



T.C.

**SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**SUDA ÇÖZÜNEBİLEN FLORESAN KUANTUM
NOKTA İÇEREN NANOFİBER KOMPOZİTLERİNİN
ÜRETİM VE KARAKTERİZASYONU**

Merve ACARLIOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

**Kasım-2017
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Merve ACARLIOĞLU tarafından hazırlanan “Suda Çözünebilen Floresan Kuantum Nokta İçeren Nanofiber Kompozitlerinin Üretim Ve Karakterizasyonu” adlı tez çalışması 24/11/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Bölümü Temel İşlemler Ve Termodinamik Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Yrd. Doç. Dr. Yasin Ramazan EKER

Danışman

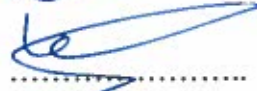
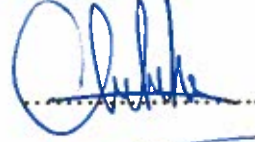
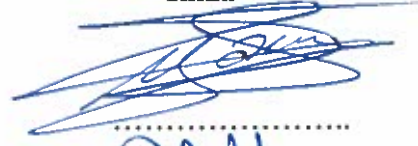
Prof. Dr. Mahmut KUŞ

Üye

Doç. Dr. Mustafa KARAMAN

Yukarıdaki sonucu onaylım.

İmza



Prof. Dr. Mustafa Yılmaz
FBE Müdürü

Bu tez çalışması BAP tarafından 14201070 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Merve ACARLIOĞLU

Tarih: 27.11.2017

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SUDA ÇÖZÜNEBİLEN FLORESAN KUANTUM NOKTA İÇEREN NANOFİBER KOMPOZİTLERİNİN ÜRETİM VE KARAKTERİZASYONU

Merve ACARLIOĞLU

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mahmut KUŞ

2017, 44 Sayfa

Jüri

Danışman Prof. Dr. Mahmut KUŞ
Üye Doç. Dr. Mustafa KARAMAN
Üye Yrd. Doç. Dr. Yasin Ramazan EKER

Nanofiberler ve nanomalzemelerin fazlar arası farklılıklardan oluşan özellikleri nedeniyle son yıllarda kullanımı artmakta ve yapılan çalışmalardaki gelişimlere bağlı olarak da sürekli ilerleme kaydetmektedir. Bu tez konusunda nanopartiküller ve nanofiberlerin üretilmesi ve karakterize edilmesi ile ilgili çalışmalara yer verilmiştir. Bu deneyde nanofiber eldesi için, genel olarak uygulanması ve başarılı sonuçların eldesi diğer yöntemlere göre daha kolay olduğu için yaygın olarak tercih edilen elektro-eğirme tekniği kullanılmıştır. Bu yöntem özellikle ilaç salımı, biyosensör, ilaç endüstrisi, doku mühendisliği ve güneş hücresi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. CdTeSe nanopartikülleri (NP) benzersiz optik özellikleri sayesinde özellikle kimyasal sensörler, optik anahtarlar, görüntüleme cihazları ve biyolojik etiketlerdeki potansiyel uygulamaları ile oldukça dikkat çekmektedir.

Bu çalışmada, CdTeSe katkılı nanofiberlerin üretimi için uygun ve etkili bir yol sunulmuştur. Polivinilprolidon (PVP)'a elektro-eğirme ile CdTeSe katkılanmıştır. Nanofiberler; SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu), Fotoluminesans (PL) ve AFM (Atomik Kuvvet Mikroskobu) ölçümleri ile taranarak morfolojik ve optik olarak karakterize edilmiştir. PVP nanofiber içine CdTeSe katkılanmış parçacıklar yukarıda belirtilen tüm ölçüm metotlarında gözlemlenmiş ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: CdTeSe, Nanofiberler, Nanomalzemeler

ABSTRACT

MSTHESIS

**FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF WATER SOLUBLE
NANOFIBER COMPOSITES PREPARED WITH FLUORESCENT
QUANTUM DOT**

Merve ACARLIOĞLU

**THE GRADUATE SCHOOL OF ENGINEERING OF SELÇUK
UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN CHEMICAL ENGINEERING**

Advisor: Prof. Dr. Mahmut KUŞ

2017,44 Pages

Jury

**Advisor Prof. Dr. Mahmut KUŞ
Member Doç. Dr. Mustafa KARAMAN
Member Yrd. Doç. Dr. Yasin Ramazan EKER**

The usage of nanofibers and nanomaterials are increasing in recent years due to differences in their interphase properties and it has been getting improvement depends on the development in applications thereof. In this thesis, studies on the fabrication and characterization of nanoparticles and nanofibers have been placed. To obtain nanofiber, the electro-spinning technique which is widely preferred because it is generally easy to apply and to have successful results, has been utilized. This method is mainly using in many fields such as drug release, biosensor, pharmaceutical industry, tissue engineering and solar cells. CdTe nanoparticles (NP) are remarkable due to their unique optical properties, especially with their potential applications in chemical sensors, optical switches, imaging devices and biological labels.

In this study, a convenient and effective way for producing CdTe-doped nanofibers has been presented. The CdTe-doped solution was incorporated into the polyvinylpyrrolidone (PVP) nanofiber by the Electro-bending method. Nanofibers have been characterized morphologically and optically by scanning electron microscopy (SEM), photoluminescence (PL) and AFM (Atomic Force Microscopy) measurements. The particles having CdTe-doped PVP nanofibers have been observed by the abovesaid methods and positive results have been attained.

Keywords: CdTe, Nanofibers, Nanomaterials, PVP

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim süresince her konuda desteğini esirgemeyen, her zaman yanımda olan sayın Prof. Dr. Mahmut Kuş'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Deneyleirim sırasında kullandığım CdTeSe kompozit parçacıkları sentezleyerek yüksek lisans deneylerimin yapı taşını oluşturan Selçuk Üniversitesi Kimya Bölümü Analitik Kimya A.B.D. Arş. Gör. Dr. Canan Başlak'a sonsuz teşekkürlerimi borç bilirim.

Polonya, West Pomeranian University of Technology'de 6 ay boyunca yaptığımız deneyler ve elde edilen sonuçlar için maddi ve manevi hiç bir desteği esirgemeyen Sayın Prof. Mirosława El Fray'e teşekkürlerimi sunarım.

Tüm eğitim hayatım boyunca bana varlığını hissettiren ve maddi manevi her konuda yanımda olan aileme en büyük teşekkürlerimi sunarım.

Tez yazımında aynı şehirde hatta aynı ülkede olmamamıza rağmen bize yokluğunu hissettirmeyip, her zaman yanımda olduğunu ve olacağını bildiğimiz, bize daha lisansta iken, yüksek lisans kariyerimizde teşvik olarak yüksek mühendis olmamızda en büyük destekçilerden olan Sn. Koray Kara ve Sn. Duygu Akın Kara'ya en içten saygı ve sevgilerimi sunarım.

Gece gündüz demeden her sorularımıza cevap verip, tez yazımımızda desteklerini unutmayacağımız Sn. Sümeyra Büyükçelebi, Sn. Emre Arslan ve Sn. Emine Sevgili'ye minnetlerimizi sunarım.

Son olarak, hayatımda ve tez yazımında yeri burada ifade edilemeyecek kadar çok olan Sn. Gökçe Yakupoğlu'na ve üniversite dönemimin bana en güzel hediyesi olan Sn. Nalan Ünal'a her konuda sonsuz desteği için içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımın gerçekleştirilmesinde maddi destek sağlayan S.Ü. Bilimsel Araştırmalar Koordinatörlüğü'ne (14201070 nolu projeler) ve (Tübitak'a PN:112T707) katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Merve ACARLIOĞLU
KONYA-2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET	IV
ABSTRACT	V
ÖNSÖZ	VI
İÇİNDEKİLER	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR	X
1 GİRİŞ	1
1.1 Nanofiberler	2
1.2 Nanofiber Üretim Yöntemleri	2
1.2.1 Çekme (Drawing)	2
1.2.2 Kalıp sentez yöntemi (Template synthesis).....	3
1.2.3 Faz ayrımı	3
1.2.4 Kendiliğinden birleşme (Self assembly).....	3
1.2.5 Elektro-eğirme yöntemi (Electrospinning).....	3
1.2.6 İletkenlik	6
1.2.7 Vizkosite	7
1.2.8 Yüzey gerilimi	7
1.2.9 Çözücü uçuculuğu	8
1.2.10 Çözücü faz geçişi.....	8
1.3 İşlem Parametreleri	9
1.3.1 Voltaj	9
1.3.2 Akış hızı.....	10
1.3.3 İğne-altlık mesafesi.....	10
1.4 Nanofiberlerin Kullanım Alanları	10
1.5 Nanoteknoloji.....	11
1.5.1 Nanoteknolojinin günümüzde önemi.....	12
1.6 Nano-boyutun Farkı	13
1.7 Kuantum Nokta Yapıları	13
1.7.1 Kuantum nokta optik özellikleri.....	13

2	KAYNAK ARAŞTIRMASI	16
3	MATERYAL VE YÖNTEM	19
3.1	Kullanılan Kimyasallar	19
3.1.1	Kadmiyum	19
3.1.2	Polivinil pirolidon.....	19
3.2	Kullanılan Cihazlar	21
3.2.1	Floresans spektrometre	21
3.2.2	Taramalı elektron mikroskopu (SEM).....	22
3.2.3	AFM.....	22
4	DENEYSEL YÖNTEM	23
4.1	CdTeSe nanoiplik solüsyonunun hazırlanması	23
4.2	Nanofiber Çözeltisinin Hazırlanması	24
4.3	Elektro-eğirme Parametreleri	24
4.4	Electro-eğirme Yöntemiyle CdTe Nanofiberinin Eldesi.....	24
5	ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	25
6	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	31
6.1	Sonuçlar	31
6.2	Öneriler	32
	KAYNAKLAR	33
	ÖZGEÇMİŞ	36

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

kV: kilo Volt

⁰C: Santigrat

nm: Nanometre

SEM: Taramalı Elektron Mikroskobu

AFM: Atomik Kuvvet Mikroskobu

ml: Mililitre

mg: Miligram

Kısaltmalar

PVP: Polivinilpirolidon

PVA: Polivinil alkol

PAN: Poliakrilonitril

CdTe: Kadmiyum Tellür

TEM: Geçirimli Elektron Mikroskobu

UV: Ultraviyole

1 GİRİŞ

Nanoteknoloji, bilim insanlarının 20. yüzyılda öncelikli olarak sistem verimliliğini arttırmak istemesi sebebiyle nanometre seviyesindeki çalışmaları ile başlamış olup, günümüz teknolojisinde zamanla farklı bir boyut kazanmıştır. Özellikle teknolojik cihazların gelişmesi ve yaygınlaşması ile başta Fizik ve Kimya bölümleri olmak üzere birçok alanda gözlem ve geliştirme olanağı sunmuştur. Bu teknolojik cihazlar sayesinde proseslerin birbiri ile ilişkileri ve kimyasal reaksiyonların gözlenebilmesi sağlanmış böylece atomik seviyede yapay malzeme eldesi gerçekleştirilebilmiştir (Karaer ve Celep, 2007).

Nanoteknoloji ile beraber, nanofiberlerin buluşu da tarih öncesi dönemlere dayanmakta olup tıp, ilaç, tekstil ve enerji alanları gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Nanofiberler, önceleri doğal yöntemlerle elde edilirken, doğal ve hayvansal yapılardan dolayı kaynakların sınırlı olması yapay nanofiberlerin oluşmasına öncü olmuştur. Organik ya da inorganik yoldan oluşturulabilen nanofiberler, hafif ve sağlam olmaları nedeniyle endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılmaktadır (Gao ve ark., 2004; 2016).

Nanofiber eldesinde birçok yöntem vardır. Bunlar; kalıp sentez yöntemi, çekme, faz ayrımı, elektro-eğirme ve kendiğinden birleşme yöntemleridir. Bu yöntemlerden elektro-eğirme yöntemi diğerlerine göre daha gelişmeye açık bir yöntemdir. Çünkü bu yöntem kullanılarak çeşitli polimerler ile seri olarak nanofiber üretimi yapılabilir. Elektro-eğirme yönteminin temeli William Gilbert'ın 1600 yıllarındaki gözlemlerine dayanmaktadır. Elektromanyetizmanın sıvılar üzerindeki etkisini inceleyerek su damlasının elektriksel olarak çekilmesiyle ilk adım atılmıştır. Bu yöntem yüksek elektrik kaynağı, tüp ya da şırınga ve topraklanmış bir toplayıcıdan oluşmaktadır (Cengiz ve ark., 2009).

Bu tez çalışmasında, diğer polimerlere kıyasla çözünürlüğünün daha yüksek olması, maliyet düşüklüğü ve kolay bulunabilir olması sebebiyle polimer olarak Polivinilpirolidon (PVP) kullanılmış olup, nanokristal olarak da CdTeSe tercih

edilmiştir. Nedeni, CdTeSe'nin diğer nanokristaller ile kıyaslandığından en yüksek güç verimine sahip nanokristal olmasıdır. Görünür ışıkta yakalayabildikleri uygun spektral aralık ile floresan ışığa rahatlıkla yakalanabilir. Bu sebeplerle tercih edilmiş olan CdTe katkılı PVP ile elde edilmiş nanofiberlerin üretimi için en uygun ve verimli yöntemlerden biri sunulmuştur. Nanofiberler, SEM (Taramalı Elektron Mikroskopisi), AFM (Atomik Kuvvet Mikroskopisi) ve Fotoluminesans (PL) ölçüm teknikleri ile taranarak morfolojik ve optik olarak karakterize edilmiştir. Polimerler ve elektro-eğirme yöntemindeki farklı parametrelerin nanofiberlerin çapı ve yapısına etkisi ve nanofiber eldesi için en uygun şartların bulunması amaçlanmıştır.

1.1 Nanoteknoloji

Nano, Latince cüce manasına gelir. Nanometre ise metrenin milyarda biridir. Yani saç telinin genişliği nanometreden 10.000 kez kalındır.

Nanoteknoloji, maddenin moleküler, atomik ve supramoleküler seviyede gerçekleştirilen kontrolüdür. Maddelerin sürtünme, yapışma, suya ilgisi, biyolojik etkileşim vb. özellikleri, tamamen nanometre boyutlarındaki en üst katmanların kimyasal kompozisyonu ve morfolojisi tarafından belirlenir. Dolayısıyla bu yüzey özelliklerinin kontrollü ve doğru kullanımı nanoteknoloji ile sağlanmaktadır.

Bu tezin amacı, optikten elektronik sistemlere ve lazer teknolojilerine kadar birçok alanda kullanımları olan, suda çözünebilen kuantum nanokristaller ile nanofiber elde etmektir. Bu sayede suda çözünebilen polimerlerden floresans özellikli nanofiberlerin eldesi ve optimizasyonu yapılmış olacaktır.

1.1.1 Nanoteknolojinin günümüzde önemi

Global olarak da nanoteknolojinin devamlılığı katlanarak artmaktadır. Başta Avrupa ülkeleri, ABD ve Japonya olmak üzere yüzlerce nanoteknoloji laboratuvarları kurulmuş olup, uzman kadrolarıyla her gün teknolojiye katkı sağlamaktadırlar. Ülkeler arasındaki bilimsel fark, uzman kadro ve teknoloji farkıyla sürekli artarken oluşan teknoloji yarışı, insanlığın yaşam standartlarının artırılması için hayata katkı

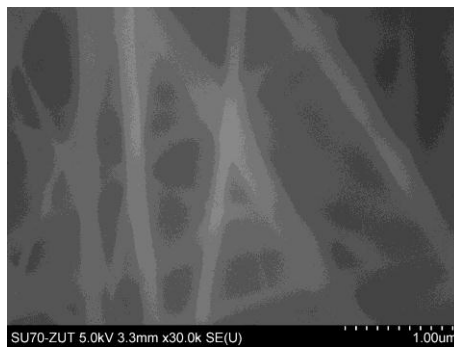
sağlamaktadır. Nanoteknolojinin belli alanlarıyla teknolojiye katkı sağlayan Türkiye, uluslararası düzeyde nanoteknoloji alanında kendine yer edinmiş bir ülke olmaya adaydır. Bu da ülke refahının ve ekonomik düzeyin artışına sebep olacaktır (A.P.C., 2006).

Nanoteknolojiden gelecek yıllarda daha da büyük ilerlemeler beklenmektedir. Teknolojik gelişmeler ülke gücü ve savunmasında önemli roller oynar. Bu yolları kattetmek için uzmanların yetiştirilmesi, bilgi birikimlerinin paylaşılması ile mümkün olacaktır.

Ülke güvenliğini sağlayan haber alma ve ya gizlilik içeren bilgilerin elde edilmesini kolaylaştıracak nanocihazlar, hafif ve dayanıklı malzemeler kıyafetler üretilecektir. Uzay teknolojisi adına daha hafif ve sağlam roketler ve uçaklar yapılacaktır (Tübitak, 2004).

1.2 Nanofiberler

Nanofiberler, çapı bir mikron ve altındaki fiberler olarak tanımlanır. Farklı yöntemlerle polimer çözeltisinden nanoboyutta üretilirler (Khodkar ve Ebrahimi, 2017). Nanofiberlerin şekilleri genellikle ince tele benzer yapıdadır. Şekil 1.1' de PVP nanofiberlerin yapısı görülmektedir.



Şekil 1.1. Bu tez çalışmasında elde edilmiş PVP nanofiberlerin yapısı.

1.3 Nanofiber Üretim Yöntemleri

1.3.1 Çekme (Drawing)

Bu yöntemde, polimer damlacığına daldırılan bir mikro pipet çözeltinin yüzey ile temas ettiği noktadan hızlı bir şekilde çekilir. Her damla için belirlenen miktarlarda çekimler yapılarak nanofiberler üretilir. Bu yöntemin olumsuz tarafları şunlardır:

- Üretim çok zordur,
- Fiberlerin çapları 100 nm'den büyüktür,
- Üretilen nanofiberlerin çapları kontrol edilemez,
- Süreksiz bir işlemdir ve uygulaması zordur (Teo ve ark., 2011)

1.3.2 Kalıp sentez yöntemi (Template synthesis)

Nano gözenekli zarlardan geçirilerek elde edilir. Membranlar 5–50 nm kalınlığında gözeneklere sahiptir. Membranlardaki gözeneklerin her biri, nanoyapısal beherler olarak görülebilir. Polimerin membrandan geçişi su basıncı ile gerçekleştirilir. Katı hale getirecek sıvı ve polimer temas ettiği an nanofiber oluşur (Karatay ve Dogan, 2011).

1.3.3 Faz ayrımı

Genellikle gözenekli polimer membranların oluşturulmasında kullanılan faz ayrımı yönteminin temeli, fiziksel farklılıklara dayanır.

Aşağıda sıralandığı şekilde 5 adımdan oluşur:

- Çözünme
- Jelleşme
- Çözücü ekstraksiyonu

- Soğuma
- Soğuma-Kuruma.

Uygun bir çözücü ile çözdürülen polimer, çözücünün uzaklaştırılmasıyla 3 boyutlu yapıdaki nanofiberlere dönüşür. Bu yöntemde kullanılan çözücünün tipi, sıcaklığı ya da soğukluğu nanofiber eldesini etkileyen önemli parametrelerdir. Uygulamanın karmaşıklığı ve fiber çap kontrolünün zor olması ise yöntemin kullanımını kısıtlamaktadır (A.P.C., 2006).

1.3.4 Kendiliğinden birleşme (Self Assembly)

Kendiliğinden birleşme yönteminde atomlar dışarıdan bir kuvvet olmaksızın belirli bir yapıda düzenlenirler. Bu düzen; kovalent olmayan bağlar ve etkileşimlerle gerçekleştirilir. Küçük yapı taşlarının etkileşimi sonrasında kendiliğinden birleşme ile makromoleküler nanofiberler oluşur.

Bu yöntemin olumsuz özellikleri ise; uygulamasının karmaşık olması, uzun sürmesi ve düşük üretim gücüne sahip olmasıdır (Tübitak, 2004).

1.3.5 Elektro-eğirme yöntemi (Electrospinning)

15. yüzyılda İngiliz fizikçi William Gilbert ile temelleri atılan elektro-eğirme yöntemi, 1900'lü yıllarda J. F. Cooley ve W. J. Morton tarafından keşfedilmiştir. William Gilbert'in çalışmaları sırasında, elektrostatik olarak kehribarı su içinde çözmüş ve iğne ucu ile çözeltideki parçacıkları karşı tarafa aktarırken damlacığın, elektriksel bir alanda koni şeklinde belli bir yol aldığını gözlemlemiştir. Bu işlem elektro-eğirme yönteminin ilk adımı olarak tarihe geçmiştir (Tucker, 2012).

Formhals, 1934 yılında elektro-eğirme yönteminin patentini almaya yönelik çalışmalar yapmıştır. Çalışmasında selüloz asetat çözeltisini elektrik alanda incelemiştir. Bu inceleme sonucu iki zıt elektrot arasında fiberler oluşmuştur. Bu deney sırasında 5-10 kV arasında potansiyel fark uygulanmış olup, bu potansiyel

farkın belirlenmesinde molekül ağırlığı ve viskozitesi gibi çözültiden kaynaklanan özelliklerin etkisinin olduğu görülmüştür (Formhals, 1934).

Formhals'ın elektro-eğirme yönteminin dezavantajı; toplayıcı ve besleyici arasındaki mesafenin yetersizliği sebebiyle nanofiberlerin tam kurumaması idi. Bu nedenle, yeni bir düzenek geliştirdi. Ve hareketli düzeneği sayesinde ayarlanabilir elektrostatik kuvvetlerle kompozit fiberler üreten bir sistem meydana getirdi (Marginean, 2014). Wilson ve arkadaşları ise elektrik alan üzerinde değişiklikler yaparak sabundan oluşan baloncukları incelemişlerdir. Üzerine baloncuk yerleştirilen plakaya, başka bir plaka yaklaştırılmış ve uygulanan gerilim ile elektrik alanının artmasıyla baloncukların şekil değiştirerek diğer plakaya doğru hareketi gözlemlenmiştir. Bu çalışma sonucunda elektrik alan ile damlacıkların uzamasının eşdeğer olduğu ortaya çıkmıştır (Roche, 2003).

1960'lı yıllarda Taylor, jet damlacıkların aldığı formu incelemeye başlamıştır. Taylor deneylerinde elektriksel kuvvetin, yüzey gerilimine eşitlendiği kritik noktada koni formunun oluştuğunu ve koninin $49,3^\circ$ açı ile oluştuğunu tespit etmiştir. Bu çalışmalarından dolayı bu form "Taylor Konisi" olarak tanımlanmıştır (Kumar ve ark., 2007).

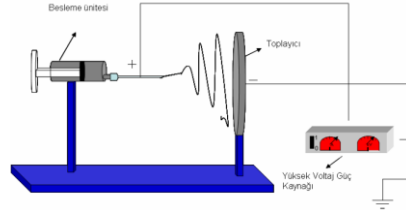
1978'de Simm, eğirme olayının püskürtme bölmesinde oluştuğunu ve fiberlerin hareket edebilen elektrotlar üzerinde biriktiğini tespit etmiştir. Deneyin yapıldığı ortamın sıcaklığı ve nem haricinde, çözültinin elektrik iletkenliğinin de fiberlerin kalınlığını etkilediği gözlemlenmiştir (Chu ve ark., 2017). 1982 yılında Bornat, elektro-eğirme işlemi sonucu oluşan fiberleri bir silindir üzerinde toplayabilmiştir. Bornat 1982 ve 1987 yıllarında yaptığı çalışmalarla patent almıştır (Sadiku ve ark., 1991).

1985 yılında How, poliüretandan sentetik damar üretmek için yarattığı sistem ile patent almıştır. Bu sistemin diğerlerinden farkı, toplayıcının 2000 ile 20000 rpm hızla dönmesidir (Khodkar ve Ebrahimi, 2017).

1993 yılında Doshi ve Reneker çalışmalarında suda çözünebilen polimerler, biyopolimerler ve kristallenebilir polimerlerin de elektro-eğirme yönteminde kullanılabileceğini kanıtlamışlardır (Jordahl ve ark., 2017).

Bu yöntem, yukarıda belirtilen diğer 4 yönteme göre, seri olarak nanofiber üretimi için kullanılabilir tek yöntemdir ve 3 kısımdan oluşmaktadır:

- Yüksek voltajlı elektrik kaynağı,
- Küçük çaplı şırınga,
- Topraklanmış bir toplayıcıdır.



Şekil 1.2. Elektro-eğirme sistemi bileşenleri (Komur ve ark., 2017)

Bu yöntemde, polimer çözeltisinden oluşan şırınga ucundaki damla uygulanan elektrik akımıyla, Taylor Koni'si şeklinde yayılmaya ve fiber oluşturmaya başlar. Elektrik akımı arttıkça elektrik yüklenmesi de iyice artar ve elektrostatik kuvvetin yüzey gerilimi aştığı maksimum noktaya ulaşır. Böylece şırınga ucundaki damla, daha küçük damlacıklara ayrışır ve elektriksel kuvvet üstün hale geldiği anda şırınga jet halinde damlaları fişkırtır. Oluşan bu jet levhaya doğru kararlı bir şekilde ilerlerken bir süre sonra 3 farklı kararsızlık hali oluşur.

Bunlar;

- Klasik Rayleigh kararsızlığı,
- Eksen simetrik elektrik alan akımlanması
- Whipping kararsızlığıdır.

Elektro-eğirme yönteminde en çok karşılaşılan Whipping Kararsızlığı'dır. Whipping Kararsızlığı, yüzeyde bulunan yüklerin birbirlerini itmesi ile meydana gelir. Bu itme gücü ile yükler ana jetten ayrılarak daha küçük jetler oluşturur. Jet olabildiğince küçüldüğünde ve neredeyse sönümlendiğinde ikinci Whipping Kararsızlığı diye anılan diğer kararsızlıklar ortaya çıkar (Karanfil, 2014).

Elektrik alanın düşük olduğu bölgelerde ise Rayleigh Kararsızlığı oluşur. Alan şiddetinin artması, yük yoğunluğunun artmasına sebep olur ve böylece elektriksel kararsızlık artar. Bu kararsızlıkları aşan jet fişkırma ile buharlaşan polimerin vizkozitesi artar ve tabakada nanofiber halinde kaplanmaya başlar (Tübitak, 2004). Polimer damlası Taylor Konisi halini aldıktan sonra uygulanan voltajdaki çok küçük bir artışla koninin ucundan bir jet fırlar.

Elektro-eğirme yönteminde dikkat edilecek en önemli noktalardan biri çözücü seçimidir. Çözücünün buharlaşmaya etkisi oluşan nanofiberlerin morfolojisini etkiler. Diğer etkenlerin başında ise polimerin molekül ağırlığı gelir. Molekül ağırlığının düşük olması boncuklanmaya sebep olur. Buna karşın molekül ağırlığının yüksek olması ise boncuklanmayı engeller ve nanofiber oluşumu meydana gelir. (Cengiz ve ark., 2009).

1.3.5.1 Elektro-eğirme yönteminin uygulama alanları

Nanofiber üretiminde en çok bilinen yöntem elektro-eğirme yöntemidir. En yaygın kullanım alanı ise tıbbi protezlerdir. Önümüzdeki yıllarda aktif olarak kullanılması beklenen diğer alanlar ise doku mühendisliği ve elektromanyetik alanlardır.

Bu yöntemin özelliklerinin bilinmesi ve gelecekte daha geniş kullanım alanına sahip olacağı gerçeği bu alandaki araştırma ve geliştirmelerin artmasına da neden olmaktadır. (Dresselhaus ve Thomas, 2001).

1.3.5.2 Elektro-eğirme sistemine etki eden faktörler

Elektro-eğirme yöntemiyle, yüksek voltajda elektrik alana bağlı çözelti ya da eriyik haldeki polimerden nanofiberler oluşturulur (Dresselhaus ve Thomas, 2001).

Bu teknikte öncelikle uygun bir çözücüde çözülmüş ya da uygun ısıda eritilmiş olan polimer bir şırıngaya koyulur ve uygun voltaj, uzaklık gibi parametreler ayarlandıktan sonra toplayıcı levhada nanofiber oluşturulur. Şırıngadan gelen damla halindeki polimer çözeltisi belli bir voltaj değerine ulaştığında, yüzey geriliminin uyguladığı kuvvetten dolayı küre haline gelir. Elektrostatik kuvvetten kaynaklanan potansiyel fark ve damlacık üzerinde bulunan yüzey gerilimi eşitlendikçe koni haline döner. İşte bu koni Taylor Konisi olarak adlandırılır (Dresselhaus ve Thomas, 2001).

Elektro-eğirme yöntemini etkileyen faktörler aşağıdaki gibidir:

- İletkenlik,
- Viskosite,
- Çözücü uçuculuğu,
- Çözücü faz geçişi
- Voltaj,
- Akış hızı,
- İğne altlık mesafesi'dir.

1.2.5.2.1 İletkenlik

Elektro-eğirme işlemi, damlacığın hareketini sağlayan yükler birbirini ittikçe, oluşan elektrik alan ile daha fazla gerilme olur. Eğer yeteri kadar gerilme kuvveti oluşmazsa, nanofiberde boncuklanmalar oluşur. Çözeltiye iyon eklenerek iletkenlik artırılabilir, böylece gerilme kuvveti artar ve boncuklanma engellenmiş olur.

Polimeri çözmek için çözücüler seçerken, çözücülerden birinin bir miktar iletkenliğe sahip olması gerekmektedir. Alternatif olarak, organik veya inorganik tuz kullanılabilir.

Diğer bir yöntem de çözeltiye yüksek derecede iletken çözücü karıştırmaktır (Karatay ve Dogan, 2011).

1.2.5.2.2 Vizkosite ve yüzey gerilimi

Elektro-eğirme işleminin başlangıcı, yüklü çözeltinin yüzey gerilimini yenmesi ile başlar. Bu nedenle yüklü çözeltinin kendi yüzey gerilimini yenmesi gereklidir. Dolayısıyla bir diğer önemli parametre çözücünün viskozitesidir. Yüksek vizkositeli bir çözeltide, elektrik yükleri çözelti için gerekli mukavemeti oluşturamaz. Böyle durumlarda konsantrasyonu düşürmek gerekir ve gereğinden fazla düşük bir viskozite ise elektrik alan ile parçalanıp, nanofiber oluşturamaz. Elektro-eğirme için en uygun akış hızı, Taylor konisinin kararlı olduğu andır (Kumar ve ark., 2007).

Yüzey gerilimi ise yüzey aktif maddeler kullanılarak azaltılabilir. Ancak bu, üründe safsızlıkların oluşmasına neden olur. Heksadesil trimetil amonyum bromür (HTAB) gibi katyonik yüzey aktif madde, çözeltinin yüzey gerilimini düşürmekle kalmaz, aynı zamanda çözeltiye ilave yük taşıyıcılar da oluşturur. Bu, ince elyaflar üretmek için elyaf gerilmeyi arttırırken, boncuk oluşumunu azaltmanın ikili işlevine sahiptir. (Duzyer ve ark., 2011)

1.2.5.2.3 Çözücü uçuculuğu

Elektro-eğirme işleminde çözücünün kısa zamanda buharlaşması çok önemlidir. Çünkü buharlaşma hızı, faz ayrımını etkiler. Araştırmalara göre, çözücünün uçuculuğu oluşan nanofiberlerin çapını etkilediği gibi, miktarını da etkilemektedir (Subbiah, 2015).

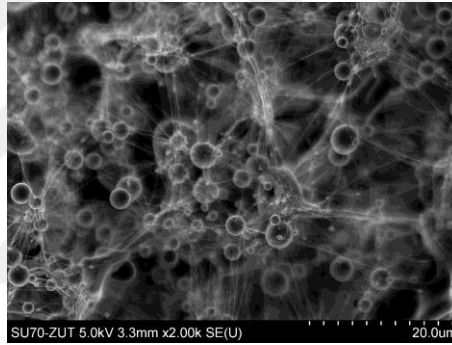
1.2.5.2.4 Çözücü faz geçişi

Bir çözelti faz diyagramı, çeşitli sıcaklıklardaki çözünürlük açısından polimer ve çözücü arasındaki etkileşimi gösterir. Faz diyagramı, polimerin faz ayrımına maruz kalacağı koşulları ve gözenekli yapıların oluşturduğu koşulları tahmin etmek

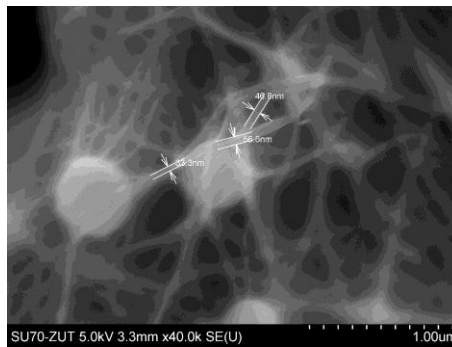
için kullanılır. Böylelikle daha iyi bir nanofiber eldesi için uygun parametrelere daha kolay ulaşılır (Woo ve ark., 2016).

1.2.5.2.5 Voltaj

Nanofiber çaplarının voltaj farklılıklarına göre etkisi henüz bilinmemektedir. Bazı deneylere göre voltaj ile çap ters orantılı olarak ilerlerken, bazılarında göre paralel olarak artış veya azalış göstermektedir (Dosunmu ve ark., 2006). Fakat netleşmiş durumlardan biri, artan voltaj miktarının fiber üzerinde ciddi boncuklanmaya sebebiyet vermesidir. Çünkü hızdan dolayı düzensiz akış meydana gelmektedir (Reydellet ve ark., 2003).



Şekil 1.3. Nanofiber oluşumu sırasında boncuklanmanın oluşumunun 20 nm’de gösterimi (Bu tez çalışmasında elde edilmiştir.)



Şekil 1.4. Nanofiber oluşumu sırasında boncuklanmanın oluşumunun 1 nm’de gösterimi (Bu tez çalışmasında elde edilmiştir.)

1.2.5.2.6 Akış hızı

Polimer çözeltisinin şırınga içerisindeki akış hızı bir diğer önemli parametrelerden biridir. Viskozite ile ters orantılıdır. Viskozite arttığında azalacak olan akış hızı hem boncuklanmaya sebep verir hem de çözücü buharlaşma hızı düşeceğinden oluşan damlacık, elektrik alanda oluşan yüke yenik düşer. Viskozite düştüğünde akış hızı çok artar ve böylelikle damlacıklar hızın etkisiyle parçalanabilir ve fiber oluşumu gözlenmez. Akış hızının en ideal olduğu hız, Taylor Konisi'nin oluştuğu anda ölçülen hızdır (Khansari ve ark., 2013).

1.2.5.2.7 İğne-altlık mesafesi

İğne ucu ile altlık arasındaki mesafe, nanofiberin plakaya ulaşma süresini ve elektrik alanının büyüklüğünü etkilemektedir. Ulaşma süresi ve elektrik alan ters orantı olarak çalışır, yani mesafe arttıkça çözücü buharlaşması için daha çok süre oluşur. Buchko ve arkadaşlarının yaptığı deneysel çalışmalar, elektrik alanın artmasıyla boncuklanmanın da arttığını işaret etmektedir. Mesafe olması gerekenden kısa ise, nanofiber ulaşmadan önce katılaşmak için yeterli süreye sahip olamaz. Mesafe olması gerekenden çok uzun ise, fiber yapısında boncuklanma oluşabilir ve nanofiber çap uzunluğu artabilir (Huang ve ark., 2016).

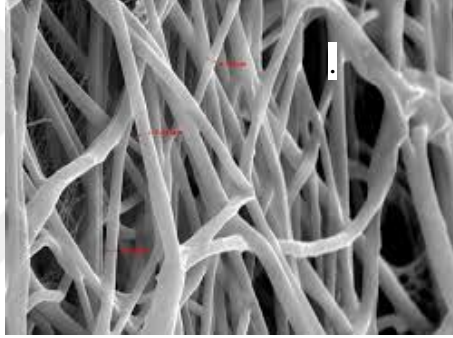
1.4 Nanofiberlerin Kullanım Alanları

Nanofiberlerin günümüz teknolojisinde tercih edilmesinin sebebi, hafif ve aynı zamanda oldukça sağlam olmasıdır. Bu ana özellikleri sebebiyle de nanofiberler geniş bir kullanım alanına sahiptir. Yaygın olarak kullanıldığı alanlar ise şöyle sıralanabilir:

- filtreleme,
- sensör yapımı,
- maske ve kıyafet yapımı,
- katalizör desteği,

- polimerik hücreleri,
- biyomedikal alanlar (Tıbbi protezler, teletıp, ilaç salım sistemi, yara örtücüler, doku şablonu),
- enerjisel uygulamalar,
- savunma sanayii
- uzay uygulamaları,
- kompozit destekleyicisi.

Önceki bölümlerde bahsedildiği gibi nanofiber elde etmek için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. En çok tercih edilen elektro-eğirme yöntemi ile hemen hemen her polimerden nanofiber üretilmesi mümkündür (Jordahl ve ark., 2017).



Şekil 1.5. Nanofiber SEM görüntüsü (Chu ve ark., 2017)

Nanofiberlerin ilk olarak tekstil alanında kullanılması öngörülmüştür. Daha sonra nanoteknolojinin gelişmesi ve daha iyi tanınması ile diğer alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır (Chu ve ark., 2017).

1.5 Kuantum Nokta Yapıları

Louis E. Brus ve Alexei Ekimov tarafından 1980'lerin başında keşfedilen, yarı-iletken olan kuantum noktalar nano boyutlu kristallerdir. Aynı zamanda kuantum noktalar için 1'den binlerce atoma kadar oluşturulabilen yapay bir atom da denilebilir. Kuantum noktaların çapları genelde 2-15 nanometredir (Zeleny ve ark., 2009).

1.5.1 Kuantum nokta optik özellikleri

Kuantum noktalarda önemli olan bant boşluğudur. Bu boşluk farkıyla kuantum noktalar aynı malzemeyle, fakat farklı boyutlarda farklı renklerde ışık yayabilirler.

Büyük nokta, kırmızı (düşük enerji), küçük noktalar mavimsi (daha yüksek enerji) ışık yayarlar. Bu durum kuantum nokta enerji düzeyleriyle doğrudan ilgilidir. Kuantum nokta aralıkları enerji ile ters orantılıdır, yani mesafe azaldıkça enerji artar.

Kuantum noktalar mevcut bulunan bant boşlukları ve mükemmel optik özellikleri bakımından birçok sektörün gözdesi halindedir. Kullanım alanları ise;

- LED
- Biyoteknolojik uygulamalar,
- Savunma sanayi
- Tarım
- Endüstriyel gelişmeler
- Güneş hücrelerini örnek verebiliriz. (Teo ve Ramakrishna, 2005).

1.5.1.1 Güneş hücreleri

Güneş hücreleri, kaynağın güneş ışığı veya yapay ışık olmasına bakılmaksızın, fotovoltaik olarak tanımlanır. Işık enerjisini fiziksel ve kimyasal bir etki ile doğrudan elektriğe dönüştüren elektrikli cihazlardır.

Akım, voltaj veya direnç gibi elektriksel özelliklerin ışığa maruz kalmasıyla değiştiği bir cihaz olarak da tanımlanabilir. Güneş paneli olarak da bilinen fotovoltaik modüllerin yapı taşlarıdır.

Bunlar, ışığı veya görünür menzilin yakınında bulunan diğer elektromanyetik ışınımları algılayan veya ışık yoğunluğunu ölçen bir fotodetektör (örneğin, kızılötesi dedektörler) olarak kullanılırlar (Zhang ve ark., 2016).

1.7.1.1.2 Güneş hücrelerinin yapısı

Güneş hücresi, fotovoltajik efekti kullanarak ışığın enerjisini doğrudan elektrik haline dönüştüren katı hal elektrikli bir cihazdır (p-n bandı). Dönüşüm işlemi önce güneş enerjisini (foton) absorbe eden bir malzemeyi gerektirir ve daha sonra bir elektronu daha yüksek bir enerji durumuna yükseltir ve daha sonra bu yüksek enerjili elektronun harici bir devreden akmasını sağlar.

Bir p-n birleşimi, p-tipi ve n-tipi yarı iletken malzeme birleştirilerek oluşturulur. Bu birleşime bağlı olarak, n-tipindeki aşırı elektronlar p-tipinin delikleriyle dağılmaya çalışırken, p- tipinin aşırı deliği, n- tipinin elektronlarıyla dağılmaya çalışmaktadır. Elektronların p-tipi tarafa hareket ettirilmesi, n-tipi taraftaki pozitif iyon çekirdeğini ortaya çıkarırken, deliklerin n-tipi tarafa hareket ettirilmesi, p-tipi taraftaki negatif iyon çekirdeğini açığa çıkararak, birleşimde bir elektron alanı meydana getirmektedir (Dosunmu ve ark., 2006)

2 KAYNAK ARAŞTIRMASI

Nanofiber yapılar ve nanomalzemeler ile ilgili araştırma-geliştirme çalışmaları, kullanım alanındaki çeşitliliğin fark edilmesiyle artmaya devam etmektedir. Bu bağlamda, nanopartiküller ve nanofiberlerin üretilmesi ve karakterize edilmesi üzerinde durulmaktadır. Özellikle ilaç dağıtım, biyosensör, ilaç endüstrisi, doku mühendisliği ve güneş hücreleri gibi alanlardaki çalışmalar, çoğunlukla yaygın olarak kullanılan elektro-eğirme tekniği ile gerçekleştirilmektedir (Huang ve ark., 2003). Bu açıdan en çok, benzersiz optik özellikleri ve kimyasal sensörler, optik anahtarlar, görüntüleme cihazları ve biyolojik etiketlerdeki potansiyel uygulamaları nedeniyle CdTe nanopartikülleri, dikkat çekmektedir. Bu gelişmelerde, nanofiber elde etme tarihi ise aşağıdaki gibi ilerlemiştir. 1934 senesinde Formhals'ın elektrik alan ile yapay fiber elde edilmesi ile bu çalışma ile patent alınmıştır (Formhals, 1940). Ramakrishna ve Jayaraman, nanofiberlerin üretim yöntemleri üzerinde durmuştur. Özellikle elyaf çekme yöntemi üzerinde çalışmış olup, polimer çözeltisine temas ettirilen ince bir yapının yavaşça çekilmesiyle uzunluk yönünden diğerlerine göre fark yaratan nanofiber elde etmeyi başarmışlardır (Ramakrishna, 1990). CdSe, alaşım yapıdaki CdSeS nanokristalleri sentezindeki son gelişmeler ile birlikte, parçacık büyüklüğü kontrol edilebilen, çapı 1 ile 10 nm arasında dağılım örnekleri elde edilmiştir (Peng ve ark., 2000). Feng daha farklı bir yöntem üzerinde çalışmış ve polimer çözeltisini bir membrandan geçirerek elde etmişlerdir. Bu yöntemin polimer bakımından farkı ise, polimerin bir sıvı ile sıkıştırılarak ve kısmen katılaştırılarak kullanılan bir polimer ile eldesinin olmasıdır. Ramakrishna ayrıca, yüksek elektrik akımı ile polimer çözeltisinin ucundan bir fiber eldesinin olabileceği üzerinde çalışmalarda yapmıştır (Feng, 2002). Huang, elektro-eğirme yöntemiyle 4-1 nanometre arası olan ürünlerin farklı polimerlerle elde edilebileceğini tespit etmişlerdir (Huang ve ark., 2003). Cui ve ark. 2nm çapında nanotetrapod gibi kompleks nanoparçacıkların mikron boyutunda partikülleri dizilimiyle kılcal etkileşimleri organize edebileceğini (Chu ve ark., 2017). Kozanoğlu ve ark. elektro-eğirme işlemini modelleştirmişlerdir. Andray, elektro-eğirmenin merkezinde bulunan damlacığın maruz kaldığı kuvvetin etkisini incelemiştir. Bu araştırmaya göre, aslında

yavaş hızla iğne ucuna gelen çözelti damlacık oluşturarak yer çekimi etkisine maruz kalmaktadır. Kozanoğlu, elektro-eğirme işleminin ikinci aşamasını oluşturan Taylor konisini incelemiş olup, damla halinde bulunan polimerin elektriğe maruz kaldığında uç kısmının tam bir koni haline dönüştüğünü belirtmiştir (Kozanoğlu ve ark., 2006). Andray, Taylor açısının polimerin hızı ve derişikliğine bağlı olarak değişkenlik gösterdiğini belirtmiştir. Ayrıca, polimer jet hızının artmasıyla polimerin daha doğrusal bir yol izlediğini gözlemlemiş olup, hızının artması konusunda da buharlaşan çözücüye öne sürmüştür. Andray, katılma projesiyle de çözücüsü tamamen buharlaşan polimerlerin nanofibere dönüştüğünü çalışmalarıyla göstermiştir (Andray, 2008). Üstündağ ve ark. nanofiberin kullanım alanları konusunda çalışmalar yürütmüştür. Graham, küçük çaplı nanofiberlerin daha verimli olduklarını ve çapın küçüldükçe verimin artacağı konusunda çalışmalarda bulunmuştur. Üstündağ, nanofiberlerin doku mühendisliği alanında uygulanmasına yoğunlaşmış olup, nanofiberlerin kemiğe kolayca yapıştığı ve kemik hücrelerinin nanofiber içinde kolayca büyüdüğünü ifade etmiştir (Üstündağ, 2009). Leung, polimer çözeltisi hazırlanırken viskoziteyi gereğinden fazla arttırılması konusunda doğru orantılı olarak fiberlerin bir arada toplanması nedeniyle çaplarının da artacağını belirtmiştir. Ayrıca düzgün bir nanofiber eldesi için yüzey etken maddelerinin kesinlikle çözeltime eklenmesi, bunun da yine iletkenliğe sahip bir sıvıyla sağlanacağını belirtmiştir. İletkenlik seviyesi arttıkça daha düzgün ve küçük çaplı nanofiber oluşumu mümkündür. Ramakrishna, DMF (dimetilformamit) gibi çözücülerin ilavesi ile çözücünün dielektrik özelliğinin arttırılarak damlacık oluşmasına engel olacağı ve düzgün bir nanofiber eldesine yardımcı olacağını belirtilmiştir. Bununla beraber düşük konsantrasyonlu polimer çözeltilerinin ve yüksek uçuculuk özelliğe sahip nanofiberlerin de bu konuda fayda sağlayacağı deneysel çalışmalarla kanıtlanmıştır (Leung ve ark., 2010). Çengelolu, CdSe tabanlı nanokristal yapıların alaşım formlarının koloidal sentezi ve polimer-hibrit ışık yayan diyot uygulamaları incelenmiştir. Elde edilen bu nanokristaller Hibrit LED sisteminde kullanmış ve elektrolüminesans veriminde büyük oranda artış elde

edilmiştir. Ayrıca floresans özellik gösteren alaşımların tek basamakta kullanılabilirliği gösterilmiştir (Tilki, 2012).



3 MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Kullanılan Kimyasallar

Bu çalışmada kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıktadır. Dimetilformamid (DMF) (%99.8) ve Toluen (%99.9), Merck marka kullanılmıştır. Polivinilpirolidon (PVP) (% 99.5), ise Alfa-Aesar'dan temin edilmiştir.

3.1.1 Kadmiyum

Yerkabuğunda bulunma oranı 0.2 gr/ton olan Kadmiyum grinokit gibi minarellerde de cüzzi miktarlarda bulunmaktadır. Çinkonun distilasyonu ile yan ürün olarak elde edilmekle birlikte, çinkonun rafine işlemi sırasında çökmesi ile de elde edilir.

Kadmiyum, metaliksel parlaklık elde etmek için kullanılır (Şekil 3.1). Kadmiyum Sülfid; boyalarda sarı renk için, Kadmiyum Sülfid ve Selenit karışımı; kırmızı renk için, karışım oranları değiştirilerek ise sarı ile kırmızı arasındaki renklerin bulunması için kullanılır. Kadmiyum Sülfat; tıpta antiseptik olarak kullanılır. Kadmiyum Bromür ve Kadmiyum İyodür; fotoğrafçılıkta kullanılır (Anonim, 2012).



Şekil 3.1. Kadmiyumun görünüşü ile ilgili resim (Anonim, 2012).

3.1.2 Polivinil pirolidon

Beyaz renkli (Şekil 3.2) su ve alkolde çözünebilen PVP'nin erime sıcaklığı 300°C' nin üstündedir. Polimer ağırlığı (1.300.000) dir. Kimyasal formülü $(C_6H_9NO)_n$ şeklindedir (Anonim, 2016a).



Şekil 3.2. PVP' nin görünüşü (PVP) (Anonim, 2016a)

3.2 Kullanılan Cihazlar

3.2.1 Taramalı elektron mikroskobu (SEM)

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), numune yüzeyini tarayarak bir görüntü elde eden elektron mikroskobudur. Yüksek enerjili elektronlar, numunenin dış yörüngesindeki elektronlarla etkileşimi ile düşük enerjili elektron oluşturur. Bu etkileşim sonucu enerjisi azalan elektronlar numune yüzeyine doğru hareket eder ve bu hareket sinyale çevrilir. Bu sinyaller 10 nm'den daha derin yüzeylerden geldiği için çözünürlüğü çok yüksek görüntüler elde edilir.

SEM tekniği ile nanofiberlerin gerek toz halindeki gerekse film halindeki görüntüleri incelenerek karşılaştırma yapılır. SEM cihazında genel olarak 10 nm'ye kadar olan boyutlar gözlemlenebilir.

ZeissEvo modeli Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile oluşturulan nanofiberlerin çapları incelenmiş ve yapılan deneylere göre uygun bir nanofiber elde edilip edilemediği incelenmiştir.

3.2.2 Atomik kuvvet mikroskobu (AFM)

Atomik kuvvet mikroskobu (AFM), nanokristaller tarafından oluşan filmlerin yüzey topolojisi ve faz farkının belirlenmesinde kullanılır, Bu cihazda, elektrostatik, van der Waals, sürtünme ve magnetik kuvvet gibi güçlü kuvvetlere duyarlı bir denge çubuğu numuneyi tarar. Bu tarama sonucu oluşan, numune ile denge çubuğu arasındaki kuvvet hareketlenmelere sebep olur. Bu hareket optik okuyucu ile tayin edilir ve topografik bilgi akışı sağlanır. Atomik Kuvvet Mikroskobunda her çeşit morfoloji incelemesi mümkün olup, parçayı oluşturan taneçikler ve bu taneçiklerin birbiri ile etkileşimi de rahatlıkla görülebilir.

Bu deney çalışmasında NT-MDT marka; Ntegra Solarismodel Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) kullanılmıştır. Oluşturulan nanofiberlerin yüzey morfolojisine inilmiş ve sonuçlar incelenmiştir.

3.2.3 Elektro-eğirme cihazı

Bu tez çalışması 2 farklı üniversitede 2 farklı elektro-eğirme cihazı kullanılarak tamamlanmıştır. Wet Pomeranian University’de kullanılan elektro eğirme cihazı Şekil 3.3’de gösterilen ‘NanoSpinner1 Elektrospinning Ünitesi’ ile beraber laboratuvar ortamında bulunan diğer malzemeler ile birleştirilerek oluşturulmuştur.



Şekil 3.3. West Pomeranian University of Technology’de kullanılan elektro-eğirme sistemi

Selçuk Üniversitesi’nde kullanılan elektro-eğirme cihazı ise Inverso marka Ne300 modeldir (Bknz. Şekil 3.4.)



Şekil 3.4. Selçuk Üniversitesi’nde kullanılan elektro-eğirme sistemi

4 DENEYSEL YÖNTEM

4.1 CdTeSe Nanofiber Solüsyonunun Hazırlanması

CdTeSe kompozit parçacıkları, bir mikroakışkan reaktörde sürekli olarak sentezlenmiştir. Mikroreaktörde yapılan sürekli sentez ile CdTeSe parçacıkları sırayla üretilebilir ve parçacık boyutu doğrudan kalış süresi ile ayarlanabilir. Bu malzemeler Selçuk Üniversitesi Kimya Bölümü Analitik Kimya A.B.D. Arş.Gör. Dr. Canan Başlak tarafından sentezlenmiştir.

CdTeSe sentezi, 100 ° C'de toluen içinde çözülür. 100 ° C sabit sıcaklık, Nitrojen ile dourulmuş su ile şiddetli bir şekilde ısıtılarak sabit tutulur. Reaksiyon, 30 dk oda sıcaklığında beklemeye bırakıldıktan sonra durdurulur. Oda sıcaklığında nanokristeller oluşmaya başlar. Çözeltiye etanol eklenerek yavaş yavaş nanokristallerin çökmesi sağlanır ve çözelti saflaştırılır. Arıtma prosedürü birkaç defa tekrarlanır. Yukarıda belirtilen tüm işlemler oksijensiz ortamda yapılır. Dibe çöktürülen nanokristallerin oluşup oluşmadığı UV ışığı altında gözlemlenir ve kanıtlanır.

CdTeSe'nin UV ışığı ve görünür ışık altındaki görselleri Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. CdTeSe suda çözüldükten sonra görünür ışık altındaki görseli

Solüsyonlarının hazırlanmasında, 7,8 mg CdTeSe, 12 ml DMF içerisine ilave edilmiştir daha sonra 50°C' de 1 gün boyunca sıcak plakada karıştırmaya bırakılmıştır. Aynı zamanda 1,28 mg PVP, 2 gün 60 ° C' de karıştırılarak deiyonize su ile çözüldürülmüştür. Böylece elektro-eğirme yöntemi için uygun bir çözelti elde edilmiştir.

4.2 Nanofiber Çözeltisinin Hazırlanması

Nanofiber eldesi için kullanılacak polimerin suda çözünürlüğü, farklı parametrelerin kullanıldığı 3 farklı polimer ile denenmiştir. En iyi çözünme polivinilpirolidon (PVP) ile elde edilmiştir.

İlk deneme polyvinyl alcohol (PVA) ile yapılmıştır. Farklı parametreler ile polimerin suda uygun çözünmesi denenmiştir. 12 ml suya 1,07 mg PVA eklendikten sonra sıcak plakaya bırakılmıştır ve 8 saat aralıklarla kontrol edilerek 48 saate kadar çözünmesi beklenmiştir. Daha sonra sıcaklıkla aynı zaman aralıklarında 40°C'den 90°C'ye kadar denemeler yapılmıştır. Fakat olumlu sonuç alınamamıştır. PVA farklı sıcaklık ve konsantrasyon denemelerine rağmen her denemede jel halinde dibe çökmüştür. Şekil 4.3'de 12 ml saf suya 1,07 mg PVA eklenerek 70 ° C 'da 48 saat karıştırılarak bekletilen çözeltinin fotoğrafı.



Şekil 4.3. PVA ve saf su karışımında PVA'nın jel şeklinde dibe çöküşü.

Bir diğer çözünme denemesi ise poliakrilonitril (PAN) ile yapıldı. PVA'da denenen tüm sıcaklık ve konsantrasyon parametreleri poliakrilonitril ile yapılan denemelerde de başarısız olmuştur ve polimer tanecikler halinde suya yayılmıştır. Şekil 4.4'de 12 ml saf suya 0,97 mg PVA eklenerek 70 ° C 'da 48 saat karıştırılarak sıcak plakada bekletilen çözeltiyi göstermektedir.



Şekil 4.4 PAN ve saf su karışımında PAN'ın tanecikler halinde suya yayılması.

Daha sonra en uygun sonuç polivinilpirolidon (PVP) ve aşağıdaki parametreler ile sağlanmıştır. 1,28 mg PVP, 12 ml suda 50 ° C'da 1 gün boyunca sıcak plakada karıştırılmaya bırakılmıştır. Homojen bir çözünme sağlanmıştır. Daha

sonra 7,8 mg CdTeSe eklenerek 1 gün daha karıştırılmaya bırakılmıştır. Çözünme tamamen tamamlanmıştır.



Şekil 4.5 PVP ve saf su karışımından elde edilen çözelti

4.3 Elektro-eğirme Parametreleri

Bu çalışmada, PVP ve CdTeSe ile elde edilen en uygun nanofiberin oluşumunda kullanılan çözelti, çapı 19 mm metalik iğne ucuna sahip 30 ml'lik şırınga içine aktarılmıştır. İğne ucu ile plaka arasındaki mesafe 15 cm, 24-26° C'de sabit ve sürekli bir jet üretilmiştir. Çözelti akış hızı, 0,5 ml/ saat'lik bir besleme hızı ile bir şırınga pompası kullanılarak sağlanmıştır. İğne ucu ve plaka arasında meydana gelen elektrik alanı, 25 kV gerilim ile yüksek voltajlı güç kaynağı kullanılarak dikey nanofiber cihazı ile elde edilmiştir.

4.4 Elektro-eğirme Yöntemiyle CdTe Nanofiberinin Eldesi

Elektro-eğirme sisteminde; güç kaynağı, mikropompa, toplayıcı plaka, şırınga ve akış ölçer bulunmalıdır (Şekil 4.6).



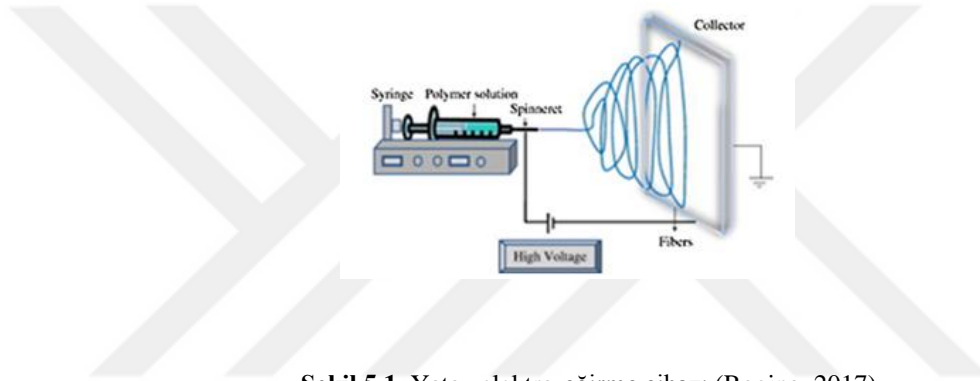
Şekil 4.6. Elektro-eğirme sistemi görüntüsü

Hazırlanan çözelti 30 ml'lik 19 gauge metal iğneye sahip olan bir şırıngaya aktarılmıştır. Şırınga ucu ve metal tabaka arasındaki mesafe 15 cm'ye ayarlanmıştır. Bu parametrelerin tümü oda sıcaklığında, 24-26°C' de sağlanmıştır. Şırınganın çıkış hızı 0,5 ml/saat olarak belirlenmiştir. Voltaj ise 25 kV olarak ayarlanmıştır. Boncuklanmanın en az ve fiber çapının en küçük hali bu parametreler sonucu sağlanmıştır.

5 ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

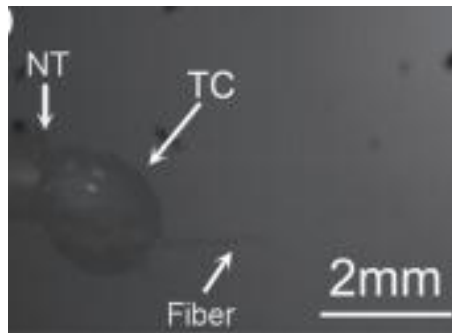
Nanofiber eldesi için 2 farklı üniversitede; West Pomeranian University Of Technology ve Selçuk Üniversitesi'nde 2 farklı deney ortamında çalışılmıştır. Burada yapılan deneylerdeki fark elektro-eğirme cihazlarının farklı olmasındandır. Biri yatay diğeri dikey olmak üzere iki farklı elektro-eğirme cihazı ile çalışılmıştır.

West Pomeranian University of Technology'de kullanılan elektro-eğirme cihazı yatay üretim yapmaktadır. Kullanılan şırınga ve leyva düzleme paraleldir.



Şekil 5.1. Yatay elektro-eğirme cihazı (Rogina, 2017)

Bu tür elektro-eğirme cihazları dikey olanlara göre daha etkindir. Çünkü dikey olana göre şırıngadan akan polimer yerçekimine daha az maruz kalır. Aynı sıcaklık, aynı konsantrasyon ve aynı kV'a karşın daha az sürede yeterli kaplamaya sahip olunabilir. Yatay elektro-eğirme cihazında elektrik alanda damlacıktan oluşan fiberin hareketini Şekil 5.2' de verilmiştir.



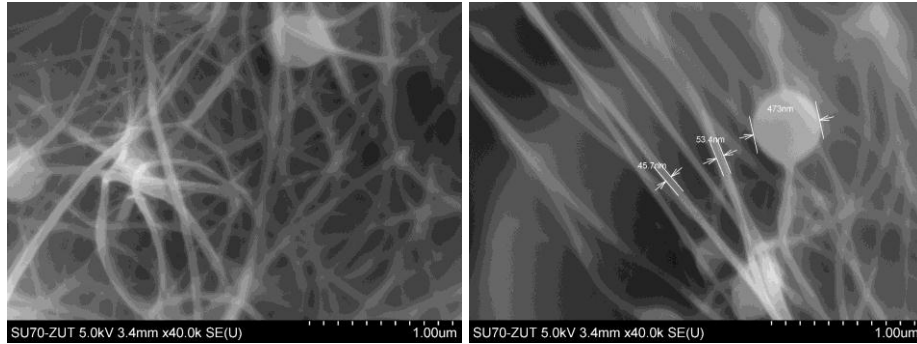
Şekil 5.2. Yatay nanofiber cihazında elektrik alanda damlacıktan oluşan fiberin hareketi (NT: İğne ucu, TC: Taylor Cone) (Marginean ve ark., 2006)

Çözelti bileşimi, 8 ml saf su ve 4 ml etanol şeklindedir. Bu çözelti daha önceden 50°C'ye getirilmiş ısıtıcıya koyulmuştur ve bu sıcaklıkta 1 saat karıştırılmıştır. Daha sonra 1 g PVP' ye 100 mg CdTeSe eklenerek 60°C'de 2 saat karıştırılmıştır. Elde edilen bu çözelti kullanılarak elektro-eğirme yöntemi ile nanofiber üretilmiştir.

Deney aşamasında parametreler değiştirilmiş ve SEM sonuçları kıyaslanarak optimizasyon yapılmıştır.

1) Çözelti parametreleri: 1.5 g PVP, 100mg CdTE

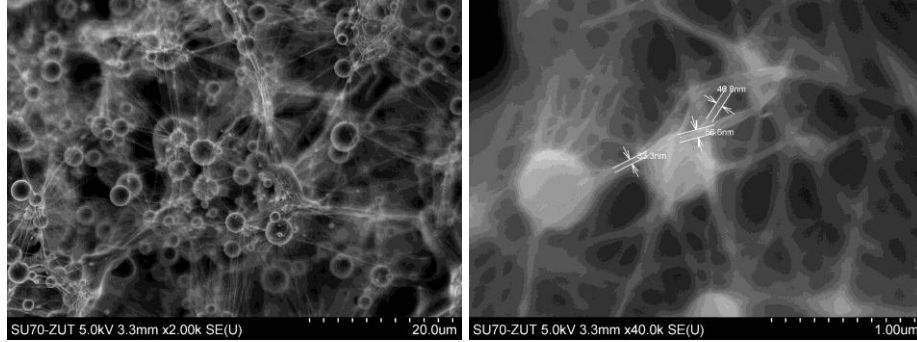
Elektro-eğirme parametreleri: 25 kV DC voltaj, 5 ml/s akış hızı, 15 cm iğne ucu ve toplayıcı arası mesafe ile 15 dk boyunca yapılmış nanofiber üretimi sonucu damlacık oluşumu gözlemlenmiştir. Şekil 5.3'de SEM sonucunda 1 µm'de gözlemlenen damlacıklar gösterilmiştir.



Şekil 5.3. 1.5mg PVP, 100 g CdTeSe ile elde edilen nanofiberin SEM görüntüsü

2) Çözelti parametreleri: 0,7 g PVP, 100 mg CdTE

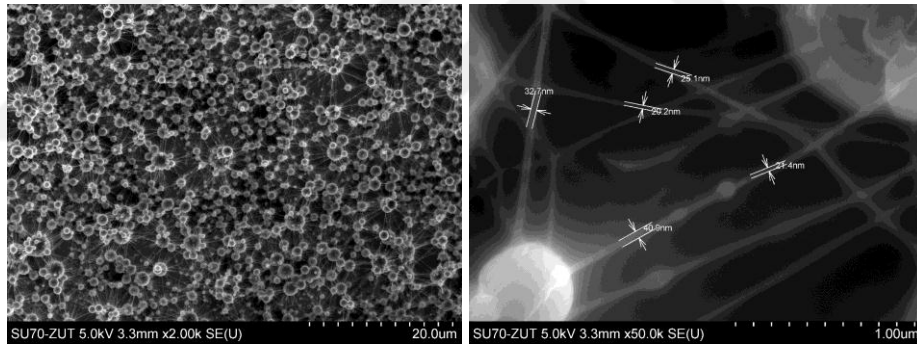
Elektro-eğirme parametreleri: 25 kV DC voltaj, 5 ml/s akış hızı, 15 cm iğne ucu ve toplayıcı arası mesafe ile 15 dk boyunca yapılmış nanofiber üretimi sonucu damlacık oluşumunun arttığı gözlemlenmiştir. Şekil 5.4'de SEM sonucunda gözlemlenen damlacıklar, 20 µm ve 1 µm'de gösterilmiştir.



Şekil 5.4 0,7g PVP, 100mg CdTeSe elde edilen nanofiberin SEM görüntüsü

3) Çözelti parametreleri: 0,5 g PVP, 100 mg CdTE

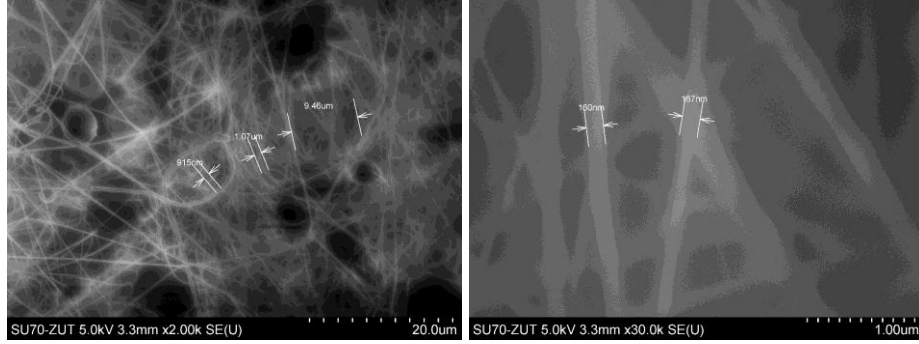
Elektro-eğirme parametreleri: 25 kV DC voltaj, 5 ml/s akış hızı, 15 cm iğne ucu ve toplayıcı arası mesafe ile 15 dk boyunca yapılmış nanofiber sonucu şu şekildedir. Nanofiberde damlacık oluşumu artmıştır. Şekil 5.5’de SEM sonucunda gözlemlenen damlacıklar gösterilmiştir.



Şekil 5.5. 0,5 mg PVP, 100 g CdTeSe ile elde edilen nanofiberin SEM görüntüsü

4) Çözelti parametreleri: 0,7 g PVP, 100 mg CdTE

Elektro-eğirme parametreleri: 25 kV DC voltaj, 5 ml/s akış hızı, 15 cm iğne ucu ve toplayıcı arası mesafe ile 10 dk boyunca yapılmış nanofiber üretimi sonucu istenilen şekilde 1 mikron’un altında çapa sahip nanofiber eldesi ile gerçekleşmiştir.



Şekil 5.6. 0,7 mg PVP, 100 g CdTeSe ile elde edilen nanofiberin SEM görüntüsü

Selçuk Üniversitesi'nde kullanılan elektro-eğirme cihazı dikey olduğu için, ideal bulunan çözelti ve parametreler yeniden denendi. Dikey elektro-eğirme cihazında şırınga yer çekimine ters yönde bir akış sağlar. Dolayısıyla akış hızı yerçekimi direnciyle yavaşlar ve yatay elektro-eğirme sisteminde kullanılan parametreler sabit tutulsa dahi aynı sonuçlar daha uzun sürede elde edilir. Şekil 5.7' de dikey elektro-eğirme sistemi gösterilmiştir.

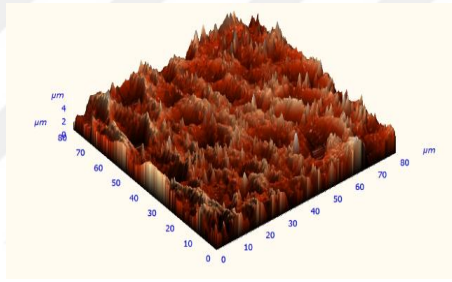


Şekil 5.7. Dikey elektro-eğirme yöntemi

Yapılan deneyler aşağıda görülmektedir:

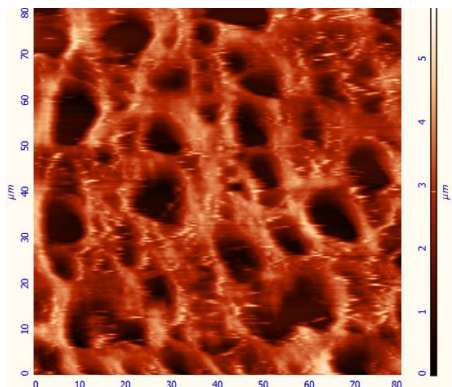
1) 10,2 mg CdTeSe'yi 10 ml suda tamamen çözmek için 50 °C'de 1 saat sıcak plakada karıştırarak bekletilmesine rağmen çözünmemiştir. Karıştırıcıda bir saat daha bekletilip yine çözünmediği için yağ banyosu 60 °C'ye çıkartılarak 2 saat beklenmiştir ancak çözünme elde edilememiştir.

2) 8,1 mg CdTeSe ile 8 ml su ve 4 ml etanol 50°C'de 1 saat bekletilmiştir. Daha sonra 1 g PVP ekledikten sonra 60°C'de 2 saat daha karıştırıcıda bekletilmiştir. Çözünme sağlanınca elektro-eğirme sistemiyle denemelere başlanılmıştır. Akış hızı 0,5 ml/s ve voltajı 25 kV olan sistemde 30 dk boyunca kaplama yapılmış ve daha sonra sonuçlar incelenmiştir fakat AFM sonuçlarına göre nanofiber gözlenemediği anlaşılmıştır. Şekil 5.8'de nanofiber oluşmamış AFM sonucu görünmektedir.



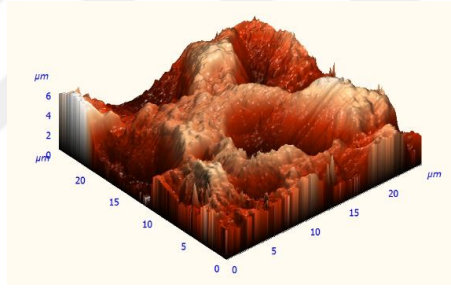
Şekil 5.8. 1 mg CdTeSe ile 8 ml su ve 4 ml etanol ile elde edilen nanofiber oluşmamış AFM sonucu

3) 14 mg CdTeSe, 4 ml etanol ve 8 ml su eklendi ve 50°C'de 1 saatte çözünmüştür. Daha sonra 0,7 g PVP eklenerek 60°C'de iki saat bekletilmiştir. Çözünme gözlenemediği için 1 ml daha etanol eklenmiştir. Gözle görülür bir çözünme elde edildiği için elektro-eğirme parametresi olarak 25 kV'da 0,5 ml/s'de 2 saat nanofiber yapımından sonra nanofiberlerin üzerinde biriktiği alüminyum plaka 250°C'de 10 dakika yakılmıştır. Şekil 5.9' da da görüldüğü gibi AFM'de ölçülen sonuçlara göre nanofiberlerin oluşmadığı gözlemlenmiştir.



Şekil 5.9. 14 mg CdTeSe, 4 ml etanol ve 8 ml su ile elde edilen nanofiber oluşumu gözlenememiş AFM sonucu

4) 15,2 mg CdTeSe, 4 ml etanol ve 8 ml su karıştırılarak 50°C'de 1 saat bekletilmiştir. Daha sonra 7,1 mg PVP ve 1 ml etanol eklenerek 60°C'de 2 saat bekletilmiştir. Çözeltinin eldesinden sonra 0,5 ml/s akış hızı ve 25 kV'da 2 saat bekletilmiştir. Sonraki adımda yakma işlemi yapılmadan AFM'de 20 µm'lik alanda görüntüler alınmıştır. Şekil 5.10'da da görüldüğü gibi incelenen sonuçlarda nanofiber gözlemlenmemiştir.



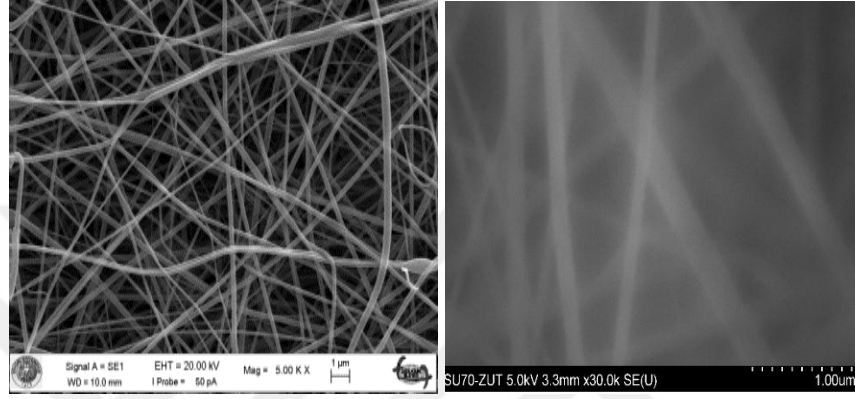
Şekil 5.10. 15,2 mg CdTeSe, 4 ml etanol ve 8 ml su ile elde edilen nanofiber oluşumu gözlenememiş AFM sonucu

5) 7,8 mg CdTeSe, 12 ml suda 50°C'de 1 gün boyunca sıcak plakada karıştırılmaya bırakılan çözelti, daha sonra 1,28 mg PVP ile 2 gün boyunca sıcak plakada çözünmeye bırakılmıştır. Uygun bir viskozite ile çözünme gerçekleşmiştir. Hazırlanan çözelti 0.5 ml/saat akış hızı ile 25 kV'da 2 saat bekletilip, yakılmadan AFM ve SEM'e gönderilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde tüm bu parametreler ile birlikte nanofiber üretimi sağlanmış olduğu gözlenmiştir.

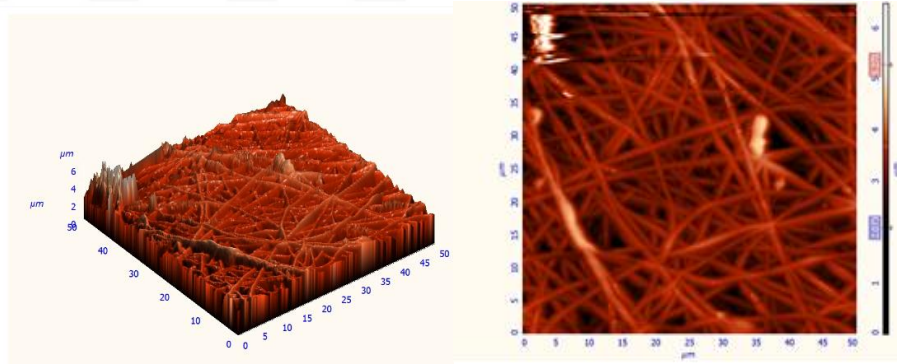
Elektro-eğirme işlemi Inverso Ne300 markalı cihaz ile yapılmıştır. SEM sonucu için ZeissEvo modeli SEM kullanıldı. Hazırlanan CdTeSe nanopartiküller CdTeSe / PVP kompozit nanofiberler SEM ile tanımlandı. Elektro-eğirme işleminde

uygulanan farklı manyetik alanlı elektro-eğirme nanofiberlerinin SEM mikrografları ve nanofiber çap dağılımları Şekil 5.11'de gösterilmiştir. Ayrıca, AFM sonuçları ise Şekil 5.12'de gösterilmiştir.

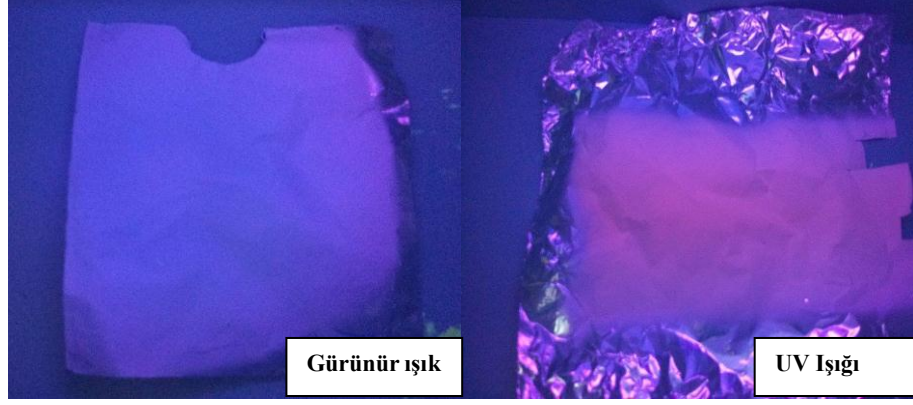
Floresans kuantum nokta yapılarının varlığı ise; UV ışığı altında elde edilen floresans görünümü Şekil 5.13'de gösterilen sonuçlar ile kanıtlanmıştır.



Şekil 5.11 SEM sonuçlarına göre elde edilen nanofiber görünümü



Şekil 5.12 CdTe nanofiber görünümü AFM



Şekil 5.13 CdTe floresans yapılı nanofiber görünümü

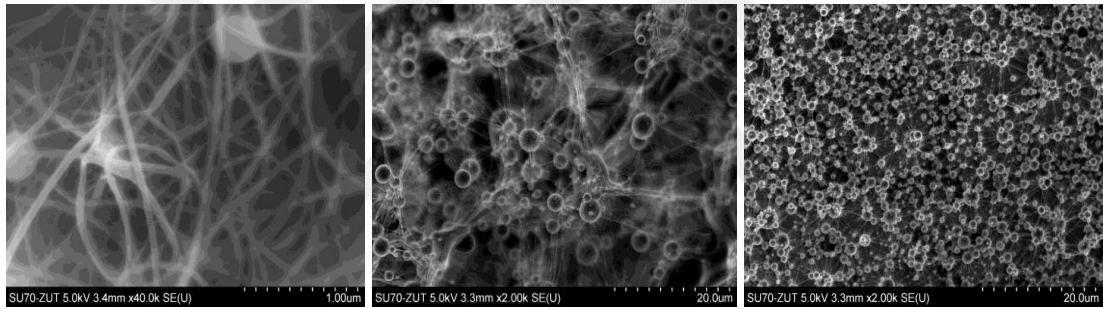


6 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1 Sonuçlar

Yapılan çalışmalar sonucu en uygun çözelti yoğunluğu ve elektro-eğirme parametreleri araştırılmıştır.

İlk olarak polimer miktarlarını karşılaştırmak amacıyla West Pomeranian Üniversitesi'nde oranların etkisi araştırılmıştır. Polimer miktarı azaldıkça nanofiber üzerindeki baloncuk yapısının arttığı gözlemlenmiştir. Bunun nedeni; polimer miktarının azalması ile çözelti konsantrasyonunun azalması, viskozitenin artmasıdır. Bu kıyaslama ile, kullanılan polimer oranının nanofiber eldesindeki etkisi kolayca görülmektedir.



Şekil 6.1. a) 1,5 mg polimer b) 0,7 mg polimer c) 0,5 mg polimer

Aynı zamanda aynı polimer miktarlarında farklı nanofiber üretme sürelerinde de farklılıklar görülmüştür. 10 dk yapılan nanofiberde daha iyi sonuçlar gözlemlenirken 15 dk beklenen nanofiberde baloncuk oluşumu artmıştır. Bunun nedeni; nanofiber oluşum süresinin artması ile kalın bir film oluşmasıdır. Bu kıyaslama ile ideal parametrelerin belirlenmesi konusunda sürenin önemi desteklenmiştir.

Daha sonra Selçuk Üniversitesi'nde yapılan deneylerde elektro-eğirme sistemi tamamen değiştiği için çözelti parametreleri ve elektro-eğirme parametreleri değiştirilmiştir. West Pomeranian Üniversitesi'nde 25 kV DC voltaj, 5 ml/s akış

hızıyla işlemin 10 dk – 15 dk yapılması yeterliyken, Selçuk Üniversitesi'nde 25 kV DC voltajla akış hızı 0,5 ml/s olduğu için nanofiber kaplama işlemi 6 saat sürmüştür.

Daha sonra Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji Laboratuvarında yapılan denemelerde çözücü çeşitleri ve oranları değiştirilerek en uygun çözelti elde edilmeye çalışılmıştır. Sadece saf su kullanılarak CdTeSe çözdürülmeye çalışılmış ancak başarılı olmamıştır. Bu yüzden içerisine belirli oranlarda DMF ekleyerek en optimum çözelti bulunmuştur. Bu çözelti, 12 ml Toluene ve içerisine 1,28 mg PVP ve 7,8 mg CdTeSe nanopartikülleri eklenerek hazırlanmış çözüldüden elde edilmiştir.

6.2 Öneriler

Öncelikli olarak suda en iyi çözünen polimerlerin belirlenmesi gerekmektedir.

Elektro-eğirme yöntemi ile tüm koşullar sıra ile sabitlenerek elde edilebilecek en küçük nanofiber sağlayan parametreler belirlenmeli daha sonra ise sonuçlarına göre kuantum nokta yapılarının fiber içine dizilim çalışmalarına başlanmalı.

Elektro-eğirme cihazının yatay ya da dikey versiyonuna göre araştırmalar yapıp, parametreler cihaz tipine göre belirlenmelidir.

7 KAYNAKLAR

- 2016, Journal of Physics: Conference Series, *Journal of Physics: Conference Series*, 776 (1).
- A. Formhals, Process and apparatus for preparing artificial threads,1934.
- A. Formhals, "Artificial thread and method of producing same," 1940.
- A.P.C., F., 2006, Energy İn Europe: Changing Technologiesl, *Energy Policy*, Vol: 34(3) Pp. 322-342.
- Andrady, A.L., 2008, Science and Technology of Polymer Nanofibers, *Wiley Pres.,New Jersey*, 403 p
- Anonim, 2012, Kadmiyum nedir Kadmiyum elementinin özellikleri, <http://www.nkfu.com/kadmiyum-nedir-kadmiyum-elementinin-ozellikleri>:
- Anonim, 2016a, Polyvinylpyrrolidone <https://en.wikipedia.org/wiki/Polyvinylpyrrolidone>
- Anonim, 2017, Kalsiyum_karbonat https://tr.wikipedia.org/wiki/Kalsiyum_karbonat
- Cengiz, F., Krucinska, I., Gliscinska, E., Chrzanowski, M. ve Goktepe, F., 2009, Comparative Analysis of Various Electrospinning Methods of Nanofibre Formation, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 17 (1), 13-19.
- Chu, L. L., Zheng, S. L., Qu, B., Geng, S. W. ve Kang, X. J., 2017, Detection of beta-agonists in pork tissue with novel electrospun nanofibers-based solid-phase extraction followed ultra-high performance liquid chromatography/tandem mass spectrometry, *Food Chemistry*, 227, 315-321.
- Cui, Y., Björk, M. T., Liddle, J. A., Sönnichsen, C., Bousert, B., & Alivisatos, A. P., 2004, Integration of Colloidal Nanocrystals into Lithographically Patterned Devices, *Nano Letters*, 4(6), 1093–1098
- Dosunmu, O. O., Chase, G. G., Kataphinan, W. ve Reneker, D. H., 2006, Electrospinning of polymer nanofibres from multiple jets on a porous tubular surface, *Nanotechnology*, 17 (4), 1123-1127.
- Dresselhaus, M. S. ve Thomas, I. L., 2001, Alternative energy technologies, *Nature*, 414 (6861), 332-337.

- Duzyer, S., Hockenberger, A. S. ve Zussman, E., 2011, Characterization of Solvent-Spun Polyester Nanofibers, *Journal of Applied Polymer Science*, 120 (2), 759-769.
- E. K. Gladding, Apparatus for the production of filaments, threads, and the like, 1939. [34] H. R. Childs, *Process of Electrostatic spinning*, 1941.
- Feng, L., Li, S., Li, H., Zhai, J., Song, Y., Jiang, L., Zhu, D., 2002, *SuperHydrophobic Surface of Aligned Polyacrylonitrile Nanofibers*, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 41
- Gao, X. H., Cui, Y. Y., Levenson, R. M., Chung, L. W. K. ve Nie, S. M., 2004, In vivo cancer targeting and imaging with semiconductor quantum dots, *Nature Biotechnology*, 22 (8), 969-976.
- Huang, Z.M., Zhang, Y.-Z., Kotaki, M., Ramakrishna, S., 2003, A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites, *Composites Science and Technology*, (63) 2223–2253
- I. Marginean, P. Nemes, and A. Vertes, 2006, Order-chaos-order transitions in electrospays: *The electrified dripping faucet*. *Phys. Rev.Lett* 97, 064502
- Jordahl, J. H., Ramcharan, S., Gregory, J. V. ve Lahann, J., 2017, Needleless Electrohydrodynamic Cojetting of Bicompartmental Particles and Fibers from an Extended Fluid Interface, *Macromolecular Rapid Communications*, 38 (1).
- Karaer, F. ve Celep, F., 2007, Rediscovery of *Scorzonera amasiana* Hausskn. and Bornm. - A threatened endemic species in turkey, *Bangladesh Journal of Botany*, 36 (2), 139-144.
- Karanfil, T., 2014, Nanoteknoloji ve Nanobuyut Nedir, <http://tolgakaranfil.webnode.com.tr/products/nanoteknoloji-ve-nano-boyut-nedir/> [25/01].
- Karatay, O. ve Dogan, M., 2011, Modelling of electrospinning process at various electric fields, *Micro & Nano Letters*, 6 (10), 858-862.
- Khansari, S., Duzyer, S., Sinha-Ray, S., Hockenberger, A. S., Yarin, A. L. ve Pourdeyhimi, B., 2013, Two-Stage Desorption-Controlled Release of Fluorescent Dye and Vitamin from Solution-Blown and Electrospun Nanofiber Mats Containing Porogens, *Molecular Pharmaceutics*, 10 (12), 4509-4526.

- Khodkar, F. ve Ebrahimi, N. G., 2017, Preparation and properties of antibacterial, biocompatible core-shell fibers produced by coaxial electrospinning, *Journal of Applied Polymer Science*, 134 (25).
- Komur, B., Bayrak, F., Ekren, N., Eroglu, M. S., Oktar, F. N., Sinirlioglu, Z. A., Yucel, S., Guler, O. ve Gunduz, O., 2017, Starch/PCL composite nanofibers by co-axial electrospinning technique for biomedical applications, *Biomedical Engineering Online*, 16.
- Kozanoğlu, G.S., 2006, Elektrospinning Yöntemiyle Nanofiber Üretim Teknolojisi, Yüksek Lisans Tezi, *ITU Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-148
- Kumar, A., Jose, R., Fujihara, K., Wang, J. ve Ramakrishna, S., 2007, Structural and optical properties of electrospun TiO₂ nanofibers, *Chemistry of Materials*, 19 (26), 6536-6542.
- Leung, W.W.F., Hung, C.H., Yuen, P.T., 2010, Effect of face velocity, nanofiber packing density and thickness on filtration performance of filters with nanofibers coated on a substrate, *Separation and Purification Technology*, (71) 30-37.
- N. Tucker, J. J. Stanger, M. P. Staiger, H. Razzaq, and K. Hofman, The History of the Science and Technology of Electrospinning from 1600 to 1995, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 2012.
- Nasr, M., Viter, R., Eid, C., Habchi, R., Miele, P. ve Bechelany, M., 2017, Enhanced photocatalytic performance of novel electrospun BN/TiO₂ composite nanofibers, *New Journal of Chemistry*, 41 (1), 81-89.
- Neugirg, B. R., Burgard, M., Greiner, A. ve Fery, A., 2016, Tensile versus AFM testing of electrospun PVA nanofibers: Bridging the gap from Microscale to nanoscale, *Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics*, 54 (23), 2418-2424.
- Peng, X., Manna, L., Yang, W., Wickham, J., Scher, E., Kadavanich, A. & Alivisatos, 2000, Shape control of CdSe nanocrystals, *Nature*, 404(6773), 59–61
- Ramakrishna, BS, Nance, SH, Roberts-Thomson, 1990, IC et al. *The effect of enterotoxins and short chain fatty acids on water and electrolyte fluxes in ileal and colonic loops in vivo in the rat*, (45) 93–101.
- Reydellet, L. H., Roche, P., Glattli, D. C., Etienne, B. ve Jin, Y., 2003, Quantum partition noise of photon-created electron-hole pairs, *Physical Review Letters*, 90 (17).

- Roche, J., 2003, What is potential energy?, *European Journal of Physics*, 24 (2), 185-196.
- Rogina, Alaverse, Electrospinning Process, *Versatile Preparation Method for Biodegradable and Natural Polymers Applied on Tissue Engineering and Drug Delivery*
- Sadiku, M. N. O., 1989, A Simple Introduction to Finite-Element Analysis of Electromagnetic Problems, *Ieee Transactions on Education*, 32 (2), 85-93.
- Sadiku, M. N. O., Makki, A. Z. ve Agba, L. C., 1991, A Further Introduction to Finite-Element Analysis of Electromagnetic Problems, *Ieee Transactions on Education*, 34 (4), 322-329.
- T. Subbiah, G. S. Bhat, R. W. Tock, S. Parameswaran, and S. S. Ramkumar, Electrospinning of Nanofibers, *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 96(2), pp. 557-569, 2005
- Teo, W. E. ve Ramakrishna, S., 2005, Electrospun fibre bundle made of aligned nanofibres over two fixed points, *Nanotechnology*, 16 (9), 1878-1884.
- Teo, W. E., Inai, R. ve Ramakrishna, S., 2011, Technological advances in electrospinning of nanofibers, *Science and Technology of Advanced Materials*, 12 (1).
- Tilki S, 2012. Flüoresans Nanokrsital Yapıların Sentezi, Kristal Yapılarının İncelenmesi Ve Polimer Hibrid Işık Veren Diyodlarda Uygulamaları, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Tübitak, 2004. Ulusal Bilim Ve Teknoloji Politikaları Strateji Belgesi 2003-2023 p.
- Üstündağ, G.C., Karaca, E., 2009, Poli(Vinil Alkol)/Sodyum Alginat Karışımlarından Elektro Çekim Yöntemi İle Elde Edilen Nanolif Yüzeylerin İncelenmesi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 14(1).
- Woo, Y. C., Tijing, L. D., Shim, W. G., Choi, J. S., Kim, S. H., He, T., Drioli, E. ve Shon, H. K., 2016, Water desalination using graphene-enhanced electrospun nanofiber membrane via air gap membrane distillation, *Journal of Membrane Science*, 520, 99-110.
- Yu, G. S., Li, T. S., Xu, M., Andersson, M., Li, B. H., Tang, H., Parbey, J. ve Shao, J., 2017, Fabrication of nickel-YSZ cermet nanofibers via electrospinning, *Journal of Alloys and Compounds*, 693, 1214-1219.

Z.-M. Huang, Y.-Z. Zhang, M. Kotakic, and S. Ramakrishna, A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites, *Composites Science and Technology*, vol. 63, 2003.

Zeleny, M., Sob, M. ve Hafner, J., 2009, Noncollinear magnetism in manganese nanostructures, *Physical Review B*, 80 (14).

Zhang, H., Ma, L., Li, P. ve Zheng, J., 2016, A novel electrochemical immunosensor based on nonenzymatic $\text{Ag}@Au\text{-Fe}_3\text{O}_4$ nanoelectrocatalyst for protein biomarker detection, *Biosensors and Bioelectronics*, 85, 343-350.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Merve ACARLIOĞLU
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Eskişehir, 03/09/1989
Telefon : 05552590021
e-mail : merveacarlio@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Tayfur Bayar Lisesi (YDA), Tepebaşı, Eskişehir	2007
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü, Selçuklu, Konya	2013
Yüksek Lisans :	Selçuk Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü, Selçuklu, Konya	2017

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

Merve Acarlıoğlu, Nalan Ünal, Mahmut Kuş“Fabrication and Characterization of Water Soluble Fluorescent Quantum Dot Composite Fibers“ (SEEP 2016 19-21 Eylül 2016 Poster Sunumu)

Nalan Ünal, Merve Acarlıoğlu, Mahmut Kuş “Fabrication and Characterization of Nanofibers From Collodial Magnetic Nanoparticles “ (SEEP 2016 19-21 Eylül 2016 Poster Sunumu)

