya yüklü yalıtkanın yük yoğunluğu yeterince yüksek olduğu sürece boşalma korunabilir.

Fırça Boşalması: Yüklü bir malzeme ile düşük bir eğrilik yarıçapına sahip olan topraklanmış bir elektrot arasında meydana gelir. Bir fırça boşalması daha uzun süreler boyunca muhafaza edilirse, düzensiz ışıldaayan yollar olarak görülebilir.

Yalıtkanlardan gelen hemen hemen tüm boşalmalar fırça boşalmalarıdır. Yüklenmiş kağıdı aldığımızda hissettiğiniz ya da başınızın üzerinde bir süveter çektığınızde duyduğunuz çatırtı sesleri bunlara örnektir. Ancak, boşalma, topraklanmış bir iletkenin desteklediği ağır yüklü ince bir yalıtkan tabakadan geliyorsa, boşalma bir kıvılcımın (saplı dallı fırça boşalması) özelliklerine yakın bir etkiye sahip olabilir. Şekil 2.20.'de fırça boşalması görülmektedir.

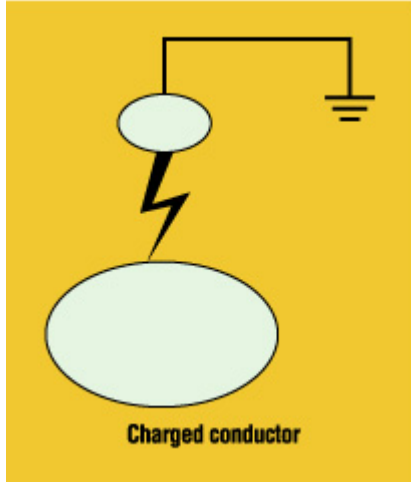


Şekil 2.16. Fırça boşalması (Wu ve Arkadaşları 2012)

Hem fırça hem de korona boşalmaları, havanın iyonize olduğu ve iletken hale geldiği iletkenlerin yanındaki bölgeleri temsil eder ve akımın havaya sızmasına izin verir. İletkendeki elektrik alan, havanın dielektrik dayanımını, "yıkıcı potansiyel gradyanı", santimetre başına yaklaşık 30 kilovolt'u aştığında ortaya çıkarlar. Bu voltajda, havadaki elektronlar, elektrik alanı tarafından, diğer atomları vurduklarında gaz atomlarını attıracak kadar yüksek bir hıza, bir zincir reaksiyonunda ek atomları iyonize etmeye devam eden iyonlar ve ek elektronlar oluşturarak hızlandırılırlar. Elektriksel alan iletkenin uzaklaştıkça azaldığı için, iyonizasyon için gerekli değerin altına düşer, böylece korona ve fırça boşalmaları sınırlı bir kapasiteye sahiptir ve iletkene yakın lokalize olurlar.

Bir elektrik boşalmanın yanıcı atmosferlerde patlamaya neden olması, boşalmanın etkili enerjisi ile ölçülür. Fırça boşalmalarının etkili enerjisi 10-20 mJ, korona boşalmaları 0.1 mJ'den çok daha büyüktür. Bu nedenle, fırça boşalmaları bir patlama tehlikesi olarak kabul edilirken korona boşalmaları için bu durum söz konusu değildir.

Kıvılcım Boşalması: Boşalma menziline diğer ucunda kıvılcım oluşan, biri potansiyel olarak topraklanmış olan iki iletken arasında gerçekleşebilir. Boşalma, delinme alan gücünün aşıldığı bir noktada başlar. Ancak korona boşalmasının aksine, kıvılcım içinde iyonizasyon iki elektrot arasında bütünüyle gerçekleşir.



Şekil 2.17. Kıvılcım atması (Wu ve Arkadaşları 2012)

Şekil 2.21.'de kıvılcım boşalması görülmektedir. Elektrotlar bir voltaj kaynağına bağlanırsa, boşalma sürekli bir arka dönüşebilir. Boşalma çok hızlı bir işlemdir. Yalıtkan bir iletkenen gelen bir kıvılcım normal durumunda, 2.2 deki denklem tarafından verilen enerji (W) ile dar boşalma hacminde (C) dağılır.

$$W = \frac{1}{2} CV^2 \quad (2.2)$$

İki elektrotun potansiyelleri V'dir.

2.6.4. Korona boşalması

Elektrikte, bir korona boşalması, elektriksel olarak yüklü bir iletkeni çevreleyen bir akışkanın iyonizasyonunun getirdiği bir elektrik boşalmasıdır. Spontan korona boşalmaları, elektrik alan kuvvetini sınırlamak için dikkat edilmedikçe, yüksek voltajlı sistemlerde doğal olarak meydana gelir. Korona, bir iletken etrafındaki elektrik alanın mukavemeti (potansiyel gradyanı), iletken bir bölge oluşturmak için yeterince yüksek olduğunda, ancak elektrik delinmesine veya yakındaki nesnelere doğru tırmanmaya yetecek kadar yüksek olmadığı zaman meydana gelir. Şekil 2.22.'de görüldüğü gibi genellikle yüksek gerilimler taşıyan sivri metal iletkenlere bitişik havadaki mavimsi (veya başka bir renk) ışıltı olarak görülür ve aynı özellik tarafından ışık yayar.



Şekil 2.18. Korona boşalması örneği (Anonim 2019)

Korona boşalması, bir elektrotun yüksek bir potansiyele sahip bir ortamdan (genellikle hava) başka bir elektrotta elektrot etrafında bir plazma bölgesi oluşturacak şekilde bu ortamın iyonlaştırılması yoluyla aktığı bir süreçtir. Ortaya çıkan iyonlar, nihayetinde, düşük potansiyelin yakındaki alanlarına yük iletir veya nötr gaz molekülleri oluşturmak için yeniden birleştirilir.

Potansiyel gradyan (elektrik alan) akışkanın bir noktasında yeterince büyük olduğunda, bu noktada sıvı iyonlaşır ve iletken hale gelir. Şarj edilmiş bir nesne keskin bir noktaya sahipse, o noktadaki elektrik alan şiddeti diğer yerlerden çok daha yüksek olacaktır. Elektrot yakınındaki hava, daha uzak bölgelerde ise iyonize (kısmen iletken) olabilir. Noktanın yakınındaki hava iletken hale geldiğinde, iletkenin görünen boyutunun artması etkisine sahip olur. Yeni iletken bölge daha az keskin olduğundan, iyonlaşma bu yerel bölgeyi geçmeyebilir. Bu iyonlaşma ve iletkenlik bölgesinin dışında, yüklü parçacıklar yavaşça zıt yüklü bir nesneye doğru yol alır ve nötralize edilirler.

Eğer iyonize bölge, daha düşük bir potansiyeldeki başka bir iletkene ulaşınca kadar büyümeye devam ederse, ikisi arasında düşük dirençli bir iletken yol oluşacak ve bu da bir elektrik arki ile sonuçlanacaktır.

Korona boşalması genellikle keskin köşeler, çıkıntı noktaları, metal yüzeylerin kenarları veya küçük çaplı teller gibi elektrotlar üzerinde oldukça eğimli bölgelerde oluşur. Yüksek eğrilik, bu yerlerde yüksek bir potansiyel gradyanına neden olur, böylece hava parçalanır ve önce plazmayı oluşturur. Korona formasyonunu baskılamak için, yüksek voltajlı teçhizat üzerindeki terminaller sıklıkla, toplar veya torklar gibi düzgün büyük çaplı yuvarlak şekillerle

tasarlanmıştır ve korona halkaları, yüksek voltajlı iletim hatlarının izolatorlerine sıklıkla eklenir.

Koronalar pozitif veya negatif olabilir. Bu, yüksek eğimli elektrot üzerindeki voltajın polaritesi ile belirlenir. Kavisli elektrot düz elektroda göre pozitif ise korona negatiftir. Bu asimetri, elektronlar ve pozitif yüklü iyonlar arasındaki kütle arasındaki büyük farkın bir sonucudur. Sadece elektronlar aynı sıcaklıklarda ve basınçlarda önemli ölçüde iyonize olmayan elastik çarpışma ve geçirme yeteneğine sahiptir. Havadaki korona işlemlerine maruz kalan iletkenlerin etrafında ozon üretimi gerçekleşir. Negatif bir koronaya karşılık gelen pozitif koronadan çok daha fazla ozon üretir.

2.6.5. Korona boşalmasının teorik temelleri.

Korona boşalması yüksek yoğunluklu gaz ortamında gerçekleşen ve kendi kendini besleyen bir elektriksel boşalma türüdür. Korona boşalmasının gerçekleşmesi için gerek ve yeter koşul, elektrik elektrot sistemlerinin konfigürasyonlarına ve geometrik boyutlarına bağlı olarak boşalmanın gerçekleştiği aralıklarda kuvvetli non homojen elektrik alanının oluşmasıyla belirlenmektedir.

Günümüz koşullarında DC korona çeşitli teknolojik alanlarda (elektrik süzgeçlerinde, elektrostatik yöntemle çökertme aygıtlarında, elektrostatik boyama aygıtlarında ve tıbbi aygıtlarda) geniş kullanım alanına sahiptir.

DC korona boşalmasının karakteristik özelliği, boşalmanın korona örtüsü olarak tanımlanan iyonlaşma bölgesinden tüm elektrotlar arası açıklıkta yayılan uzay hacim yüklerine sahip olmasıdır. Elektrotlar arası açıklıkta uzay yüklerinin bulunduğu bu bölge korona boşalmasının dış bölgesi olarak adlandırılır.

Korona boşalma mekanizmasını analiz etmek için korona boşalmasının dış bölgesinde oluşan elektrik alan şiddetinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle, unipolar korona boşalmasının dış bölgesinde yüksek potansiyelli elektrotla (eğrilik yarıçapı küçük olan elektrot) aynı polariteye sahip iyonlardan oluşan bölgede elektriksel alan 2.3 Poisson denklemi ile tanımlanır.

$$\operatorname{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_a} \quad (2.3)$$

Burada, \vec{E} - elektrik alan şiddeti ($V \cdot m^{-1}$), ρ -iyonların hacimsel yük yoğunluğu ($C \cdot m^{-3}$) ve $\varepsilon_a = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r$ ise mutlak dielektrik sabitini ($F \cdot m^{-1}$) ifade etmektedir.

Korona boşalmasını karakterize eden iyon akım yoğunluğu, korona boşalmasının dış bölgesindeki hacim yük yoğunluğu ve elektrik alan şiddeti arasındaki ilişki fonksiyonu denklem 2.4'deki gibi ifade edilir

$$\vec{j} = \rho \cdot \mu \cdot \vec{E} \quad (2.4)$$

Burada μ - incelenen bölgede iyonların hareket yeteneğini ifade etmektedir ($m^2 \cdot V^{-1} \cdot s^{-1}$).

Eğer (2.4) denklemi dikkate alınarak (2.3) denklemi yeniden düzenlenirse o halde denklem 2.5'deki ifadeyi elde ederiz.

$$div \vec{E} = \frac{j}{\varepsilon_a \cdot \mu \cdot \vec{E}} \quad (2.5)$$

Bu ifadeye istinaden korona boşalmasının dış bölgesindeki keyfi bir noktada elektrik alan şiddetini belirleyebilmek için, bu bölgede akım dağılımını ve kuvvet çizgilerinin geometrik biçimini bilmemiz gerekiyor. Basitlik için geometrik simetriye sahip eş eksenli silindrsel elektrot sisteminde, akımın süreklilik koşulunun dikkate alınmasıyla eğrilik yarıçapı küçük olan elektrot çevresindeki r - yarıçaplı eşpotansiyel yüzeylerde akım yoğunluğu sabit olacaktır. Dolayısıyla bu durumda elektrot sistem geometrisi dikkate alınarak, akım yoğunluğu j birim uzunluk başına karşı düşen I -akım şiddeti cinsinden ifade edilecek olursa 2.6 denklemi elde ederiz.

$$div \vec{E} = \frac{1}{r} \frac{d}{dr} (rE) = \frac{I}{2\pi r \varepsilon_a \cdot \mu \cdot E} \quad (2.6)$$

Bu ifadeden hareketle denklem 2.7 elde edilir.

$$rEd(rE) = \frac{I}{2\pi \varepsilon_a \cdot \mu} r dr \quad (2.7)$$

Eğer 2.7 ifadesinde iyonlaşma bölgesinin çok dar olduğu ve yüksek potansiyelli elektrot yüzeyindeki elektrik alan şiddetinin korona başlangıç elektrik alan şiddetine eşit olduğu ve bu koşullara ek olarak iyon mobilitesinin (hareket yeteneğinin) sabit olduğu düşünülürse o halde,

$$(r \cdot E)^2 - (r_0 \cdot E_0)^2 = \frac{I}{2\pi\epsilon_a \cdot \mu} (r^2 - r_0^2) \quad (2.8)$$

Bu 2.8 ifadesi basit dönüşümler yapılarak yeniden düzenlenirse, unipolar korona boşalmasının dış bölgesindeki elektrik alan şiddetinin değişimini belirlemeye olanak sağlayan 2.9 ifadesini elde ederiz (Alisoy 1995).

$$E = E_0 \sqrt{\frac{I}{2\pi\epsilon_a \cdot \mu \cdot E_0^2} \left(1 - \frac{r_0^2}{r^2}\right) + \frac{r_0^2}{r^2}} \quad (2.9)$$

Böylece, unipolar korona koşullarında belirlenmiş elektrik alan şiddeti ifadesi kullanılarak incelenen bölgede potansiyel dağılımı ve dolayısıyla elektrot sisteminin konfigürasyonu ve geometrik boyutlarını hesaba katan korona boşalmasının akım gerilim karakteristiği belirlenebilir (Alisoy 1995, Alisoy 1999).

2.6.6. Elektrod türleri

Elektrotlar, elektronların metalik bir parçadan metalik olmayan bir parçaya geçmesine izin veren bir iletken türüdür. Elektronların elektrotta girdiği kısım "katot" olarak bilinir ve çıkış "anot" olarak bilinir. Elektrotlar bir kaynaktan diğerine etkili bir şekilde filtre edilebilmeleri sayesinde, elektrotlar çok yönlüdür ve çok çeşitli ihtiyaçları karşılamak için çeşitli farklı türler oluşturulmuştur.

Bir elektrot, bir elektrik akımını bir ortamdan diğerine, genellikle bir güç kaynağından bir cihaza veya malzemeye geçiren bir iletkendir. Bir tel, bir levha veya bir çubuk gibi bir çok farklı form alabilir ve en çok bakır, gümüş, kurşun veya çinko gibi metalden yapılabilir, fakat aynı zamanda metalik olmayan bir maddeden de yapılabilir. Bu grafit gibi elektrik yürütmektedir. Elektrotlar, elektrolizle ilgili işlemler için kaynak, elektrokaplama, bataryalar, tıp ve endüstride kullanılır.

2.6.7. Atmosferik koşullarda DC korona boşalması

1 bar basınçtaki boşalmalar birkaç görüntüye sahiptir. Yıldırım bunlardan biridir ve çoğu insan tarafından bilinmesine rağmen, yıldırım boşalmasını ayrıntılı olarak tanımlamak zordur. Boşalmalar açısından oldukça kısa süreli ve yüksek güç yoğunluğuna sahip bir arktır. Arklar ayrıca kaynak, yüksek voltajlı devre kesiciler veya belirli türdeki lambalar için daha kontrollü bir şekilde kullanılır. Mikrosaniye aralığında süreye sahip olan yaylar genellikle kıvılcım olarak adlandırılır ve çoğunlukla kontak değiştirmede gözlenirler. Yüksek voltaj

uygulamaları durumunda arıza ciddi hasara neden olabilir. Hatta daha kısa boşalmalar yaratılabilir, bunlar aslında arklara tamamlanmadan önce dururlar. Bunlar bazen geçici boşalmalar olarak adlandırılır ve nanosaniye aralığında tipik zaman süresine sahiptir. Bu boşalmaları oluşturma'nın iki yolu vardır. Bir dielektrik tabaka, boşaltma aralığındaki elektrotların birini veya ikisini kaplayabilir. Elektrotlar arasında yeterince yüksek bir voltajda boşalma gaz hacminde başlar. Elektrotlara ulaşana kadar yayılır ancak dielektrikte uygulanan elektrik alanını iptal eden bir yer şarjı oluşturur. O anda boşalma durur. Bu boşalma genellikle dielektrik bariyer boşalması olarak adlandırılır. İkinci yöntem asimetrik bir elektrot çifti kullanmaktır. Daha sonra boşalma keskin elektrot yakınındaki yüksek alan bölgesinde gelişir ve katoda doğru yayılır. Bu durumda, bir yayda geçişi önlemek için iki olasılık vardır. Öncelikle, katoda ulaşılmadan önce, boşalmanın yayılmasının durdurulmasına yetecek kadar düşük bir voltaj elde edilebilir. İkincisi katoda ulaşıldığında gerilimi durdurabilir veya azaltabilir. İkinci şekilde boşalma daha fazla enerji konabilir, ancak güç kaynağını yapmak daha zordur. Bu tip bir boşalma korona olarak adlandırılır. En güçlü eğriliğe sahip elektrot, güç kaynağının pozitif çıkışına ve bu elektrot güç kaynağının negatif terminaline bağlandığında negatif bir korona bağlı olduğunda pozitif bir koronadır. Korona boşalmalarında nispeten düşük voltajlarda boşalma, keskin elektrodun yakınında yer şarjının oluşması nedeniyle kendini durur. Bu alan şarjı daha sonra difüzyon ve rekombinasyon nedeniyle ortadan kalkar ve yeni bir boşalma darbesi ortaya çıkar. Bu kendiliğinden tekrarlanan koronadır ve pozitif ve negatif durumda ortaya çıkar (Kim ve Arkadaşları 2000).

2.6.8. Atmosferik koşullarda AC korona boşalması

Atmosferik basınçtaki ac korona boşalması, en karmaşık elektriksel boşalma formlarından birini temsil eder. Başlıca avantajı, kimyasal olarak aktif radikallerin ve iyonize türlerin zengin kaynakları olmalarıdır. Sadece küçük miktarlarda uyarılmışlardır veya yüklü parçacıkların gerektiği hacim plazma kimyasal işlem uygulamaları için uygundur. Daha sonra, korona boşalmaları, elektrostatik presipitörler, sprey kaplama fotokopi makineleri, kurutma ayırma sistemleri ve radyasyon detektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Son zamanlarda, korona boşalmalarının önemli uygulamaları, tehlikeli gazların ve gıda endüstrisinin yüzey işlemlerini içermektedir. Ateşlemeyi başlatmak ve korona boşalmalarının yanma sürecini ve atmosfer basıncında ya da yakınında yanma sürecini stabilize etmek için elektrot elektrik boşalmalarının kullanılmasının etkinliği, birçok teorik çalışmada kanıtlanmıştır ve deneysel çalışmalarda gösterilmiştir. Polimer filmlerin yüzey işlemleri ile ilgili rapor edilen çalışmalara

dayanarak biyolojik uygulamalar, ve yanma baca gazından SO₂ ve NO_x uzaklaştırılması, uçucu organik bileşikler, ve amaranth atımlı korona boşalmaları ile simüle edilmiş yanma gazı üzerinde deneysel çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca, yukarıda bahsedilen çalışmalarda, süreçlerinde temel olduğuna inandığı boşalma koşullarının bazı parametreleri tartışılmıştır (Kim ve Arkadaşları 2000).

2.7. Yüzey Modifikasyonu

Polimerlerin yüzey modifikasyonu plastik endüstrisinde önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir. Polimerler inert malzemeler olduğundan ve genellikle düşük yüzey enerjisine sahip olduklarından genellikle çeşitli uygulamaların taleplerini karşılamak için gereken yüzey özelliklerine sahip değildir. Yüzey işlemedeki ilerlemeler, polimer yüzeylerin kimyasal ve fiziksel özelliklerine, kütle özelliklerini etkilemeden oldukça geliştirilmiştir. Ucuz malzemeleri değerli bitmiş ürünlere dönüştüren yüzey modifikasyonları gibi teknolojiler, gelecekte malzeme maliyeti bir endüstrinin başarısının belirlenmesinde önemli bir faktör haline geldiğinden daha da önem kazanacak (Eddington 2006).

Bir yüzeyi değiştirirken göz önünde bulundurulması gereken birkaç faktör vardır:

Yüzeyin kalınlığı çok önemlidir. İnce yüzey modifikasyonları arzu edilir, aksi takdirde malzemenin mekanik ve fonksiyonel özellikleri değişecektir. Bu, daha az yığın materyali bulunduğu nano elyaflarla uğraşırken daha fazladır. Yüzey değişikliklerinin makul sürelerde gerçekleşmesi için yeterli miktarda atomik veya moleküler mobilite bulunmalıdır. Yüzey değişiklikleri için itici güç, arayüzey enerjisinin en aza indirilmesidir.

Değiştirilmiş yüzeyin stabilitesi, geri dönüşümlü herhangi bir reaksiyonun önlenmesiyle elde edilir. Bu, yüzey yapılarının hareket etmesini önlemek için hacimli grupların çapraz bağlanması ve / veya birleştirilmesiyle yapılabilir. Bazı durumlarda, özellikle optik sensörlerde veya oftalmolojide saydam bir iskele istenir; yüzey işleminden sonra şeffaf kalmalıdır. Ortaya çıkan herhangi bir bulutluluk gerçek bir endişe kaynağıdır.

Düzensizlik, tekrar üretilebilirlik, stabilite, proses kontrolü, hız ve makul maliyet, genel yüzey modifikasyonu sürecinde göz önünde bulundurulmalıdır. Kompleks şekillerin ve geometrilerin homojen yüzey işlemlerini gerçekleştirme yeteneği sensör ve biyomedikal uygulamalar için temel olabilir.

2.7.1. AC ve DC korona boşalması etkisiyle polimerik tabanlı malzemelerin yüzey özelliklerinin incelenmesi

Dielektrik bir yüzeyin koronaya maruz kalmasının yüzeyinde ve / veya hacmi içinde statik yüklerin enjeksiyonuna yol açtığı bilinmektedir. Etilenpropilendienmonomer (EPDM) ve silikon kauçuğu (SIR) gibi içsel yüksek hidrofobik özelliklere sahip polimerlerde, yüzey yükünün birikmesi, geçici olarak hidrofobiklik kaybına yol açan bir faktör olarak tanımlanmıştır. Yüzey yükü zamanla azaldığında, orijinal yüzey hidrofobik özellikleri geri kazanılır. Uzay yükleri polimer üzerine başarılı bir şekilde bırakıldıktan sonra, bu, ayrıca dielektriklerin mekanik özelliklerinin kaybına neden olacak elektrostatik ve elektromekanik baskılara da tabi tutulabilir. Bu süreçte, polimer omurga zincirinin kesilmesinin oluşması muhtemeldir. Gerçek polimer yalıtıcılarda polimer yuvaları uç metal parçalar ve çevresindeki ortam tarafından oluşturulan üçlü nokta birleşim noktası uzay yükleri kolayca birikebileceği için yalıtım düzeneğinin zayıf bir bölümünü oluşturur. Uzay yüklerinin polimer içinde birikme hızı birkaç faktöre bağlıdır. Bunlar arasında, uygulanan elektrik gradyanlarının tipi ve büyüklüğü ve polimerde bulunan tutucu alanların miktarı belirtilebilir. Yalıtım düzeneğine uygulanan elektrik gerilmelerinin tipi (AC / DC) ve büyüklüğü ayrıca, belirli işletim koşulları altında üretilen herhangi bir korona boşalmasının beklenen yoğunluğunu ve sıklığını güçlü bir şekilde belirleyecektir. Bu nedenle, korona boşalmalarının polimerin fiziksel ve elektromekanik özelliklerinin bozulmasına neden olabileceğini belirlerken, polimer yükleme özellikleri ilk önce hem AC hem de DC korona için karşılaştırmalı bir şekilde tanımlanmalıdır (Phillips ve Arkadaşları 1999).

2.8. SEM Görüntüsü ve FTIR Taraması

Taramalı elektron mikroskobu (SEM), bir görüntü oluşturmak için bir yüzey üzerinde odaklanmış bir elektron ışını tarar. Kirişteki elektronlar numune malzemeyle etkileşime girerek yüzey topografyası ve bileşimi hakkında bilgi edinmek için kullanılacak çeşitli sinyaller üretir.

Mikroskopta ışık yerine elektronlar kullanılmasının sebebi yeterli ışık verildiğinde, insan gözü, herhangi bir ek lens yardımı olmadan, 0.2 mm aralıklarla iki noktayı ayırt edebilir. Bu mesafeye gözün çözme gücü veya çözünürlüğü denir. Bu mesafeyi büyütme ve gözün 0,2 mm'den bile daha yakın noktaları görmesini sağlamak için bir mercek veya mercek düzeneği (mikroskop) kullanılabilir.

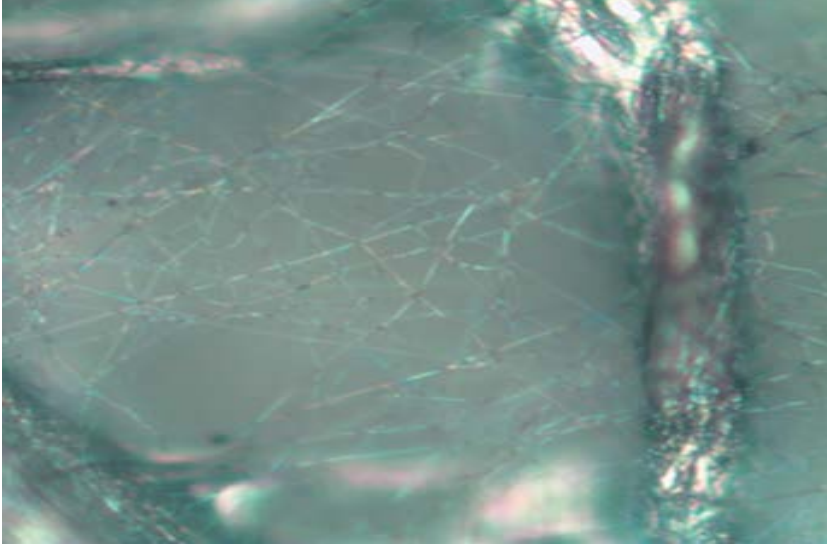
Modern bir ışık mikroskobu yaklaşık 1000x maksimum büyütmeye sahiptir. Mikroskobun çözülme gücü sadece merceklerin sayısı ve kalitesi ile değil aynı zamanda aydınlatma için kullanılan ışığın dalga boyu ile de sınırlıdır. Beyaz ışığın dalga boyları 400 ila 700 nanometre (nm) arasındadır. Ortalama dalga boyu, yaklaşık 200 - 250 nm beyaz ışıkta ışık mikroskobunun teorik çözünürlük sınırına (görünürlük değil) neden olan 550 nm'dir. Şekil 2.23.'de tespit sınırlarında iki nokta gösterilmektedir ve iki ayrı nokta hala ayırt edilebilir. Sağdaki görüntü, iki noktayı birbirine çok yakın gösterir ve orta noktalar üst üste gelir (Atkinson ve Arkadaşları 2003).



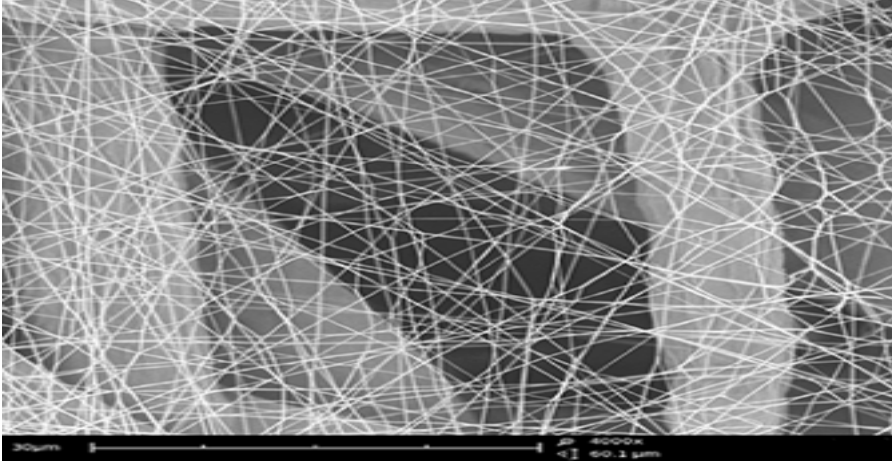
Şekil 2.19. Tespit sınırlarını gösteren iki nokta (Atkinson ve Arkadaşları 2003)

Elektron mikroskobu, dalga boyu ışık mikroskoplarında sınırlayıcı bir faktör haline geldiğinde geliştirilmiştir. Elektronlar daha kısa çözünürlüklere sahiptir, bu da daha iyi çözünürlük sağlar.

Taramalı Elektron Mikroskobu ile Optik Mikroskopu Karşılaştırma: Malzemeler ve cihazlar için boyutlar daraldığından, çoğu yapı artık ışık mikroskobu ile karakterize edilemez. Örneğin, filtrasyon için bir nano elyaf katmanının bütünlüğünü belirlemek için, Şekil 2.24.'de gösterildiği gibi numuneyi karakterize etmek için elektron mikroskopisi gerekir. Şekil 2.25.'de aynı nanoliflerin SEM görüntüsü görülmektedir. (Goel 2003).



Şekil 2.20. Nano fiberlerin optik mikroskop görüntüsü (Goel 2003)



Şekil 2.21. Aynı nanoliflerin 4000x büyütmede SEM görüntüsü (Goel 2003)

Taramalı Elektron Mikroskobu Nasıl Çalışır?

Ana SEM bileşenleri şunları içerir:

- Elektronların kaynağı
- Hangi elektronların elektromanyetik merceklerle hareket ettiği sütun
- Elektron dedektörü
- Örnek odası
- Görüntüleri görüntülemek için bilgisayar ve ekran

Elektronlar, kolonun tepesinde üretilir, hızlandırılır ve numunenin yüzeyine çarpan odaklanmış bir elektron demeti üretmek üzere mercekler ve açıklıkların bir kombinasyonundan geçirilir. Numune oda bölgesindeki bir aşamaya monte edilir ve mikroskop düşük vakumda çalışmak üzere tasarlanmadıkça, hem sütun hem de oda bir pompa kombinasyonu ile boşaltılır. Vakumun seviyesi mikroskopun tasarımına bağlı olacaktır. (Moreno ve Ark. 1998)

SEM'lerde, özellikle katı malzemelerin karakterizasyonunun yararlı olduğu birçok bilimsel ve endüstri ile ilgili alanda çeşitli uygulamalar vardır.

Topografik, morfolojik ve kompozisyon bilgisine ek olarak, Taramalı Elektron Mikroskopu yüzey kırılmalarını tespit edip analiz edebilir, mikro yapılar hakkında bilgi verebilir, yüzey kirlenmelerini inceleyebilir, kimyasal bileşimlerde mekansal farklılıkları ortaya çıkarabilir, nitel kimyasal analizler sağlayabilir ve kristal yapılarını tanımlayabilir.

SEM'ler, yaşam bilimi, biyoloji, gemoloji, tıp ve adli tıp, metalurji gibi alanlarda önemli bir araştırma aracı olabilir.

Ek olarak, SEM'ler, yarı iletken muayenesi, minik ürünlerin üretim hattı ve bilgisayarlar için mikroçiplerin montajı gibi pratik endüstriyel ve teknolojik uygulamalara sahiptir.

SEM Avantajları

1. Taramalı Elektron Mikroskopunun Avantajları, geniş uygulama yelpazesini detaylı üç boyutlu ve topografik görüntülemeyi ve farklı dedektörlerden toplanan çok yönlü bilgiyi içerir.
2. SEM'lerin bilgisayar teknolojisindeki uygun eğitim ve gelişmelerle ve ilgili yazılımlarla kullanımı da kolaydır ve kullanımı kullanıcı dostu hale getirir.
3. Modern SEM'lerdeki teknolojik gelişmeler dijital biçimde veri üretilmesine izin vermektedir.
4. Tüm numunelerin vakum odasına yerleştirilmeden önce hazırlanması gerekmesine rağmen, çoğu SEM numunesi minimum hazırlık işlemleri gerektirir.

SEM Dezavantajları

1. Taramalı Elektron Mikroskopunun dezavantajları, boyut ve maliyet ile başlar.

2. SEM'ler pahalıdır, büyüktür ve olası herhangi bir elektrik, manyetik veya titreşim parazitinin olmadığı bir alana yerleştirilmelidir.
3. Bakım, sabit bir voltajın tutulmasını, elektromanyetik bobinlere giden akımları ve soğuk suyun dolaşımını içerir.
4. Bir SEM'in işletilmesi ve ayrıca numunelerin hazırlanması için özel eğitim gereklidir.
5. Numunelerin hazırlanması esere neden olabilir. Olumsuz etki, bilgili deneyim araştırmacılarının asıl verilerden ve aynı zamanda hazırlama becerisinden elde edilen eserleri tanımlayabilmesiyle en aza indirilebilir. Tüm potansiyel ürünleri yok etmenin veya tanımlamanın kesin bir yolu yoktur.
6. Ek olarak SEM'ler, vakumlu odaya orta dereceli vakum basıncını kaldırabilecek kadar küçük katı inorganik numunelerle sınırlıdır.
7. Son olarak SEM'ler, numune yüzeyinin altından dağılan elektronlarla ilişkili küçük radyasyona maruz kalma riski taşır.

Numune odası, herhangi bir elektriksel ve manyetik girişimi engellemek için tasarlanmıştır ve bu, odadan yayılan radyasyon olasılığını ortadan kaldırmalıdır. Risk minimum olsa bile, SEM operatörlerine ve araştırmacılara güvenlik önlemlerini almaları önerilir.

2.8.1. FTIR taraması

FTIR spektrometreleri (Fourier Transform Infrared Spectrometer) organik sentez, polimer bilimi, petrokimya mühendisliği, ilaç endüstrisi ve gıda analizlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ek olarak, FTIR spektrometreleri kromatografiye tirelenebildiğinden, kimyasal reaksiyonların mekanizması ve dengesiz maddelerin tespiti bu tür aletlerle incelenebilir.

Kızılötesi bölge aralığı $12800\sim 10\text{ cm}^{-1}$ 'dir ve yakın kızılötesi bölgeye ($12800\sim 4000\text{ cm}^{-1}$), orta kızılötesi bölgeye ($4000\sim 200\text{ cm}^{-1}$) ve uzak kızılötesi bölgeye ($50\sim$) ayrılabilir (1000 cm^{-1}). Kızılötesi ışığın keşfi 19. Yüzyıl' da gerçekleşmiştir. O zamandan beri bilim adamları kızılötesi ışığı kullanmanın çeşitli yollarını kurdular. Kızılötesi soğurma spektroskopisi bilim insanlarının moleküllerin kızılötesi ışınımın karakteristik özümsemesiyle molekül yapılarını belirlemek için kullandıkları yöntemdir. Kızılötesi tayf, moleküler titreşim tayfidir. Kızılötesi radyasyona maruz kaldığında, numune molekülleri seçici olarak belirli molekül dalgalarının dipol momentinin değişmesine neden olan radyasyonları emer. Sonuç olarak, örnek moleküllerin titreşimsel enerji seviyeleri temel durumdan uyarılmış duruma

geçer. Absorpsiyon tepe noktasının frekansı, titreşimsel enerji boşluğu ile belirlenir. Soğurma tepe noktalarının sayısı molekülün titreşim özgürlüğünün sayısı ile ilgilidir. Absorpsiyon tepe değerlerinin yoğunluğu dipol momentinin değişimi ve enerji seviyelerinin geçiş olasılığı ile ilişkilidir. Bu nedenle, kızılötesi tayfı analiz ederek bir molekülün bol miktarda yapı bilgisini kolayca elde etmek mümkündür.

FTIR spektrometreleri, üçüncü nesil kızılötesi spektrometresidir. FTIR spektrometrelerinin bazı belirgin avantajları vardır: (1) Spektrumun sinyal-gürültü oranı, önceki nesil kızılötesi spektrometrelerden belirgin şekilde yüksektir. (2) Dalga numarasının doğruluğu yüksektir. Hata $\pm 0.01 \text{ cm}^{-1}$ aralığındadır. (3) Tüm frekansların tarama süresi kısadır (yaklaşık 1 sn). (4) Çözünürlük oldukça yüksektir ($0,1 \sim 0,005 \text{ cm}^{-1}$). (5) Tarama aralığı geniş ($1000 \sim 10 \text{ cm}^{-1}$). (6) Kaçak ışıktan kaynaklanan parazitler azalır. Bu avantajlar nedeniyle, FTIR Spektrometreleri, dağıtıcı IR spektrometrelerinin yerini almıştır.

2.8.2. Bilgisayarda görüntü işleme

Görüntü işleme, görüntüyü dijital forma dönüştürme ve gelişmiş görüntü elde etmek veya ondan bazı yararlı bilgiler elde etmek için üzerinde bazı işlemler gerçekleştirmek için kullanılan bir yöntemdir. Girişin görüntü olduğu, video karesi veya fotoğraf gibi bir tür sinyal dağıtımı ve çıktının görüntü veya bu görüntü ile ilgili karakteristikler olabileceği bir işlemdir. Genellikle görüntü işleme sistemi önceden ayarlanmış sinyal işleme yöntemlerini uygularken görüntüleri iki boyutlu sinyal olarak işlemeyi içerir. Görüntü İşleme, mühendislik ve bilgisayar bilimleri disiplinlerinde de temel araştırma alanını oluşturur.

Görüntü işleme temel olarak aşağıdaki üç adımı içerir.

- a. Görüntüyü optik tarayıcıyla veya dijital fotoğrafçılıkla içe aktarma.
- b. Veri sıkıştırma ve görüntü geliştirme içeren görüntüyü analiz etmek ve manipüle etmek ve uydu fotoğrafları gibi insan gözüne ait olmayan desenleri tespit etmek.
- c. Çıktı, sonucun görüntü analizine dayanan görüntü veya raporda değiştirilebileceği son aşamadır.

2.8.3. Görüntü işleme türleri

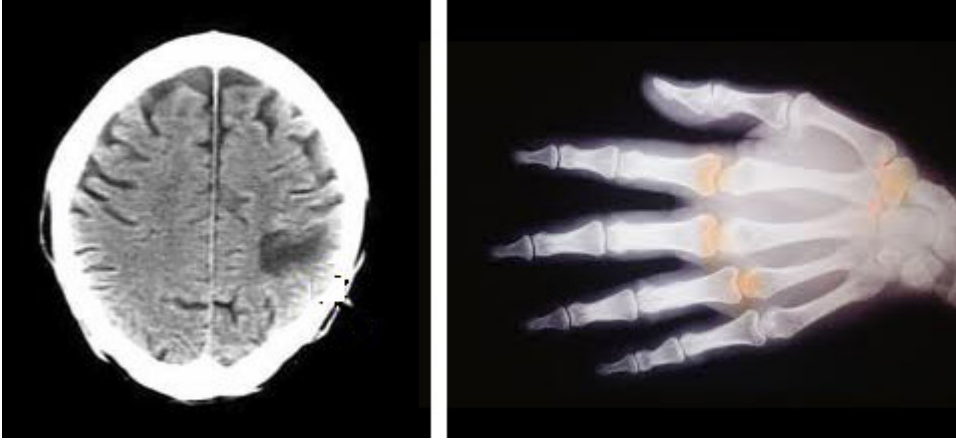
Görüntü işleme Analog ve Dijital olarak iki türde incelenebilir. Çıktılar ve fotoğraflar gibi basılı kopyalarda analog veya görsel görüntü işleme teknikleri kullanılabilir. Görüntü analistleri bu görsel teknikleri kullanırken yorumlamanın çeşitli temellerini kullanır. Görüntü

işleme sadece üzerinde çalışılması gereken alanlarla sınırlı değil aynı zamanda analistin bilgisiyle de sınırlıdır. İlişki, görsel tekniklerle görüntü işlemede önemli bir araçtır. Bu yüzden analistler, görüntü işlemeye kişisel bilgi ve teminat verilerinin bir kombinasyonunu uygularlar.

Dijital görüntü işleme teknikleri bilgisayarları kullanarak dijital görüntülerin değiştirilmesine yardımcı olur. Bunlara yardımcı ekipman olarak bazı sensörler sisteme ilave edilebilir. Görüntüleme sensörlerinden elde edilen ham veriler bazı durumlarda çalışma platformundan kaynaklanan eksiklikleri giderebilmektedir. Bu gibi kusurların üstesinden gelmek ve bilginin özgünlüğünü elde etmek için çeşitli işlem aşamalarından geçmesi gerekir.

2.8.4. Görüntü işleme uygulamaları

1. Akıllı ulaşım sistemleri: Bu teknik otomatik plaka tanıma ve trafik işareti tanıma işlemlerinde kullanılabilir.
2. Uzaktan algılama: Bu uygulama için sensörler, uzaktan algılanan uydularda veya bir uçak üzerine monte edilmiş çok spektral tarayıcıda dünya yüzeyinin resimlerini çeker. Bu resimler dünya istasyonuna iletilerek işlenir. Nesnelere ve bölgeleri yorumlamak için kullanılan teknikler taşkın kontrolü, şehir planlama, kaynak mobilizasyonu, tarımsal üretim izleme vb. Yerlerde kullanılabilir.
3. Hareketli nesne takibi: Bu uygulama hareket parametrelerini ölçmenizi ve hareketli nesnenin görsel kaydını almanızı sağlar.
4. Savunma gözetimi: Havadan izleme sistemleri karada ve okyanuslarda sürekli bir göz tutmak için kullanılır. Bu uygulama aynı zamanda okyanus yüzeyindeki deniz taşıtlarının tiplerini ve oluşumlarını bulmak için de kullanılır. Önemli görev görüntünün su kütlesi kısmında bulunan çeşitli nesnelere bölmektir. Uzunluk, genişlik, alan, çevre, kompaktlık gibi farklı parametreler bölünmüş nesnelere her birini sınıflandırmak için ayarlanmıştır. Gemilerin olası tüm oluşumlarını açıklamak için bu cisimlerin dağılımının doğu, batı, kuzey, güney, kuzeydoğu, kuzeybatı, güneydoğu ve güney batı yönlerinde farklı yönlerde tanınması önemlidir. Okyanus senaryosunun tamamını bu nesnelere mekansal dağılımından yorumlayabiliriz.
5. Biyomedikal görüntüleme teknikleri - Tıbbi tanı için, röntgen, ultrason, bilgisayar destekli tomografi (BT) vb. gibi farklı görüntüleme araçları kullanılır. Röntgen, MRG ve bilgisayar destekli tomografi (BT) diyagramları Şekil 2.29.'da görülmektedir.



Şekil 2.22. X-ışını, MRI ve Bilgisayar Destekli Tomografinin (BT) Temsili Görüntüsü (Goel 2003)

Biyomedikal görüntüleme uygulamaları uygulamalarından bazıları şunlardır:

6. Otomatik görsel guayene sistemi - Bu uygulama, endüstrilerde ürünün kalitesini ve verimliliğini artırır.

Akkor lamba filamanlarının otomatik muayenesi - Bu, ampul üretim işleminin incelenmesini içerir. Bu uygulamada, filamentin silüetinin üretildiği filamentin bir ikili görüntü dilimi oluşturulur. Silüetleri, lambadaki kablolama adımıdaki düzensizliği tanımak için analiz edilir. Bu sistem General Electric Corporation tarafından kullanılıyor.

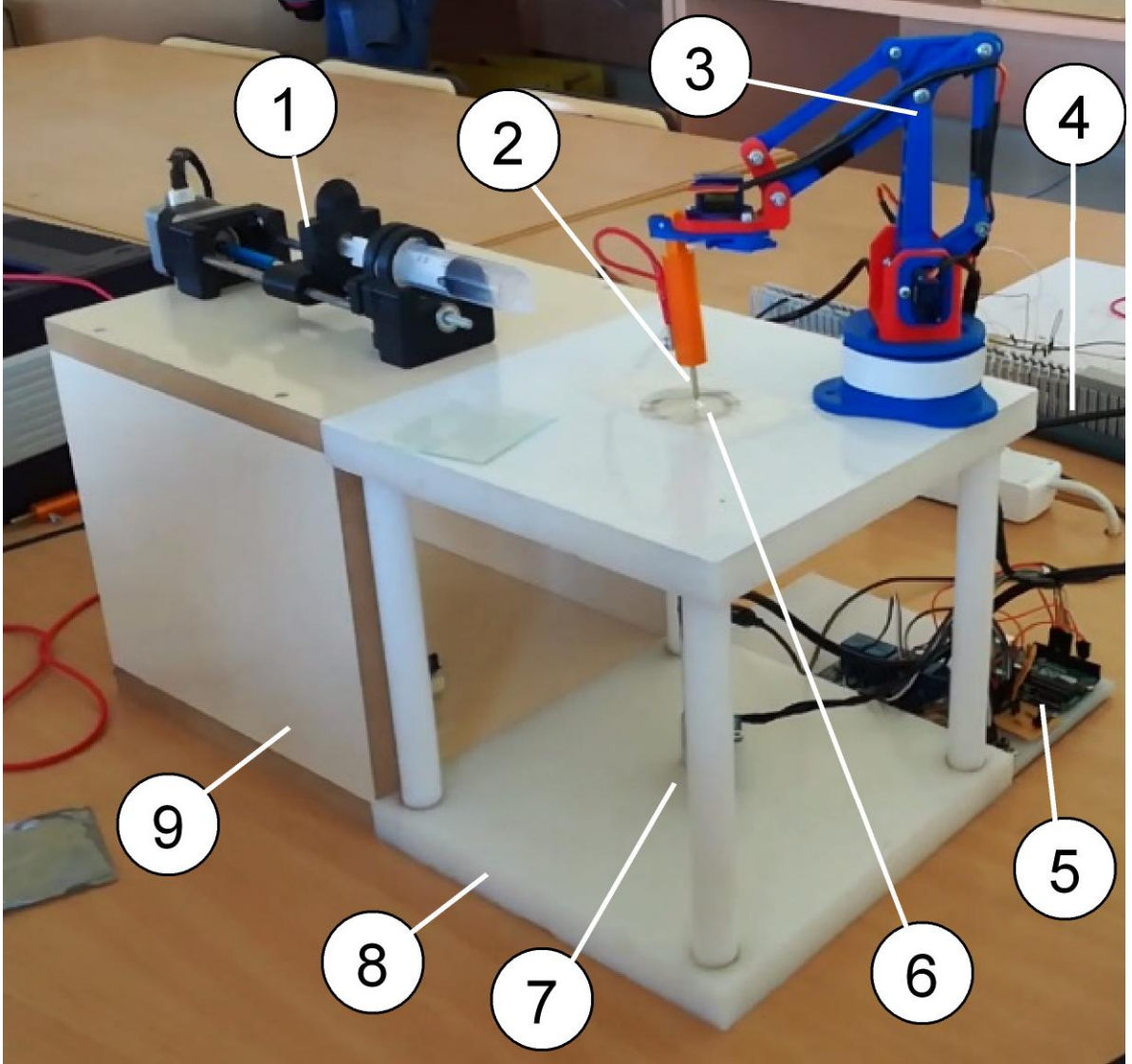
Otomatik yüzey kontrol sistemleri - Metal endüstrilerinde, yüzeylerdeki kusurları tespit etmek önemlidir. Örneğin, bir çelik tesisinde sıcak veya soğuk haddehanelerdeki haddelenmiş metal yüzeyindeki herhangi bir sapmayı tespit etmek önemlidir. Doku tanımlama, kenar algılama, fraktal analiz vb. Görüntü işleme teknikleri tespit için kullanılır.

Hatalı bileşen tanımlaması - Bu uygulama elektronik veya elektromekanik sistemlerdeki hatalı bileşenleri tanımlar. Bu hatalı bileşenlerden daha yüksek miktarda termal enerji üretilir. Kızılötesi görüntüler analiz edilerek hatalı bileşenler tespit edilebilir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyaller

Bu tez çalışmasında polimerik tabanlı malzemelerin atmosfer koşullarında yüzey özelliklerinin değişiminin temas açısı ölçümü yöntemiyle incelendiği otomatik kontrollü bir sistem tasarlanmıştır. Bu tasarıma uygun bir protitip hazırlanarak deneysel çalışmalar yapılmıştır. Şekil 3.1.'de ki görselde hazırlanan prototip görülmektedir.



Şekil 3.1. Otomatik kontrollü sistem prototipi

Düzenek aşağıdaki donanımlardan oluşmaktadır:

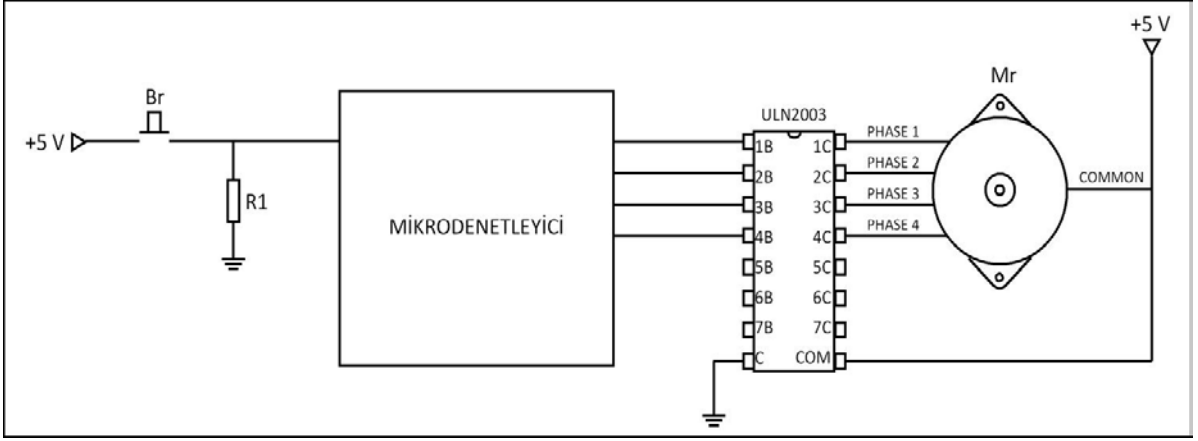
1. Enjektör Sistemi
2. Üst elektrot (İğne/Çubuk Elektrot)
3. Robotik Kol Sistemi
4. Gerilim Bölücü Devresi
5. Elektronik Kontrol Üniteleri
6. Alt Silindir Elektrot
7. Alt Elektrotu Döndüren Adım Motoru
8. Uygulama Sehpası
9. Enjektör Sehpası
10. Kamera Sistemi

3.1.1. Uygulama sehpası

Tüm ekipmanların üzerine monte edildiği ve uygulamanın gerçekleştiği ana ekipmandır. 20 cm x 20 cm boyutlarında 10 mm. kalınlığında alt ve üst tablalarını 10 mm. kalınlığında 4 adet çubuk direkler üzerine özel CNC kesim ile monte ettirilmiş Teflon (PTFE) malzemeden oluşmaktadır. Üst tablanın tam orta noktasında elektrod için boşluk açılmış ve koruma elektrodu montalanmıştır. Bunun tam ortasına merkezlenerek silindir elektrod sistemi yerleştirilmiştir.

3.1.2. Rotasyonel hareket eden alt elektrod sistemi

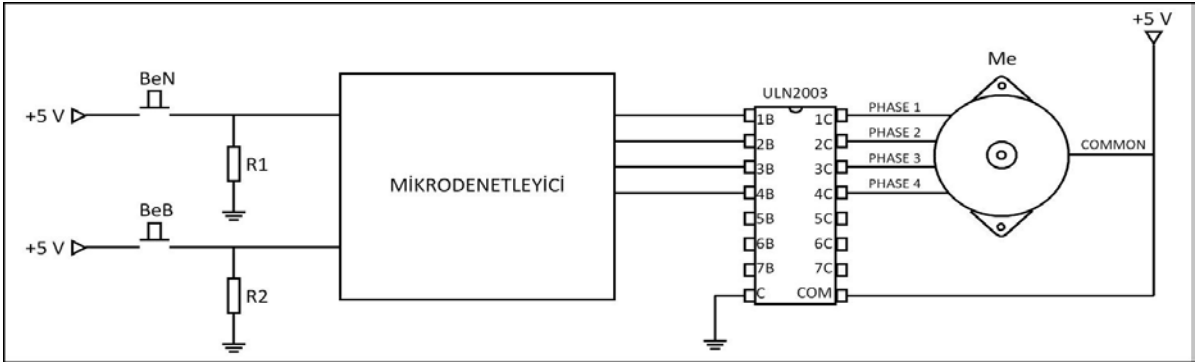
Uygulama sehpasının üst tablası ile alt tablası arasında bulunur. Merkezi üst tablayla eş merkezli olan çelik alt elektrod devamında teflon malzemeden üretilmiş çubuk ile tabanda elektrik motoruna monte edilmiştir. Elektrik motorunun bağlı olduğu mikrodenetleyici sayesinde butona her basılışında 45 saniyede 15° dönüş yaparak durmaktadır. Dönüş hareketinin gerçekleştirildiği elektronik devre şeması Şekil 3.2.'de görülmektedir.



Şekil 3.2 Alt elektrot sistemi elektronik devre şeması

3.1.3. Enjektör sistemi

Enjektör sistemi, uygulama sehpası ile aynı ölçülerde üst tablasıyla eş zemin seviyesinde konumlandırılmış bir sehpanın üzerine kurulmuştur. Raylı sistemi sayesinde alt elektrodun merkezine sürülen enjektörün mikrodenetleyicisinde bulunan butona basıldığında daha önceden içerisine koyulmuş olan sıvıyı damlatmaktadır. Bu damlatma işleminin amacı yüzek modifikasyonunun değerlendirilmesinde kullanılacak olan ıslatma açısının belirlenmesi için kullanılmaktadır. Damlatma işlemi bittikten sonra raylı sürgü ile geri çekilir ve bir sonraki aşama için uygulama sehpasının üzeri boşaltılmış olur. Şekil 3.3.'de devre şeması verilmiştir.

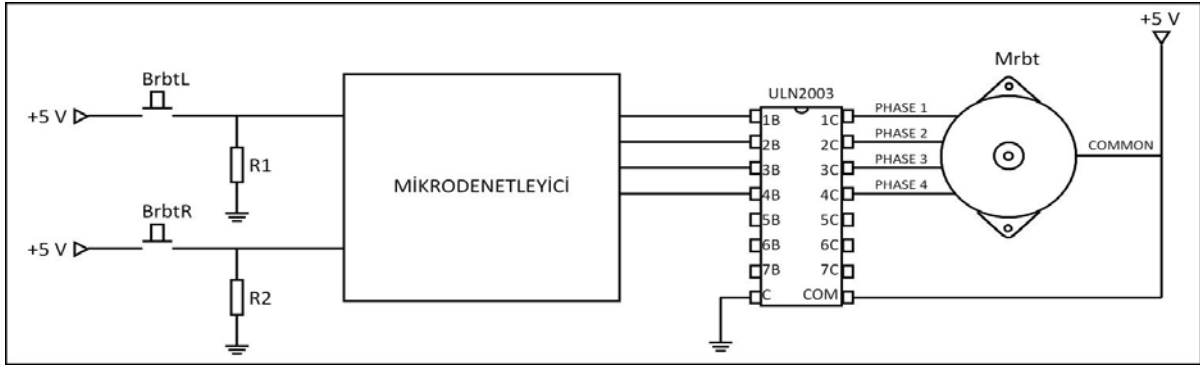


Şekil 3.3. Enjektör sistemi elektronik devre şeması

3.1.4. Robotik kol sistemi

Alt elektrodun üzerine konulan polimerik malzemenin modifikasyonu için üst elektrotun monte edildiği robotik kol, alt elektrod ile eş merkezli ve ona belli uzaklıkta konumlanacak şekilde hareket eder. Korona boşalması işlemi sonrası kamera ile görüntü

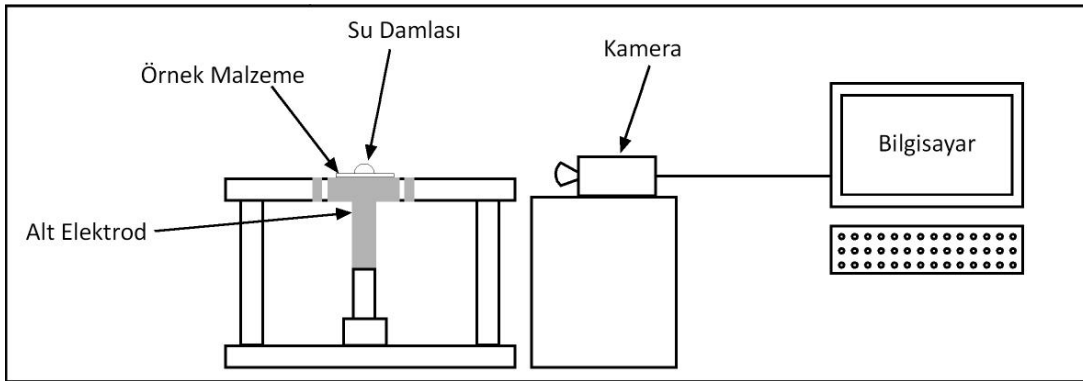
alınması için uzaklaşarak deney alanını boşaltmış olur. Robotik kol mikrodenetleyici ile uzaktan kontrol edilmektedir. Şekil 3.4.'de devre şeması görülmektedir.



Şekil 3.4. Robotik kol sistemi elektronik devre şeması

3.1.5. Kamera Düzenegi ve temas açısı belirleme

Polimer malzemenin üzerine korona boşalması işlemi öncesi ve sonrası damlatılmış olan sıvıların yatay düzlemde yaptığı açığı ölçmek için fotoğrafları çekilerek hafızaya kaydedilir. Daha sonra hafızaya kaydedilen görüntüler, görüntü işlemeye tabi tutularak temas açılarının değerleri belirlenir. Şekil 3.8.'de düzenek tasarımı görülmektedir.



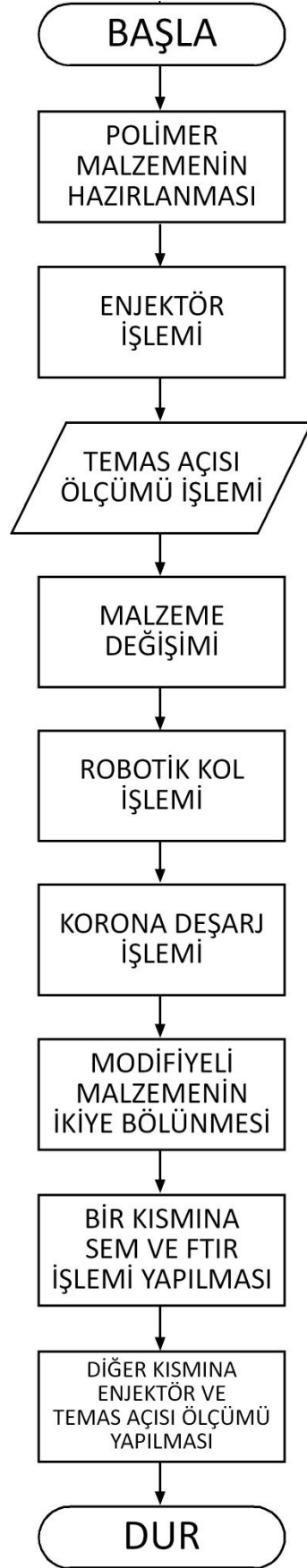
Şekil 3.5. Kamera ve temas açısı ölçüm devresi

3.2. Yöntem

Deneysel çalışmanın aşamaları şu şekildedir:

1. Bir adet polimer malzeme ikiye bölünür.
2. Alt elektrodun üzerine polimer malzemenin birinci kısmı koyulur.
3. Enjektör sistemi sürülerek alt elektrodun üzerine getirilir.
4. Enjektör sistemi ile malzemenin üzerine bir damla sıvı damlatılır.
5. Enjektör sistemi geri çekilir.
6. Malzemenin üzerindeki damlanın malzemeyle yaptığı temas açısının ölçümü için kamera ile fotoğraf çekilir.
7. Her fotoğraf sonrası alt elektrod düzeneği 15° açılarla döndürülür. Bir tam tur fotoğraf çekim işlemi tamamlandıktan sonra diğer aşamaya geçilir.
8. Bu malzeme alınıp yerine aynı malzemenin ikinci kısmı koyulur.
9. Robotik kol malzemenin üzerine getirilir.
10. Korona boşalması işlemi başlatılır. Korona boşalması ile malzemeye yüzey modifikasyonu yapılır.
11. Korona boşalması işlemi bittikten sonra robotik kol geri çekilir.
12. Modifikasyon sonrası yüzey yük yoğunluğu tespiti için yine damlata işlemi ve kamera ile 15° adımlarla panoramik 360° fotoğraf çekilir.
13. Çekilen fotoğraflardan Matlab ortamında görüntü işleme tekniğiyle temas açıları tespit edilir.
14. Korona boşalması işlemine tabi tutulmuş polimerik malzemenin yüzeyindeki değişimlerin gözlemlenmesi için SEM ve FTIR testleri yapılmak üzere laboratuara gönderilir.

Sistemin genel çalışma algoritması 3.5.'de verilmiştir.



Şekil 3.6. Sistemlerin genel çalışma algoritması

3.2.1. Rotasyonel hareket eden alt elektrod sistemini çalışması

Alt elektrod merkezine monte edilmiş olan Teflon çubuk, sıkı geçme yöntemiyle bir adım motora bağlanmıştır. Adım motor bir mikrodenetleyici tarafından sürülmektedir. Mikrodenetleyiciye sinyal yollayan bir harici kumanda düğmesi sayesinde adım motora dönüş komutu gitmektedir. Düğmeye her basışta adım motor 15° derecelik bir açı yapana kadar saat yönünde dönüş yapmaktadır. Burada dönüş hızı önem arz etmektedir. Eğer dönüş çok hızlı olursa damla hareket eder ve bu da yüzey ile yaptığı açının değişmesine sebebiyet verir. Doğru ölçüm için dönüş esnasında yüzeydeki damlanın konumunun hiç değişmemesi gerekmektedir. Bu nedenle bir dönüş süreci 45 saniyede gerçekleşecek şekilde adım motora komut gönderilmektedir. Dönüş hızı başka uygulamalar için programlanabilir.

3.2.2. Robot kol sisteminin çalışması

Robot kolun malzemeleri üç boyutlu yazıcı tarafından üretilmiştir. Ek yerleri ve bağlantı noktaları vida, civata ve somunlar yardımıyla sabitlenmiştir. Yatay eksen, düşey eksen ve dairesel eksenlerde hareketlerini sağlamak üzere adım motor kullanılmıştır. Adım motorların kontrolü mikrodenetleyici tarafından yapılmaktadır. Robotik kolun hareket özellikleri uzaktan kontrolle (mobil aygıtlarla) Bluetooth ya da wi-fi ya da rf sistemlerle control edilebilir. Bu tez çalışmasında korona oluşturuçu elektrodun modifiye edilecek yüzeye göre konumu Bluetooth modülü ile haberşeme yöntemini kullanarak gerçekleştirilmiştir. Robot kol çalışma algoritması Şekil 3.6.'da verilmiştir.



Şekil 3.7. Robot kol sistemi algoritması

3.2.3. Enjektör sisteminin çalışması

Enjektör sisteminin malzemeleri üç boyutlu yazıcı tarafından üretilmiştir. Ek yerleri ve bağlantı noktaları vida, civata ve somunlar yardımıyla sabitlenmiştir. Enjektör sisteminin orta bölümüne bir şırınga koyulmuştur. Şırınganın önceden içerisine koyulmuş olan sıvı şırınganın tapası ile itirilerek damlatılmaktadır. Bu itirme işlemi için dönel silindir bir helezon yapılmış ve bu helezon bir adım motora bağlanmıştır. Adım motora verilen adım ölçüsünde motorla birlikte dönen helezon sayesinde belirli miktarda ileri giden şırınganın tapası damlayı damlatmaktadır. Buradaki adım motorun adım kontrolü mikrodenetleyici tarafından yapılmaktadır. Enjektör sisteminin damlatma işlem sırası kendisine geldiğinde düzeneğin üzerine gidip damlatma işlemi sonrası da düzeneği terk etmesi için bir ray kullanılmıştır. Enjektör sistemi bu rayın üzerine monte edilmiş ve bu sayede ileri geri sürülebilir hale getirilmiştir. Rayın montajında sürgünün en ileride olduğu nokta, şırınganın ucunun alt

elektrodun merkezine denk geldiği nokta olarak konumlanmasına dikkat edilmiştir. Enjektör sisteminin çalışma algoritması Şekil 3.7.'da verilmiştir.

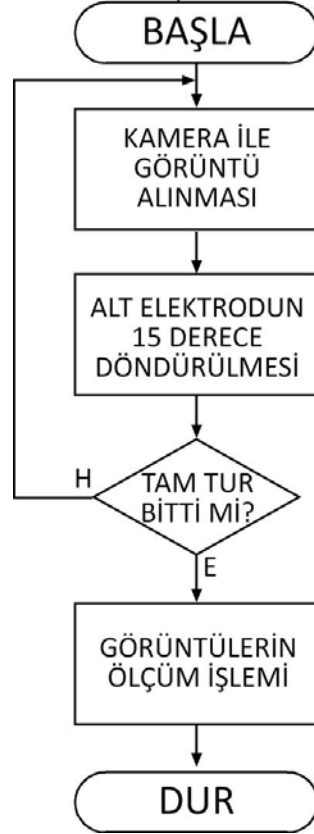


Şekil 3.8. Enjektör sistemi algoritması

3.2.4. Kameranın çalışması ve temas açısı belirlenmesi

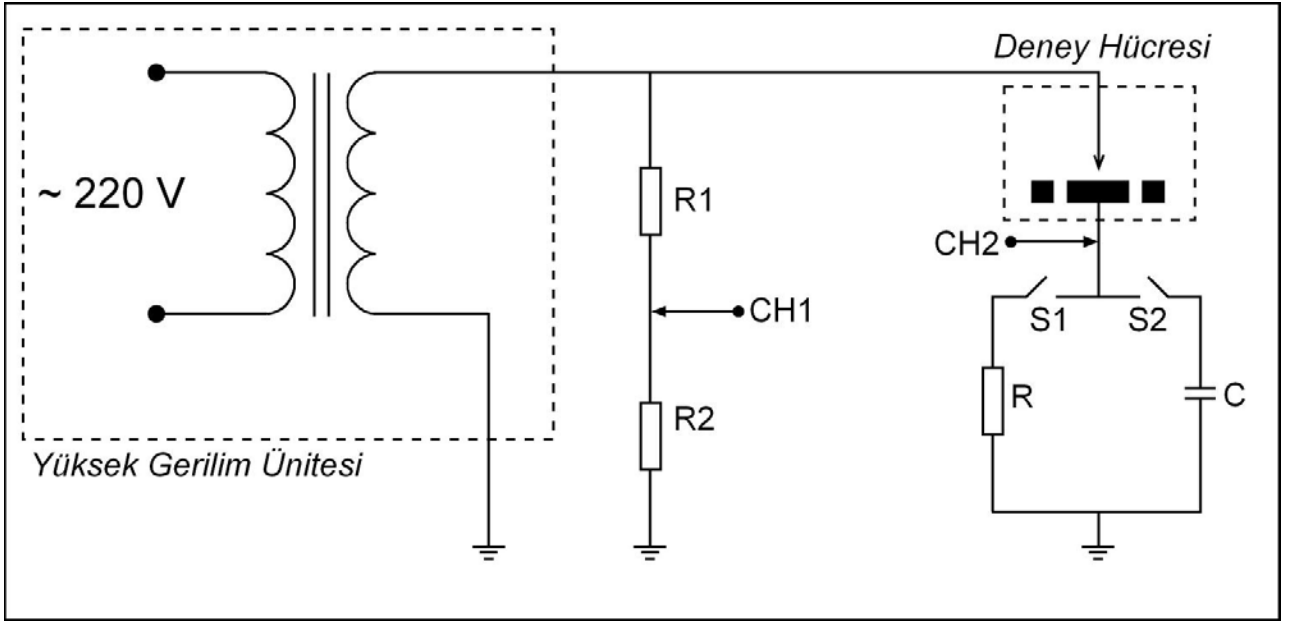
Uygulama sehpasının üzerindeki damlanın yataydan fotoğrafını çekmek için kullanılan kamera, alt elektrodun kendi eksenini etrafında kameranın görüş açısına göre her 15° lik dönüş işlemini tamamladıktan sonra kullanılmaktadır. Bir tam tur dönüş ile çekilen fotoğraflarla 24 adet görüntü elde edilmiş olur. Elde edilen görüntüler kameranın SD hafızasına kaydedilir. Deney sonlandığında kaydedilen bu fotoğraflar bilgisayara aktarılır. Daha sonra MATLAB ortamında hazırlanmış program ile tek tek görüntü işlemeye tabi tutularak temas açıları belirlenir. Bir damlanın temas açısı, tam turundan elde edilen 24 adet görüntünün temas açılarının ortalamasıyla elde edilir. Bu işlemin nedeni, tek taraftan çekilen görüntüden elde

edilen temas açısı her zaman doğru değeri vermeyebilir. Damlanın yüzey ile yaptığı açı, malzemenin yük yoğunluğuna göre değiştiği için damlanın çevresindeki tüm açılar aynı olmaya bilir. Bu sebeple tek noktadan çekilecek elde edilen açı değeri yanıltıcı olabilir. Bunun önüne geçmek için temas açısı, 24 adet örnekleme ile damlanın çevresinin fotoğrafları çekilerek her bir temas açısının ortalaması alınarak elde edilir. Robot kol çalışma algoritması. Kamera çalışması ve temas açısı belirleme algoritması Şekil 3.9.'da verilmiştir.



Şekil 3.9. Kamera ve temas açısı ölçümü algoritması

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA



Şekil 4.1. Elektrik besleme ve gerilim bölücü devresi

Hazırlanan prototipte yapılan deneysel çalışma için Şekil 4.1.'deki gibi bir devre hazırlanmıştır. $R1 = 48 \text{ M}\Omega$, $R2 = 1 \text{ k}\Omega$, $R = 100 \text{ }\Omega$ ve $C = 220 \text{ nF}$ olarak seçilmiştir. Burada $R1$ ve $R2$ gerilim bölücü devresidir ve osilaskobun CH1 kanalı üzerinden buradaki gerilim gözlenmektedir. R ve C alt elektrot ile toprak arasında bulunmakta ve buradan geçen gerilim de osilaskobun CH2 kanalı üzerinden gözlemlenmektedir. $S1$ ve $S2$ anahtarları vasıtasıyla R ve C dirençleri devreden çıkarılıp devreye sokulabilmektedir. AC 220 V kaynağa bağlı olan yüksek güç transformatorünün çıkışlarından alınan gerilim devreye verilmiştir. Devreye uygulanan gerilimde üst elektrot ile alt elektrot arasında fiziksel bir bağ olmayıp iletim atmosfer ortamında korona deşarjı ile havadan sağlanmaktadır.

Çizelge 4.1. Hava ortamında çubuk-düzlem elektrot sistemine uygulanan farklı gerilim değerlerinde gerçekleştirilen korona boşalma etkisine maruz bırakılmış PET polimer dielektriğinin yüzey ıslatma açısının boşalma etki süresine göre değişimi

<i>PET</i> $d=35 \mu$; $\theta^0 = 64^0$; $d_1 = 250 \mu$					
	t_{tr}, s	Hava $U_{tr} = 4,3 kV$	Hava $U_{tr} = 7,5 kV$	Hava $U_{tr} = 8 kV$	Hava $U_{tr} = 10 kV$
1	0	64	64	64	64
2	1	64	64	64	64
3	2	64	63,5	63,6	63
4	3	63,8	63	62	60
5	4	63,7	62,8	58	53
6	5	63	62	56	48
7	6	62,8	61,7	52,7	45
8	7	62,3	61,2	52	41
9	8	62	61	51,5	40,2
10	9	61,8	59,6	50,3	39
11	10	59	59	49	38
12	20	56	57	47	34
13	30	49,7	44	46,2	32
14	60	49	36	40	25
15	120	45	35	35	19
16	180	43	30	30	18
17	300	37	29	27	16

Çizelge 4.1'deki bilgilere istinaden çubuk-düzlem elektrot sistemine uygulanan gerilimin artan değerlerine göre, polimer dielektriğin yüzey ıslatma açısı ile belirlenen hidrofilite özelliğinin arttığı görülmektedir. PET malzeme kalınlığını d , yüzey ıslatma açısını θ , elektrotlar arası açıklığı d_1 , elektrik boşalması süresini t_{tr} ve elektrotlara uygulanan gerilimi U_t sembolleri ile gösterilmektedir. Örneğin elektrotlara uygulanan gerilimin 4,3 kV değerinde boşalmasının etki süresinin 0-300 s arasında değişmesi durumunda yüzey ıslatma açısının yaklaşık %57,81 lik bir oran azaldığı görülmektedir. Bilindiği üzere polimer dielektriklerin serbest yüzey enerjisi Dupre-Young formülü olarak adlandırılan aşağıdaki ifadeyle tanımlanmaktadır (Alisoy 2005).

$$W = \sigma(1 + \cos\theta) \quad (4.1)$$

Denkelem 4.1.'de W serbest yüzey enerjisi, θ yüzey ıslatma açısı ve $\sigma = 72,75 \times 10^{-3} N/m$ 20 derece belirlenmiş saf su yüzey gerilme katsayısını ifade etmektedir. Belirlenen yüzey ıslatma açısı değerlerine göre PET polimer dielektriğinin ilgili Çizelge 4.1'deki tanımlanmış koşullar altında korona boşalması etkisi sonucu serbest yüzey enerjisinin

değeri $104,64 \times 10^{-3} \text{ J/m}^2$ olduğu görülmektedir. Elektrotlar sistemine uygulanan gerilimin farklı değerleri için boşalma etki süresinin 0-300 s zaman aralığında değişmesi durumunda Dupre-Young formülünden hareketle hesaplanan serbest yüzey enerjilerinin arttığı gözlemlenmiştir. Bu artış değerleri şu şekildedir: Elektrotlara uygulanan gerilim $U_t = 4,3 \text{ kV}$ için 300 s korona süresi sonunda serbest yüzey enerjisinin $W = 130,85 \times 10^{-3} \text{ J/m}^2$ olduğu ve yaklaşık %25 artış gösterdiği görülmüştür. Elektrotlara uygulanan gerilim $U_t = 7,5 \text{ kV}$ için 300 s korona süresi sonunda serbest yüzey enerjisinin $W = 136,37 \times 10^{-3} \text{ J/m}^2$ olduğu ve yaklaşık %29 artış gösterdiği görülmüştür. Elektrotlara uygulanan gerilim $U_t = 8 \text{ kV}$ için 300 s korona süresi sonunda serbest yüzey enerjisinin $W = 137,57 \times 10^{-3} \text{ J/m}^2$ olduğu ve yaklaşık %31 artış gösterdiği görülmüştür. Elektrotlara uygulanan gerilim $U_t = 4,3 \text{ kV}$ için 300 s korona süresi sonunda serbest yüzey enerjisinin $W = 142,68 \times 10^{-3} \text{ J/m}^2$ olduğu ve yaklaşık %36 artış gösterdiği görülmüştür.

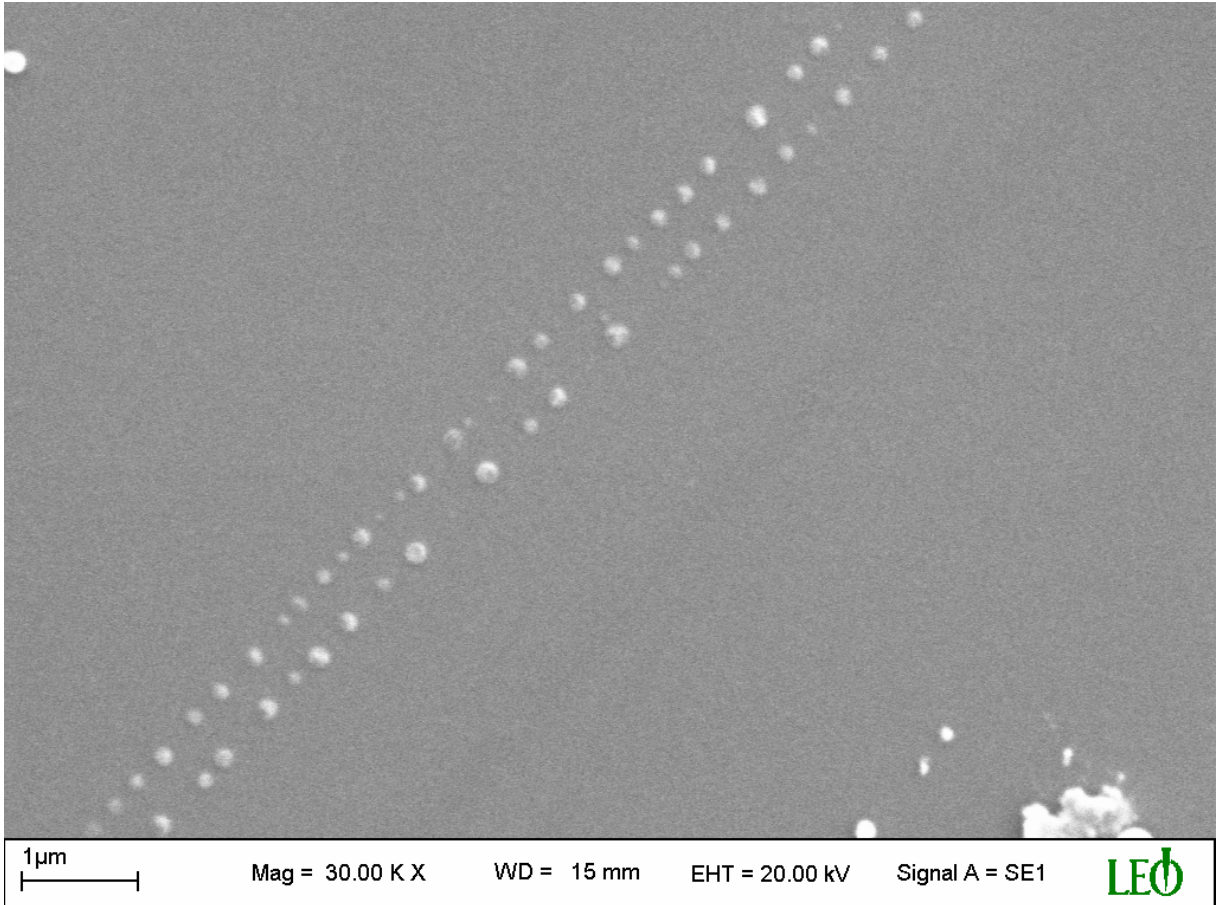
Çizelge 4.2. Hava ortamında çubuk-düzlem elektrot sistemine uygulanan farklı gerilim değerlerinde ve farklı elektrotlar arası açıklık değerlerinde gerçekleştirilen korona boşalma etkisine maruz bırakılmış PET polimer dielektriğinin yüzey ıslatma açısının boşalma etki süresine göre değişimi

	PET $d=35 \mu$; $\theta^0 = 64^0$; $d_1 = 2,3 \text{ cm}$			Hava
	t_{ir}, s	Hava $U_{ir} = 12 \text{ kV}$	Hava $U_{ir} = 15 \text{ kV}$	$U_{ir} = 30 \text{ kV}$ $d_1 = 0.5 \text{ cm}$
1	0	64	64	64
2	60	62	58,5	57
3	120	57,5	52	49
4	180	55	48	45
5	300	51,5	42,5	40
6	360	50	41	38,5
7	420	49	40	37,5
8	480	48,5	39,5	37
9	540	48	38,5	36
10	600	48	38,5	35,5
11	660	47,6	38,2	35,2
12	720	47,5	38	35
13	780	47	38	35
		$Y_1 = 59,82e^{-0,0186t}$	$Y_2 = 59,8e^{-0,0505t}$	$Y_3 = 58,06e^{-0,056t}$

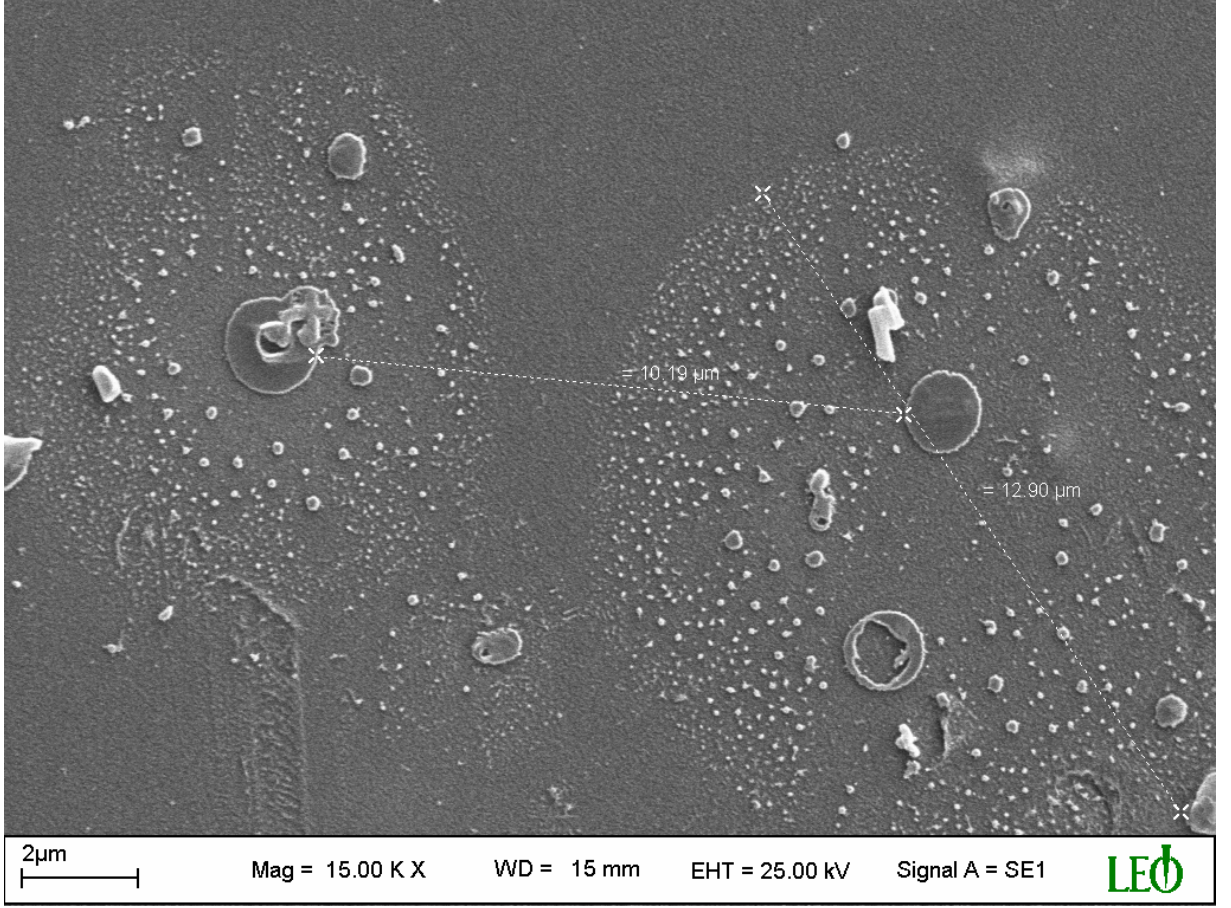
Çizelge 4.2’de aynı malzeme için (PET) elektrotlar arası açıklık parametresinin değişiminin malzemenin yüzey ıslatma açısı üzerindeki etki sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara istinaden her ne kadar iğne-düzelem elektrot sistemine uygulanan gerilim değeri artsa da, açıklık faktörlerinin daha küçük değerli ve boşalma etkis süresinin daha küçük değerleri için,

boşalma etkisiyle yüzey özelliklerinin modifiye olması (serbest yüzey enerjisinin artması anlamında) daha küçük aralıkta değişmiştir. Örneğin elektrotlar arası açıklığın $d_1=2,3$ cm ve elektrotlara uygulanan gerilimin $U_t = 15$ kV ve boşalma etki süresinin $t_{tr}=780$ s olmasına rağmen yüzey ıslatma açısındaki değişim miktarı yaklaşık %40 civarındadır. Bu koşullar altında serbest yüzey enerjisinin $W=130,07 \times 10^{-3}$ J/m² olup artış miktarının yaklaşık %24 oranında değiştiğini göstermektedir.

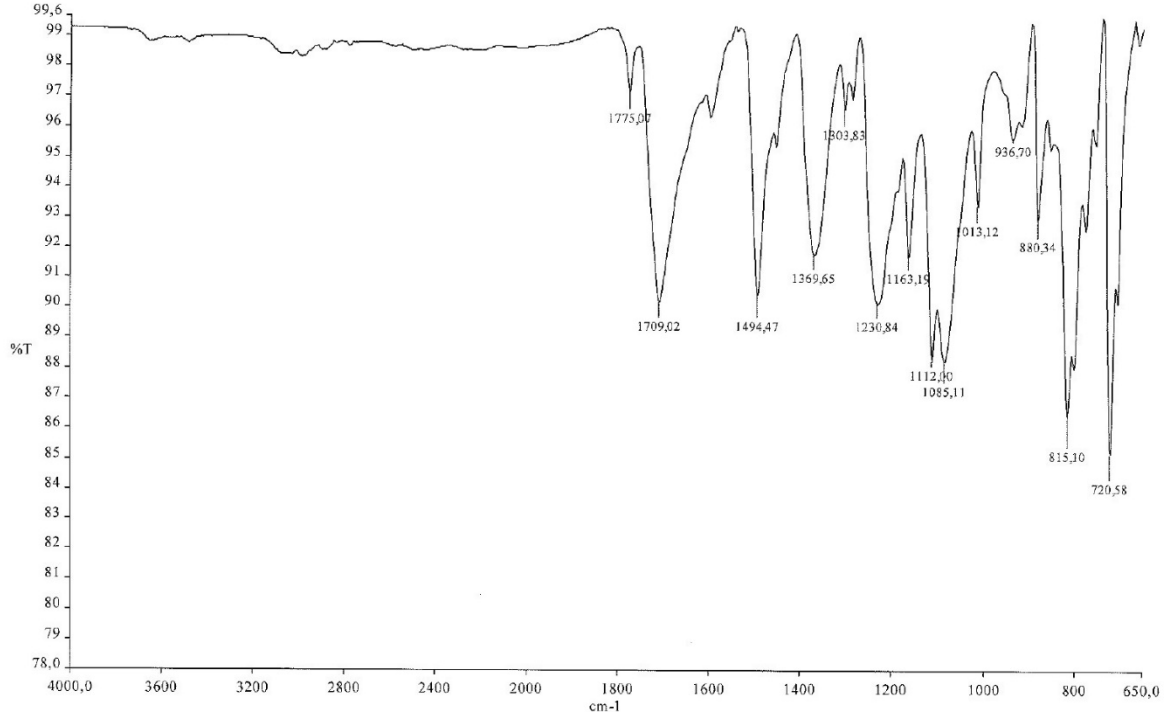
Tasarlanan otomatik kontrollü sistem için hazırlanan prototip ile yapılmış olan deneysel çalışmaların SEM görüntüleri Şekil 4.2.'de ve Şekil 4.3.'de, FTIR analizi sonuçları Şekil 4.4.'de ve Şekil 4.5.'de kaydedilmiştir.



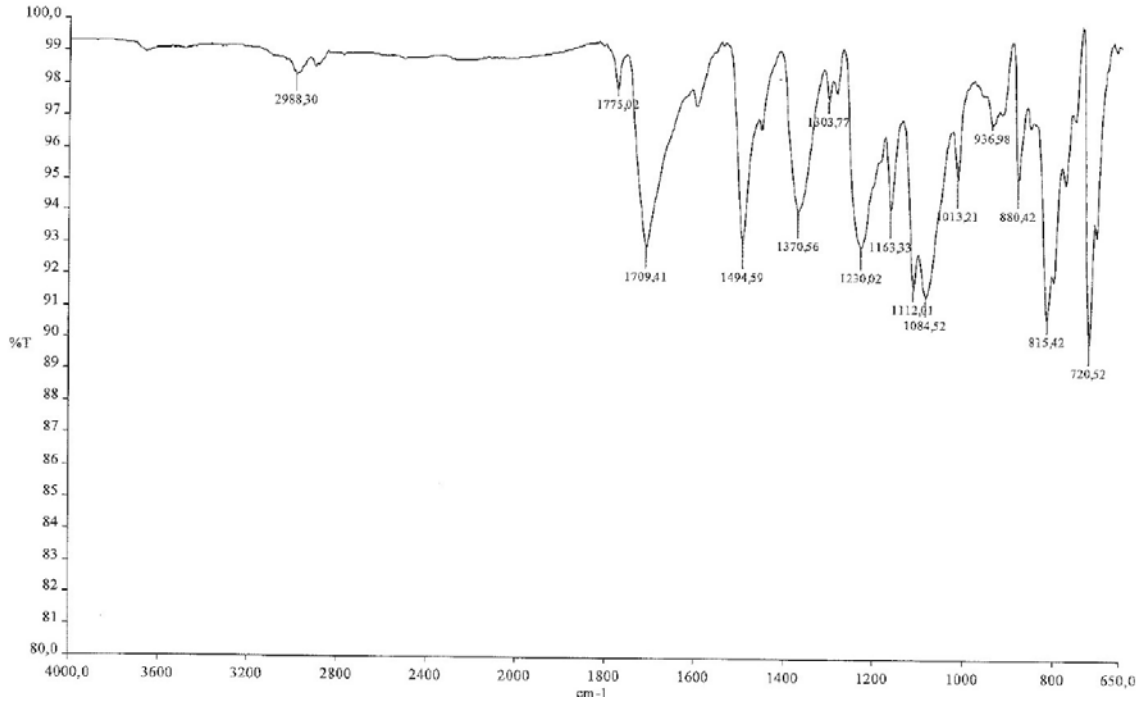
Şekil 4.2. Korona boşalması öncesi PET malzemesinin SEM görüntüsü



Şekil 4.3. Korona boşalmasına maruz bırakılmış PET malzemesinin SEM görüntüsü



Şekil 4.4. Korona boşalması öncesi PET malzemesinin FTIR spektrumu



Şekil 4.5. Korona boşalmasına maruz bırakılmış PET malzemesinin FTIR spektrumu

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu yüksek lisans tez çalışmasında polimerik tabanlı malzemelerin korona boşalmasına maruz bırakılarak yüzey modifikasyonunun yapılması ve modifikasyon öncesi ve sonrası malzemelerin yüzey yük yoğunluklarının temas açısı ölçümü yöntemiyle belirlendiği otomatik kontrollü bir sistem tasarlanmıştır. Tasarlanan sistem için bir prototip hazırlanmış ve bu prototip düzenekte deneysel çalışmalar yapılmıştır. Deneysel çalışmaların uygulama kolaylığı ve deney sonuçları sistemin kullanışlı ve düzgün çalıştığını göstermektedir.

Literatürde polimer tabanlı malzemelerin yüzey özelliklerinin incelenmesi ve modifiye edilmesi oldukça önem arz ettiğinden bu tasarım araştırmaların daha hızlı ve doğru sonuçlar vermesi açısından araştırmacıların işlerini oldukça kolaylaştıracaktır. Tasarlanan sistem, bir operatörün kumanda edebildiği düzenek sayesinde el değmeden robotik kol düzeneğini, enjektör düzeneğini, alt düzlem elektrod düzeneğini ve kamera düzeneğini kontrol edebilmesine imkan tanımaktadır.

Sistemin otomatik kontrollü olması hem zaman açısından hem de insan faktörünün en aza indirerek hata payını da düşürmektedir. Bu sebeple daha doğru sonuçlara ulaşılabilmektedir. Korona boşalması ile DC ve AC güç kaynakları ile çeşitli polimer tabanlı malzemelerin yüzey özelliklerini modifikasyona tabi tutulmuştur. Modifikasyon işlemi öncesi ve sonrası malzemelerin yüzey yük yoğunluklarını temas açısı ile ölçülmüştür. Ayrıca bu malzemelerin modifikasyon öncesi ve sonrası SEM görüntülerini ve FITR testleri incelenmiştir. Çıkan sonuçlarla tasarladığımız sistemin oldukça iyi performans sergilediği görülmüştür.

Bu tez çalışmasında yaptığımız çalışmalar elektriksel boşalmanın bir türü olan korona boşalması yöntemi ile yapıldığı için sonuçlar fiziksel modifikasyon türünde değerlendirilmektedir. Ancak tasarladığımız otomatik kontrollü bu sistemde parametreler değiştirilerek uygun bir rejim belirlendiğinde üzerinde çalışılan malzemelerin bağ yapıları koparılarak fizikokimyasal çalışmalar yapmak da mümkündür.

6. KAYNAKLAR

- Alisoy, H. (1995). Gazlarda Elektrik Olayları (Rusça), Bilim Yayın Evi, Rusya.
- Alisoy (Aliyev), H.Z., Mamiş, S. ve Köksal, M. (1999). Tek Polariteli Korona Alanında Yük Yoğunluğunun ve Elektrik Alan Şiddetinin Değişimi, Elektrik Elektronik ve Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Kongresi.
- Alisoy, H., Baysar, A. ve Alisoy, G.T. (2005). Phsomathematical Physicomathematical analysis of surface modification of polymers by glow discharge in SF₆+N₂ medium, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Volume 351, Issue 2, p. 347-357
- Akcalı, K., Oktav Bulut, M., (2012). Plazma Teknolojilerinin Yün Elyafı Üzerindeki Etkileri Üzerine Bir İnceleme, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, ct:2, sa:1, s.65-72.
- Anonim (2018). m.tr.panasyslcd.com/info/organic-light-emitting-diode-oled-20549370.html Erişim Tarihi: 03.10.2018
- Anonim (2018a). www.muhendisbeyinler.net/fiber-optik-kablo-nedir/ Erişim Tarihi: 03.10.2018
- Anonim (2019). https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c2/Plasma_wheel_2_med_DSIR2018.jpg Erişim Tarihi: 14.02.2019
- Anonymous, 1994. The Fiber Spinning Research Group School of Textiles, Fiber and Polymer Science. 1994.
- Atkinson, G.M., Pearson, R.E., Ounaies, Z., Park, C., Harrison, J.S., Dogan, S. and Midkiff, J.A. (2003). IEEE 12th International Conference on Solid State Sensors, Actuators and Microsystems, Boston, June 8-12, 782-785.
- Bao, M. and Wangb, W. (1996). Future of microelectromechanical systems (MEMS), Sensor. Actuat. A Phys. 56:2, 135-141.
- Blythe, A.R. and Bloor, D. (2005). Electrical Properties of Polymers, Cambridge, New York.
- Budinski, K. G., (2004). "Engineer materials: properties and selection" 8. Edition. Pearson Education.
- Chanda, M. and Roy, S.K., (2007). Plastics Technology Handbook, in D.E. Hudgin (Ed.), Series of Plastics Engineering, Vol. 72. Ch. 3. CRC Press, USA, 1-102.
- Chanda, M. and Roy, S.K. (2007a). Plastics Technology Handbook, in D.E. Hudgin (Ed.), Series of Plastics Engineering, Vol. 72. Ch. 7. CRC Press, USA, 1-47.
- Dissado, L., Mazzanti, G. and Montanari, G. (1997). "The role of trapped charges in the electrical aging of insulating materials", IEEE Trans. on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 4, No. 5, pp. 496-506.

- Eddington, D. T., Puccinelli, J. P., Bebe, D. J. (2006). "Thermal aging and reduced hydrophobic recovery of polydimethylsiloxane", *Sensors and Actuators B*, Vol.114, pp. 170-172.
- Erbil, Y.H., Uçar, İ., (2010). Kir Tutmayan Yüzeyleyler, *Bilim ve Teknik*, sayfa:51-57.
- Frazier, A., Ahn, C. and Allen, M. (1994). Development of micromachined devices using polyimide-based processes, *Sensor. Actuat. A Phys.* 45:1, 47-55.
- Gardner, J.W., Varadan, V.J. and Awadelkarim, O.O. (2001). *Microsensors, MEMS, and Smart Devices*, Wiley, UK, 61-225.
- Geyter, N. D., Morent, R. and Leys, C. (2006). "Surface modification of a polyester non-woven with a dielectric barrier discharge in air at medium pressure", *Surface and Coatings Technology*, Vol. 201, pp. 2460-2466.
- Gleskova, H. and Wagner, S. (2003). Fabrication of thin-film transistors on polyimide films, in K.L. Mittal (Ed.), *Polyimides and Other High Temperature Polymers*, Vol. 2. VSP, Netherlands, 459-465.
- Goel, M. (2003). Electret sensors, filters and MEMS devices: New challenges in materials research, *Curr. Sci. India*, Vol. 85:4, 443-453.
- Groover, M.P., (2007). *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*, John Wiley&Sons, USA, 144-174.
- Gubanski, S. M. and Vlastos, A. E. (1990). "Wettability of naturally aged silicone and EPDM composite insulators", *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 5, No. 3, pp. 1527-1535.
- Han, D. H., Park, H. Y., Kang, D. P. and Cho, H. G. (2002). "Effects of added silicone oils on the surface characteristics of silicone rubber", *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, Vol. 9, No. 2, pp. 323-328.
- Hwang, J.Y., Nam, K.H., Kim, J.-H., Seo, D.S. and Suh, D.H. (2004). Characterization and alignment properties on polyimide surface using polymer films for flexible liquid crystal displays, *Jpn. J. Appl. Phys.* 43, 8179-8184.
- Holtzhausen, J. P. ve Pieterse, P. J. (2010). Investigation of the Effect of Conductor Temperature on AC Power Line Corona. 2010 International Conference on High Voltage Engineering and Application, ICHVE 2010, Sf. 96-99.
- Jung, Y. C., Bhushan, B., (2009). Wetting Behavior of Water and Oil Droplets in Three-Phase Interfaces for Hydrophobicity/Philicity and Oleophobicity/Philicity, *Langmuir*, 25, 24, 14165-14173.
- Kim, J., Chaudhury, M. K., Owen, M. J., Orbeck, T. (2000). "The Mechanisms of

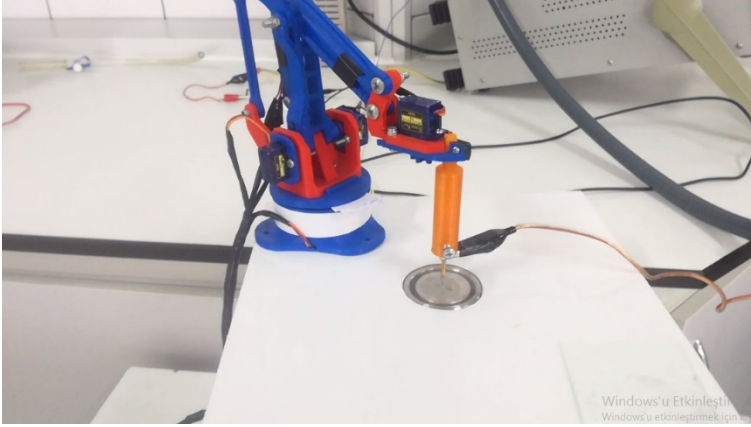
- Hydrophobic Recovery of Polydimethylsiloxane Elastomers Exposed to Partial Electrical Discharges”, *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol. 226, pp. 231-236
- Kim, J.H., Hong, S.M., Lee, J.S., Moon, B.M. and Kim, K. (2009). 4th IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems, Shenzhen, China, pp. 703-706.
- Kim, J.D., Koo, Y.M., Kim, S.M. and Kim, M.H. (2001). Surface properties of polyimide alignment layers for liquid crystal display, in K.L. Mittal (Ed.), *Polyimides and other high temperature polymers: synthesis, characterization Vol.1*. VSP, the Netherlands, 225-243.
- Kim, J., Lee, M., Kang, M., Yoo, K., Kwon, K., Singh, V. and Min, N. (2009). Fabrication of high-speed polyimide-based humidity sensor using anisotropic and isotropic etching with ICP, *Thin Solid Films*, 517:14, 3879-3882.
- Kim, S. H., Cherney, E. A. and Hackam, R. (1992). “Hydrophobic behaviour of insulators coated with RTV silicone rubber”, *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, Vol. 27 No. 3, pp. 610-622.
- Kuntman, A., (2005). Yüksek Gerilim Yalıtım Malzemeleri Ders Notları, İstanbul Üniversitesi.
- Kuroiwa, T., Hayashi, T., Ito, A., Matsuguchi, M., Sadaoka, Y. and Sakai, Y. (1993). A thin film polyimide based capacitive type relative humidity sensor, *Sensor Actuat. B-Chemical*, 13:1, 89-91.
- Kwok, D. Y., Gietzelt, T., Grundke, K., Jacobasch, H.-J. and Neumann, A. W. (1997), *Contact Angle Measurements and Contact Angle Interpretation. 1. Contact Angle Measurements by Axisymmetric Drop Shape Analysis and a Goniometer Sessile Drop Technique*, American Chemical Society, Vol 13, pp. 2880-2894.
- Malhotra, B.D. (2002). *Handbook of Polymers in Electronics*, Rapra Tech., UK, 2002.
- Moreno, V., Ponce, M., Valle, E. and Fierro, J. (1998). "Effects of surface charge on the hydrophobicity levels of insulating materials", *IEE Proceedings Generation, Transmission and Distribution*, Vol. 145, No. 6, pp. 675-681.
- Nosonovsky, M., Bhushan, B., (2009). Superhydrophobic Surfaces and Emerging Applications: Non-Adhesion, Energy, Green Engineering, *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 14, 4, 270-280.
- Papkov, A.V., Mel'nichenko, A.P., Pak, V.M. and Kuimov, I.E. (2009). Modern electric insulating materials for the insulation systems of rotating electric machines, *Russian*

Elect. Eng. 80:3 123-127.

- Park, J.S., Kim, T.W., Stryakhilev, D., Lee, J.S., Ann, S.G., Pyo, Y.S., Lee, D.B., Mo, Y.G., Jin, D.U. and Chung, H.K. (2009). Flexible full color organic light-emitting diode display on polyimide plastic substrate driven by amorphous indium gallium zinc oxide thin-film transistors Appl. Phys. Lett. 95 013503, 1-3.
- Phillips, A. J, Childs, D. J. and Schneider, H. M. (1999). "Water drop corona effects on full scale 500 kV non-ceramic insulators", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 14, No. 1, pp. 258-265, January.
- Rabilloud, G. (2000). High-Performance Polymers: Polyimides in Electronics, Editions Technip, Paris, 1-85.
- Rabilloud, G. (2000a). High-Performance Polymers: Polyimides in Electronics, Editions Technip, Paris, 325-393.
- Ralston, A.R.K., Klein, C.F., Thoma, P.E. and Denton, D.D. (1995). The 8th International Conf. on Solid-state Sensors and Actuators, and Eurosensors IX. Stockholm, Sweden, June 25-29, (1995), 447-D9 pp.821-824. 122
- Riande, E. and Calleja, R.D. (2004). Electrical Properties of Polymers, Marcel Dekker, New York, Ch.11-14.
- Roero, C. (2004). Contact angle measurements of sessile drops deformed by a DC electric field, High Voltage Laboratory, Swiss Federal Institute of Technology, CH-8092 Zürich, and Switzerland.
- Rosen, S.L. (1993). Fundamental Principles of Polymeric Materials, John Wiley & Sons, USA, 20-25.
- Rubinstein, M. and Colby, R.H. (2003). Polymer Physics, Oxford, New York, 1-45.
- Saçak, M., (2008). Polimer Kimyası, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Savaşçı, Ö.T., Uyanık, N. ve Akovalı, G. (1998). Plastikler ve Plastik Terminolojisi, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Schindler, W. D., Hauser, P. J., (2004). Chemical Finishing of Textiles, Elsevier, Woodhead Publishing, p:224, ISBN: 9781845690373
- Shastry, A., Epilepsia, A. Case, M. J., Abbasi, S. and Böhringer, K. F. (2006). "Bounds on contact angle hysteresis of textured super-hydrophobic surfaces", in Proc. MicroTAS, pp. 122–124.
- Stone, G.C., Boulter, E.A., Culbert, I. and Dhirani, H. (2004). Electrical Insulation for Rotating Machines, in M.E. El-Hawary (Ed.), IEEE Press Series on Power Engineering, Wiley-Interscience, USA, 95-117.

- Suthar, J.L., Laghari, J.R., Hammoud, A.N., Baumann, E.D., Myers, I.T. and Domitz, S. (1992). Conf.Record of the IEEE International Symposium on Electrical Insulation, Baltimore, MD USA, June 7-10, pp. 17-20.
- Tager, A., (1978). Physical Chemistry of Polymers, Mir, Moscow, 15-46.
- Waluyo, Pakpahan, P. M., Suwarno, (2006). Influences of water droplet size and contact angle on the electric field and potential distributions on an insulator surface, 8th International Conference on Properties and applications of Dielectric Materials, pp.889-892.
- Wu, F., Liao, R., Liu, X., Yang, F., Yang, L., Zhou, Z. ve Luo, Y. (2012). Numerical Simulation of DC Positive Corona Discharge under Atmospheric Environment. Int. Conf. on High Voltage Engineering and Application, Shanghai, China, Sf. 652-656, 17-20 September.
- Yaşar, H. (2001). Plastikler Dünyası, Biren Yayınevi, İstanbul.

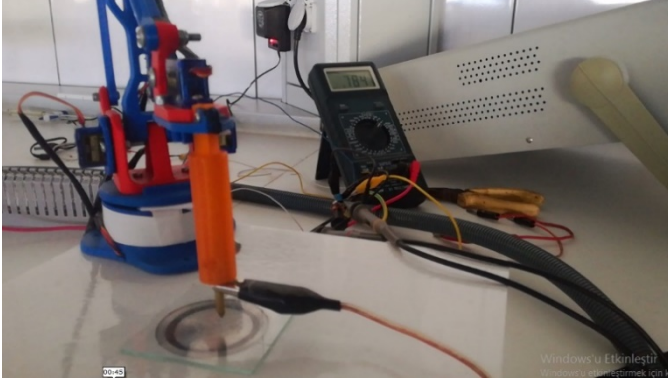
EK 1 ROBOTİK KOL GÖRÜNTÜSÜ



EK 2 KORONA ESANINDA OSİLASKOP İLE VERİ ÖLÇÜMÜ GÖRÜNTÜSÜ



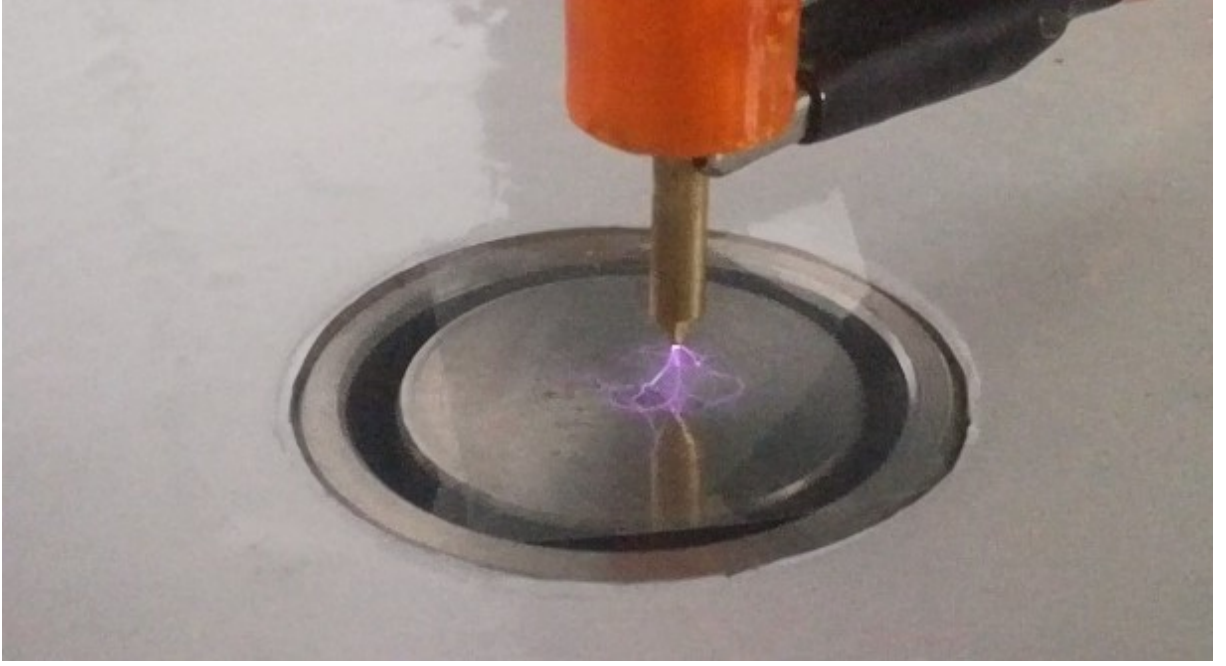
EK 3 KORONA ESNASINDA VOLTAJ ÖLÇÜMÜ GÖRÜNTÜSÜ



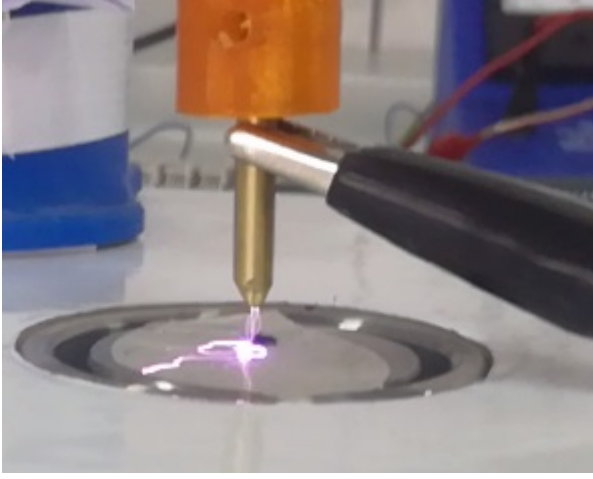
EK 4 KORONA DEŞARJI GÖRÜNTÜŐÜ



EK 5 PI MALZEMEDE KORONA DEŞARJI GÖRÜNTÜŐÜ



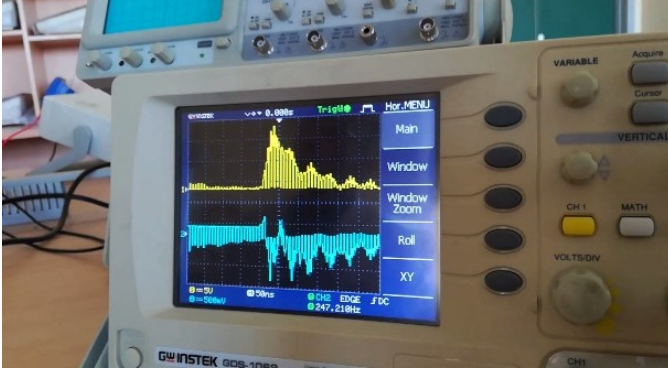
EK 6 PET MALZEMEDE KORONA DEŞARJI GÖRÜNTÜSÜ



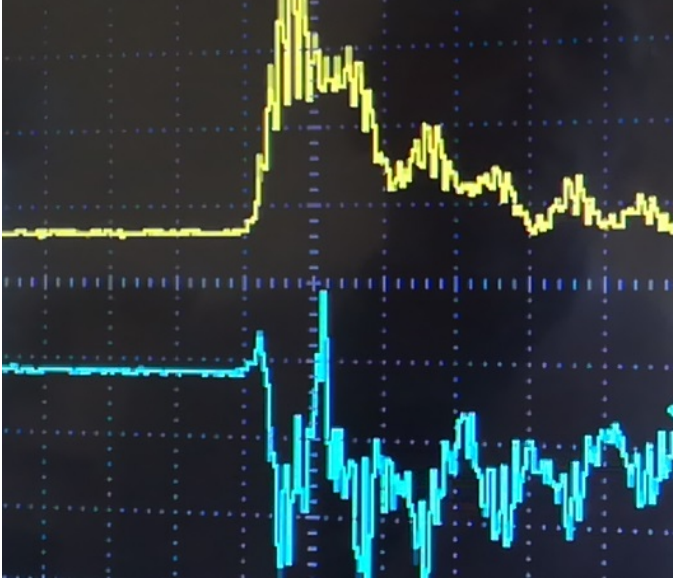
EK 7 PET Malzemenin Korona Boşalması Esnasındaki Osilaskop Ölçümü Görüntüsü



EK 8 PI Malzemenin Korona Boşalması Esnasındaki Osilaskop Ölçümü Görüntüsü



EK 9 PI Malzemenin Korona Boşalması Esnasındaki Osilaskop Ölçümü Görüntüsü



EK 10 YAZILIM KODLARI

```
#include <Servo.h>

Servo myservomotor; // sınıfın bir örneğini aldık

const int left = 12;

const int right = 13;

const int relay = 4;

int motorPin1 =8;

int motorPin2 =9;

int motorPin3 =10;

int motorPin4 =11;

int bekleme=20;

int buton = 3;

void setup()

{

myservomotor.attach(5); // arduinonun 5. pinini çıkış yaptık.

myservomotor.write(0); // motora ilk 0.derecesinden başlaması komutunu verdik

pinMode (left, INPUT);

pinMode (right, INPUT);

pinMode (relay, OUTPUT);

pinMode(motorPin1, OUTPUT);

pinMode(motorPin2, OUTPUT);
```

```
pinMode(motorPin3, OUTPUT);

pinMode(motorPin4, OUTPUT);

}

void adim1() {

digitalWrite(motorPin1, HIGH);

digitalWrite(motorPin2, LOW);

digitalWrite(motorPin3, LOW);

digitalWrite(motorPin4, LOW);

delay(bekleme);

}

void adim2() {

digitalWrite(motorPin1, LOW);

digitalWrite(motorPin2, HIGH);

digitalWrite(motorPin3, LOW);

digitalWrite(motorPin4, LOW);

delay(bekleme);

}

void adim3() {

digitalWrite(motorPin1, LOW);

digitalWrite(motorPin2, LOW);

digitalWrite(motorPin3, HIGH);
```



```

digitalWrite(motorPin4, LOW);

delay(bekleme);

}

void adim4() {

digitalWrite(motorPin1, LOW);

digitalWrite(motorPin2, LOW);

digitalWrite(motorPin3, LOW);

digitalWrite(motorPin4, HIGH);

delay(bekleme);

}

void stepmotor() {

/* while(digitalRead(buton)==LOW);

while(digitalRead(buton)==HIGH){

if (digitalRead(right)==HIGH){

loop();

}

}*/

if(digitalRead(buton)==LOW){

for (int i = 0; i < 128; i++)

{

adim1();

```

```

adim2();

adim3();

adim4();

}

}

}

void loop()

{

if(digitalRead(left)==HIGH){

for(int derece = 10; derece < 90; derece++){ // 180 derecelik aç ı yap

myservomotor.write(derece);

delay(40); // her 1 derece aç ıyı 10 milisaniyede yapacak

}

while(digitalRead(left)==HIGH){

digitalWrite(relay,HIGH);

stepmotor();

}

delay(500);

digitalWrite(relay,LOW);

}

if (digitalRead(right)==HIGH){

```

```

for(int derece = 80; derece > 0; derece--){ // 180 derecelik açrı yap

myservomotor.write(derece);

delay(40); // her 1 derece açrıyı 10 milisaniyede yapacak

}

while(digitalRead(right)==HIGH){

digitalWrite(relay,HIGH);

}

delay(500);

digitalWrite(relay,LOW);

}

}

////////////////////////////////////ENJEKTOR KODLARI////////////////////////////////////

int motorPin1 =8;

int motorPin2 =9;

int motorPin3 =10;

int motorPin4 =11;

int bekleme=20;

int nextbutton = 3;

int backbutton = 4;

void gotoback() {

digitalWrite(motorPin1, LOW);

```

```
digitalWrite(motorPin2, LOW);  
  
digitalWrite(motorPin3, LOW);  
  
digitalWrite(motorPin4, HIGH);  
  
delay(bekleme);  
  
digitalWrite(motorPin1, LOW);  
  
digitalWrite(motorPin2, LOW);  
  
digitalWrite(motorPin3, HIGH);  
  
digitalWrite(motorPin4, LOW);  
  
delay(bekleme);  
  
digitalWrite(motorPin1, LOW);  
  
digitalWrite(motorPin2, HIGH);  
  
digitalWrite(motorPin3, LOW);  
  
digitalWrite(motorPin4, LOW);  
  
delay(bekleme);  
  
digitalWrite(motorPin1, HIGH);  
  
digitalWrite(motorPin2, LOW);  
  
digitalWrite(motorPin3, LOW);  
  
digitalWrite(motorPin4, LOW);  
  
delay(bekleme);  
  
}  
  
void gotonext() {
```

```
digitalWrite(motorPin1, HIGH);  
  
digitalWrite(motorPin2, LOW);  
  
digitalWrite(motorPin3, LOW);  
  
digitalWrite(motorPin4, LOW);  
  
delay(bekleme);  
  
digitalWrite(motorPin1, LOW);  
  
digitalWrite(motorPin2, HIGH);  
  
digitalWrite(motorPin3, LOW);  
  
digitalWrite(motorPin4, LOW);  
  
delay(bekleme);  
  
digitalWrite(motorPin1, LOW);  
  
digitalWrite(motorPin2, LOW);  
  
digitalWrite(motorPin3, HIGH);  
  
digitalWrite(motorPin4, LOW);  
  
delay(bekleme);  
  
digitalWrite(motorPin1, LOW);  
  
digitalWrite(motorPin2, LOW);  
  
digitalWrite(motorPin3, LOW);  
  
digitalWrite(motorPin4, HIGH);  
  
delay(bekleme);  
  
}
```

```
void setup() {  
  
  pinMode(motorPin1, OUTPUT);  
  
  pinMode(motorPin2, OUTPUT);  
  
  pinMode(motorPin3, OUTPUT);  
  
  pinMode(motorPin4, OUTPUT);  
  
  pinMode(backbutton, INPUT);  
  
  pinMode(nextbutton, INPUT);  
  
}  
  
void loop() {  
  
  if(digitalRead(nextbutton)==HIGH){  
  
    for (int i = 0; i < 15; i++){  
  
      gotonext();  
  
    }  
  
  }  
  
  if(digitalRead(backbutton)==HIGH){  
  
    gotoback();  
  
  }  
  
}
```

ÖZGEÇMİŞ

Öner SÖNMEZ, 3 Aralık 1986'da Sakarya'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. Lisans eğitimlerini; Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik ve Bilgisayar Bölümü Elektronik Öğretmenliği, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği ve Anadolu Üniversitesi İktisat Fakültesi Uluslararası İlişkiler bölümlerinden mezun olarak tamamladı. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans eğitimine devam etmektedir. 2009 yılında yedek subay olarak yaptığı askerlik hizmetini tamamladıktan sonra İstanbul Türk Telekom Teknik Lisesi'nde bir yıl vekil öğretmenlik yapmış daha sonra 2012 yılında iklimlendirme üzerine kurduğu şirket ile iş hayatına atılmıştır. Çalışma hayatıyla birlikte akademik çalışmalardan ayrılmamış, Çorlu Mühendislik Fakültesi'nde ve Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu'nda Serbest Öğretim Elemanı olarak ders vermiştir. Akademik gelişiminin yanı sıra çalıştığı sektörle ve mesleğiyle ilgili gelişmeleri yakından takip etmekte, yurt içi ve yurt dışı seminer, eğitim ve gezilere katılarak ilerlemeye devam etmektedir. İngilizce bilen Öner SÖNMEZ, evli ve bir çocuk babasıdır.