

**GEÇİŞ METALLERİ İLE KATKILANMIŞ ZnO NANO
ÇUBUK SENTEZİ VE I-V KARAKTERİZASYONU**

**SYNTHESIS AND I-V CHARACTERIZATION OF
TRANSITION METALS DOPED ZnO NANOROD**

AHMET SERHAT DİNÇER

DOÇ. DR. ABDULLAH CEYLAN

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Nanoteknoloji ve Nanotıp Anabilim Dalı için Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak hazırlanmıştır.

2017

AHMET SERHAT DİNÇER'in hazırladığı "**GEÇİŞ METALLERİ İLE KATKILANMIŞ ZnO NANO ÇUBUK SENTEZİ VE I-V KARAKTERİZASYONU**" adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **NANOTEKNOLOJİ VE NANOTİP ANABİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Cengiz Uzun
Başkan

.....

Doç. Dr. Abdullah CEYLAN
Danışman

.....

Yrd. Doç. Dr. Kemal Efe ESELLER
Üye

.....

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- ☐ Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.

(Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etseniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, tezinin arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)

- ☒ Tezimin/Raporumun 15.02.2018 tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı ve ya tamamının fotokopisi alınabilir)

- ☐ Tezimin/Raporumun tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum, ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.

- ☐ Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi

15/02/2018


(İmza)

Öğrencinin Adı Soyadı

Ahmet Serhat DİNGER

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmada,

- Tez içersindeki tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

Ahmet Serhat DİNÇER

ÖZET

GEÇİŞ METALLERİ İLE KATKILANMIŞ ZnO NANO ÇUBUK SENTEZİ VE I-V KARAKTERİZASYONU

Ahmet Serhat DİNÇER

Yüksek Lisans, Nanoteknoloji ve Nanotıp Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Abdullah CEYLAN

Ocak 2017, 63 sayfa

Bu tez çalışması kapsamında, hidrotermal yöntem ile çinko oksit (ZnO) nano çubuk sentezlenmesinde optimum koşulların belirlenmesi, nano çubukların boyutlarının ve yapıya mangan (Mn) katkılanmasının ZnO'nun elektro optik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Örneklerin hazırlanmasında kullanılan hidrotermal basınç hücresi ve sistemi laboratuvarımızda tasarlanarak üretilmiştir. Hidrotermal yöntemde çekirdek büyüklüğü, süre, sıcaklık ve çözelti molaritesi değiştirilerek optimum koşullar belirlenmiştir. Si(100) alttaşıların yüzeyine farklı kalınlıklarda (100, 150 ve 200 nm) ZnO ince filmler kaplanmış ve bu alttaşlar fırınlama işlemine tabi tutulmuştur. 350 ve 400 °C sıcaklıkta fırınlama işlemine tabi tutulan alttaşlar kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiş ve uygun sıcaklık 350 °C olarak belirlenmiştir (Şekil 4.1). Kullanılacak çözeltinin molaritesinin belirlenmesi için hekzametilen tetramin (HMT) ve çinko nitrat hekzahidrat bileşiklerinin 0,05 ve 0,1 M'lık sulu çözeltileri hazırlanmıştır. Bu sulu çözeltiler kullanılarak yapılan deneyler sonucunda uygun molarite değerinin 0,05 M olduğuna karar verilmiştir (Şekil 4.2). Reaksiyon sıcaklığının ve deney süresinin ZnO nano çubukların oluşumuna etkisinin incelenmesi için 70, 80 ve 90 °C sıcaklıklarda ve 2, 4 ,6 ve 8 saatlik sürelerde deneyler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen örneklerin SEM analizleri sonuçları değerlendirilerek uygun sıcaklık ve süre belirlenmiştir (Şekil 4.3) (Şekil 4.4). Yapılan deneyler sonucunda hidrotermal ile ZnO nano çubukların sentezlenmesinde fırınlama sıcaklığı 350 °C'ye, çözelti molaritesi 0,05 M'a, reaksiyon sıcaklığı 90 °C'ye ve deney süresi 4 saate optimize edilmiştir. Optimum koşullar altında 100, 150 ve 200 nm kalınlığında ZnO ince film kaplanmış alttaşlar kullanılarak deneyler yapılmıştır. Örneklerin yapısal analizleri x-ışını toz kırınım metresi (XRD) kullanılarak, morfolojik yapılarının analizleri taramalı elektron mikroskopu (SEM) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Akım gerilim (I-V) ölçümleri dört nokta tekniği ile yapılmıştır. SEM analizleri ışığında kaplama kalınlığının artmasıyla nano çubukların çap/boy oranında azalma olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.1). Akım-gerilim (I-V) ölçümleri sonucunda çap/boy oranındaki azalmayla,

uygulanan 1.2 V'luk gerileme karşılık karanlık ortamdaki akım değerinin 2.31×10^{-8} A'den 3.60×10^{-6} A'e kadar, aydınlık ortamdaki fotoakım değerinin 2.18×10^{-7} A' den 1.28×10^{-5} A' e kadar çıktığı görülmüştür. Geçiş metali olan Mn katkılama işlemi için mangan klorür bileşiği kullanılmıştır. Sulu çözelti içerisine çinko nitrat hekzahidrat bileşiğinin kütlece %5'i kadar eklenerek yeni sulu çözeltiler hazırlanmıştır. Mn/ZnO nano çubukların sentezleme işlemleri daha önce belirlenen optimum koşullar altında gerçekleştirilmiştir. Örneklerin yapısal analizleri XRD, XPS ve SEM cihazları ile yapılmıştır. Akım gerilim ölçümleri diğer örneklerde olduğu gibi dört nokta yöntemi ile gerçekleştirilmiş, yapıya mangan katkılanmasının sonucunda da akım değerlerinde artış gözlenmiştir. Karanlık ortamda yapılan ölçümlerde akım değerinin 7.12×10^{-8} A'den 5.75×10^{-6} A'e, aydınlık ortamda yapılan ölçümlerde ise fotoakım değerinin, 2.97×10^{-7} A'den 6.45×10^{-5} A'e kadar çıktığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Mn/ZnO, ZnO, I-V Karakterizasyonu, Hidrotermal Yöntem, Nano Çubuk, Geçiş Metali



ABSTRACT

SYNTHESIS AND I-V CHARACTERIZATION OF TRANSITION METALS DOPED ZnO NANOROD

Ahmet Serhat DİNÇER

**Master of Science, Department of Nanotechnology and
Nanomedicine**

Supervisor: Doç. Dr. Abdullah CEYLAN

January 2017, 63 pages

In this study, the optimum parameters was determined to synthesis zinc oxide (ZnO) nanorods. Also the effect of the size of the nanorods and the manganese doping on the electro-optical properties was investigated. The hydrothermal pressure cell and the system which were used to synthesise the samples were designed and manufactured by our laboratory. Optimum conditions were determined by changing the core size, time, temperature and solution molarity for the hydrothermal method. ZnO thin films were coated on the surface of the Si (100) substrate at different thicknesses (100, 150 and 200 nm) and these substrates were annealed at 350 and 400 ° C. The optimum temperature was determined as 350 ° C (Figure 4.1). To determine the molarity of the solution to be used, aqueous solutions of hexamethylenetetramine (HMT) and zinc nitrate hexahydrate compounds of 0.05 and 0.1 M were prepared. Experiments using these aqueous solutions showed that the optimum molarity value is 0.05 M (Figure 4.2). Experiments were carried out at temperatures of 70, 80 and 90 ° C and 2, 4, 6 and 8 hours to understand the effect of reaction temperature and experiment time on the formation of ZnO nanorods. SEM images were used to obtain the appropriate temperature and time to synthesis the ZnO nanorods with the hydrothermal method (Figure 4.3) (Figure 4.4). As a result of these experiments, the annealing temperature, solution molarity, reaction temperature and experiment time were determined as 350 °C, 0.05 M, 90 °C and 4 hours respectively. Under optimum conditions experiments were carried out using ZnO thin film coated substrates of 100, 150 and 200 nm thickness. X-ray powder diffraction measurements were used to determine the structure of the films. The morphology of the films revealed from the SEM images. As seen from the SEM images with the increasing coating thickness, diameter/length ratio was decreased (Table 4.1). I-V measurements were done by using four probe method. These measurements

showed that under 1.2 V excitation voltage with the decrease in diameter / length ratio, the dark current increased from 2.31×10^{-8} A to 3.60×10^{-6} A and the photocurrent increased from 2.18×10^{-7} A to 1.28×10^{-5} A. Manganese chloride compound was used for Mn doping. New aqueous solutions were prepared with adding manganese chloride 5% of the zinc nitrate hexahydrate by mass to the aqueous solution. The synthesis of Mn / ZnO nanorods was carried out under optimum conditions as previously determined. Structural analyzes of the samples were performed by XRD, XPS and SEM measurements. The current voltage measurements were carried out by the four-point method same as the undoped samples. From these measurement one can see that with the manganese doping the both the dark and photo currents were increased. The dark currents increased from 7.12×10^{-8} A to 5.75×10^{-6} A and the photo currents increased from 2.97×10^{-7} A to 6.45×10^{-5} A as seen from the results.

Keywords: Mn/ZnO, ZnO, I-V Characterization, Hydrothermal Method, Nanorod, Transition Metal.

TEŞEKKÜR

Akademik hayatımın başlangıcı olarak düşündüğüm yüksek lisans öğrenimim boyunca bilgi ve tecrübesini sakınmadan aktaran ve alanımda kendimi geliştirmemde destek olan danışmanım Doç. Dr. Abdullah CEYLAN'a,

Çalışma grubuna beni kabul eden ve laboratuvar imkanlarını kullanmama izin veren, aynı zamanda yüksek lisans öğrenimim boyunca bilgisini ve her konuda desteğini benden esirgemeyen hocam Prof. Dr. Şadan ÖZCAN'a,

Her sorum ve sorunumda soluğu yanlarında aldığım ve hiçbir zaman beni geri çevirmeyen, yardımlarını esirgemeyen hocalarım Dr. Mehmet Burak KAYNAR ve Telem ŞİMŞEK'e,

Ekip çalışmasının nasıl bir duygu olduğunu anlamamı sağlayan ve her zaman desteklerini gördüğüm başta İbrahim YAVUZ olmak üzere bütün SNTG üyesi arkadaşlarıma,

Alttaşların hazırlanmasında yardımcı olan NANOTAM mühendislerine,

Çalışmama 2210-C Öncelikli Alanlara Yönelik Yurt İçi Yüksek Lisans Burs Programı kapsamında destek veren TÜBİTAK'a,

Hayatım boyunca, karşılık beklemeden, desteklerini esirgemeyen ve her zaman yanımda olan sevgili aileme en içten dileklerimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKUR	vi
TABLolar DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1.GİRİŞ	1
2.TEORİK BİLGİLER	3
2.1.Enerji	3
2.1.1.Enerji Kaynakları	3
2.1.1.1.Yenilenebilir (Doğal) Enerji Kaynakları	4
2.1.1.1.1.Güneş Enerjisi	5
2.2.Nanobilim ve Nanoteknoloji	5
2.3.Fotovoltaik Etki	6
2.4.Yarıiletken	8
2.5.Çinko Oksitin (ZnO) Yapısı ve Özellikleri	8
2.6.Nano Malzeme Sentezleme Yöntemleri	11
2.6.1.Hidrotermal Yöntem	13
3.MATERYAL VE YÖNTEM	14
3.1.Örneklerin Hazırlanması	14
3.1.1.Kullanılacak Alttaşıların Hazırlanması	14
3.1.1.1.Magnetron Sputter Tekniği ile Yüzeyin Kaplanması	14
3.1.1.2.Alttaşıların Yüzeylerinin Temizliği	15
3.1.1.3.Yüzey Üzerinde Çekirdeklerin Oluşturulması	16
3.1.2.Çözeltinin Hazırlanması	17
3.1.3.Hidrotermal Yöntem Sistemi ve ZnO Nano Çubukların Sentezlenmesi	18
3.2.Ön Deneyler Sonrası Elde Edilen Optimum Koşullarda Örneklerin Hazırlanması	22
3.3.Sentezlenen ZnO Nano Çubukların Karakterizasyonu	23
3.3.1.X-Işını Toz Kırınım Metresi (XRD) Analizi	23

3.3.2.Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi.....	24
3.3.3.X-Işını Fotoelektron Spektroskopisi (XPS) Analizi	26
3.3.4.I-V Karakterizasyonu	27
4.BULGULAR	29
4.1.Hidrotermal Yöntem ile Sentezlenen Nano Çubukların Optimum Koşullarının Belirlenmesi.....	29
4.1.1.Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi.....	29
4.1.1.1.Fırınlama Sıcaklığının Etkisi	29
4.1.1.2.Çözelti Molaritesinin Etkisi	31
4.1.1.3.Reaksiyon Sıcaklığının Etkisi	32
4.1.1.4.Deney Süresinin Etkisi.....	34
4.2.Belirlenen Optimum Değerlerde Sentezlenen ZnO Nano Çubuklar için Gerçekleştirilen Analizler	36
4.2.1.X-Işını Toz Kırınım Metresi (XRD) Analizi	36
4.2.2.Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi.....	37
4.2.2.1.Alttaşların Yüzeylerinin SEM Görüntüleri.....	37
4.2.2.2.Sentezlenen Katkısız ZnO Nano Çubukların SEM Görüntüleri.....	39
4.2.3.I-V Karakterizasyonu	41
4.3.Mangan Katkılı ZnO Nano Çubukların Analizleri	43
4.3.1.X-Işını Toz Kırınım Metresi (XRD) Analizi	43
4.3.2.Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi.....	45
4.3.3.Enerji Dağılımı Spektrometresi (EDS) Analizi	46
4.3.4.X-Işını Fotoelektron Spektroskopisi (XPS) Analizi	47
4.3.5.I-V Karakterizasyonu	48
4.4.Çekirdek-ZnO Nano Çubuk-Mn/ZnO Nano Çubukların I-V Karakterizasyonu	50
5.SONUÇ VE TARTIŞMA	53
KAYNAKLAR	57
ÖZGEÇMİŞ.....	62

TABLolar DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1.: Fotovoltaik hücrenin gelişim süreci	7
Tablo 2.2.: ZnO'nun özellikleri	9
Tablo 2.3.: ZnO nano malzemelerin sentezlenmesine yönelik çalışmalar	12
Tablo 4.1.: ZnO nano çubukların Çap/Boy oranlarını gösteren tablo	41
Tablo 4.2.: ZnO nano çubukların aydınlık ve karanlık ortamlarda gerçekleştirilen ölçümlerin 1.2 V gerilime karşılık akım değerleri	43
Tablo 4.3.: Mn/ZnO nano çubukların aydınlık ve karanlık ortamlarda gerçekleştirilen ölçümlerin 1.2 V gerilime karşılık akım değerleri.....	50
Tablo 4.4.: ZnO çekirdek-ZnO nano çubuk-Mn/ZnO nano çubukların 1.2 V gerilime karşılık fotoakım değerleri.....	55



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması	4
Şekil 2.2. Güneş ışığının Dünya'ya ulaşmadan önceki yansıma, soğurulma ve saçılması.....	5
Şekil 2.3. İletken, yarıiletken ve yalıtkanların bant yasak enerji aralıkları [19].....	8
Şekil 2.4. ZnO' ya ait farklı yapılar [25].....	10
Şekil 2.5. ZnO kristal yapıların gösterimi a) kübik kayatuzu , b) kübik çinko sülfid , c) hekzagonal würtzite [26]	10
Şekil 2.6. ZnO würtzite (a) kristal yapısı, (b) [0001] yönü boyunca kesiti [27]	11
Şekil 2.7. Yapılan uygulamalardan birine ait SEM görüntüsü.....	11
Şekil 3.1. Magnetron sputter şematik gösterimi [36].	14
Şekil 3.2. ZnO kaplanmış ve 1 cm x 1 cm'lik parçalara ayrılmış silikon alttaşlar. ..	15
Şekil 3.3. Alttaşların temizlik işlemi	16
Şekil 3.4. Yüzeyleri ZnO ince film ile kaplı ve temizlenmiş alttaşlar.	16
Şekil 3.5. Tüp fırın	17
Şekil 3.6. Ultrasonik banyo	17
Şekil 3.7. Hidrotermal sentezleme işlemini yaptığımız sistem.....	19
Şekil 3.8. Basınç hücresini oluşturan parçalar.	19
Şekil 3.9. Alttaşın basınç hücresi içerisine yerleştirilmesi	20
Şekil 3.10. ZnO nano çubuk oluşumu. (Şematik gösterim) [39]	21
Şekil 3.11. Nano çubukların sentezlenme aşamaları	22
Şekil 3.12. Bragg yasasının şematik gösterimi [40]	24
Şekil 3.13. Rigaku marka x-ışını toz kırınım metresi.....	24
Şekil 3.14. Taramalı elektron mikroskobu şematik gösterimi [42]	25
Şekil 3.15. Taramalı elektron mikroskobu (SEM).....	25
Şekil 3.16. X-ışını fotoelektron spektroskopisi şematik gösterimi [43]	26
Şekil 3.17. X-ışını fotoelektron spektroskopisi cihazı	26
Şekil 3.18. Dört nokta akım-gerilim ölçüm tekniği şematik gösterimi	27
Şekil 3.19. Dört nokta (Four Probe) akım-gerilim ölçüm sistemi	28
Şekil 4.1. a) 350 ve b) 400 °C fırınlama sıcaklığında fırınlanan 200 nm ZnO ince film kaplı alttaşlar kullanılarak 90 °C' de 4 saatlik sürede gerçekleştirilen deneyler sonucunda sentezlenen yapıların SEM görüntüleri.	30
Şekil 4.2. a) 0,05 ve b) 0,1 M'lık çözelti kullanılarak 90 °C' de 4 saatlik sürede gerçekleştirilen deneyler sonucunda sentezlenen yapıların SEM görüntüleri.	31
Şekil 4.3. 350 °C'de fırınlanmış 200 nm kalınlığında ZnO ince film kaplanmış alttaşlar kullanılarak, a) 90, b) 80 ve c) 70 °C' de 4 saatlik sürelerde gerçekleştirilen deneyler sonucunda sentezlenen yapıların SEM görüntüleri	33
Şekil 4.4. 350 °C'de fırınlanmış 200 nm kalınlığında ZnO ince film kaplanmış alttaşlar kullanılarak, 90 °C' de a) 2, b) 4, c) 6 ve d) 8 saatlik sürelerde gerçekleştirilen deneyler sonucunda sentezlenen yapıların SEM görüntüleri	35
Şekil 4.5. ZnO nano çubukların XRD desenleri.....	37

Şekil 4.6. ZnO ince film ile kaplanmış alttaşların işlem görmeden önceki yüzeyleri ve 350 °C' de 10 dakika işlem gördükten sonraki yüzeyleri. a) 100, b) 150 ve c) 200 nm	38
Şekil 4.7. Katkısız ZnO nano çubukların SEM görüntüleri. a) 100, b) 150 ve c) 200 nm kalınlığında ZnO kaplanmış alttaş kullanılarak sentezlenmiş örnekler. (90 °C-4 saat)	40
Şekil 4.8. 100 nm ZnO ince film kaplı alttaş kullanılarak sentezlenen ZnO nano çubukların aydınlık karanlık ortamlarda gerçekleştirilen akım gerilim ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması.	41
Şekil 4.9. 150 nm ZnO ince film kaplı alttaş kullanılarak sentezlenen ZnO nano çubukların aydınlık karanlık ortamlarda gerçekleştirilen akım gerilim ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması.....	42
Şekil 4.10. 200 nm ZnO ince film kaplı alttaş kullanılarak sentezlenen ZnO nano çubukların aydınlık karanlık ortamlarda gerçekleştirilen akım gerilim ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması.	42
Şekil 4.11. Mn/ZnO nano çubukların XRD desenleri	43
Şekil 4.12. ZnO ve Mn/ZnO nano çubukların XRD desenleri (200 nm ZnO ince film kalınlığına sahip alttaş).....	44
Şekil 4.13. Mn katkılı ZnO nano çubukların SEM görüntüleri. a) 100 nm, b) 150 nm ve c) 200 nm kalınlığında ZnO kaplanmış alttaş kullanılarak sentezlenmiş örnekler. (90 °C-4 saat)	45
Şekil 4.14. a) 100, b)150 ve c) 200 nm ZnO ince film kaplı alttaşlar kullanılarak sentezlenen Mn/ZnO nano çubukların EDS analizleri.	46
Şekil 4.15. %5 mangan katkılı ZnO nano çubukların XPS analizleri a) 100, b)150 ve c) 200 nm ince film kaplı alttaş kullanılarak sentezlenen örnekler.	47
Şekil 4.16. 100 nm ZnO ince film kaplı alttaş kullanılarak sentezlenen Mn/ZnO nano çubukların aydınlık karanlık ortamlarda akım gerilim ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması.	48
Şekil 4.17. 150 nm ZnO ince film kaplı alttaş kullanılarak sentezlenen Mn/ZnO nano çubukların aydınlık karanlık ortamlarda akım gerilim ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması..	49
Şekil 4.18. 200 nm ZnO ince film kaplı alttaş kullanılarak sentezlenen Mn/ZnO nano çubukların aydınlık karanlık ortamlarda akım gerilim ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması.	49
Şekil 4.19. 100 nm ZnO ince film kaplı alttaş kullanılarak sentezlenen ZnO nano çekirdeklerin, ZnO nano çubukların ve Mn/ZnO nano çubukların fotoakım değerlerinin karşılaştırılması.	50
Şekil 4.20. 150 nm ZnO ince film kaplı alttaş kullanılarak sentezlenen ZnO nano çekirdeklerin, ZnO nano çubukların ve Mn/ZnO nano çubukların fotoakım değerlerinin karşılaştırılması.	51

Şekil 4.21. 200 nm ZnO ince film kaplı alttaş kullanılarak sentezlenen ZnO nano çekirdeklerin, ZnO nano çubukların ve Mn/ZnO nano çubukların fotoakım değerlerinin karşılaştırılması.....51



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°C:	Santigrat derece
A:	Amper
M:	Molar
I:	Akım
V:	Gerilim
K:	Kelvin
α :	Soğurma katsayısı
π :	Pi sayısı
k:	Sönüm sabiti
λ :	Dalga boyu

Kısaltmalar

ZnO:	Çinko oksit
Mn:	Mangan
nm:	Nanometre
XRD:	X-ışını toz kırınım metresi
XPS:	X-ışını fotoelektron spektroskopisi
SEM:	Taramalı elektron mikroskobu
Ni:	Nikel
Co:	Kobalt
DC:	Doğru akım
RF:	Radyo frekansı
Si:	Silisyum

1. GİRİŞ

İnsanlığın doğuşundan itibaren enerjiye her zaman ihtiyaç duyulmuş ve bu ihtiyaç farklı kaynaklarla giderilmiştir. Eski zamanlardan bugüne gelen ve hala kullanılmakta olan fosil yakıtların, teknolojinin gelişimiyle ihtiyacı karşılayamayacağı ve çevreye verdikleri zararlar düşünülmüş ve bu enerji ihtiyacını karşılamak adına alternatif kaynaklara ihtiyaç duyulmuştur. Bu ihtiyacın yenilenebilir enerji kaynakları olarak adlandırılan güneş, rüzgar, jeotermal, biyokütle ve deniz kökenli enerji kaynaklarıyla giderilebileceği düşüncesiyle, başta güneş olmak üzere bu kaynakların kullanım teknolojileri ve verimleriyle ilgili çalışmalar üzerinde yoğunlaşmıştır.

Güneş enerjisiyle ilgili çalışmalar 20. yüzyılın ortalarından itibaren hız kazanmıştır. Zamanla bu kaynak ile ilgili geliştirilen teknoloji sayesinde bu konuda ilerlemeler kaydedilmiş ve bunun sonucunda güneş enerji sistemlerinin maliyetinde düşüş görülmüştür. Güneş enerjisi teknolojisi iki ana gruba ayrılmaktadır. Bunlardan birincisi ısı güneş teknolojileri olarak adlandırılan ve güneş enerjisinden ısı enerjisi elde etmek için kullanılan teknolojilerdir. Bir diğeri ise fotovoltaik piller olarak da bilinen güneş pilleridir. Bu piller yarıiletken malzemelerden üretilen ve güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştürebilen sistemlerdir [1]. Bu sistem, yarıiletkene gelen güneş ışınlarının elektron alışverişi sonucu elektrik akımı üretir. Elektrik üretimi sadece belli bir aralıktaki dalga boyuna sahip ışınlar ile gerçekleşebilir [2]. Bu üretim şekli fotovoltaik etki ile açıklanmaktadır.

Çinko oksit (ZnO) malzemelerde fotovoltaik uygulamalar için uygun özelliklere sahiptir. Son dönemde literatürde ZnO nano yapılar üzerine pek çok çalışma yapılmıştır. Bunun sebebi ZnO nano yapıların üstün fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olması ve bu özelliklere günümüz teknolojilerinde ihtiyaç duyulmasıdır. ZnO direk ve geniş bant aralığına (3.37 eV) sahip bir yarıiletkendir. Egziton bağlanma enerjisi yüksektir [3]. Katkılama ve boyut kontrolüyle kolaylıkla bant aralığı kontrol edilebilir. Enerji bant aralığının kontrol edilebilmesi ise optik ve fotovoltaik özelliklerin kontrol edilebilmesini sağlar.

ZnO'nun optik ve fotovoltaik özellikleri ile ilgili literatürde bir çok çalışma bulunmaktadır.

Gençyılmaz ve ark.[4] dört nokta metodunu kullanarak farklı kütlelerde kobalt katkılanmış ZnO filmlerinin elektriksel öz dirençlerini belirlemiştir. Co/ZnO filmlerinin katkılama miktarının artmasıyla elektriksel öz dirençlerinin arttığını görmüşlerdir.

ZnO'nun geçiş metalleri ile katkılanması sonucu yasak enerji aralığında katkılanan tüm metallerinin etkisinin olduğu yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır.

Dar ve arkadaşları [5] ZnO'nun nikel (Ni) ile katkılanması sonucunda yasak enerji aralığının azaldığını göstermişlerdir.

Venkataprasad Bhat ve ark. [6] yaptıkları çalışmalarda farklı geçiş metallerinin katkılanması sonucunda ZnO' nun bant genişliğindeki değişimi araştırmışlar. Kobalt (Co) katkılı ZnO' nun katkılama oranının artmasıyla bant genişliğinin azaldığını ancak belli bir orandan sonra bant genişliğinde dalgalanmalar olduğunu görmüşler. Mangan (Mn) katkılı ZnO' nun davranışının da Co katkılı ZnO' ya benzer şekilde olduğunu, belli katkılama oranından sonra bant genişliğinde artmanın olduğunu tespit etmişlerdir.

Bu tez kapsamında literatürdeki çalışmalar dikkate alınarak, üstün özelliklere sahip ZnO'nun, nano çubuk yapısının boyutlarının ve geçiş metali katkılanmasının elektro-optik özelliklerine etkisi üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmesi düşünülmüştür. Yapılan çalışmalarda maliyeti düşük, bunun yanında güneş enerjisinden yüksek verim elde edebilecek yapıların üretilmesi amaçlanmıştır. Bunun için öncelikli olarak ZnO nano çubukların sentezlenmesi için gerekli parametrelerin optimize edilmesi planlanmaktadır. Nano çubuklar sentezlenerek ve boyut kontrolü gerçekleştirilerek yapının ışığı tuzaklamasının artırılması ve buna bağlı olarak soğurulmanın artırılabilmesi düşünülmüştür. Aynı şartlar altında, geçiş metallerinden biri olan Mn ZnO'nun yapısına katkılanarak nano çubuklar sentezlenecek ve Mn'in ZnO'nun elektro-optik özelliklerine etkisi üzerinde çalışılacaktır. Nano çubuklar hidrotermal yöntem ile sentezlenecektir. Bu yöntem için gerekli sistem ve basınç hücresi tarafımızdan tasarlanmıştır.

2. TEORİK BİLGİLER

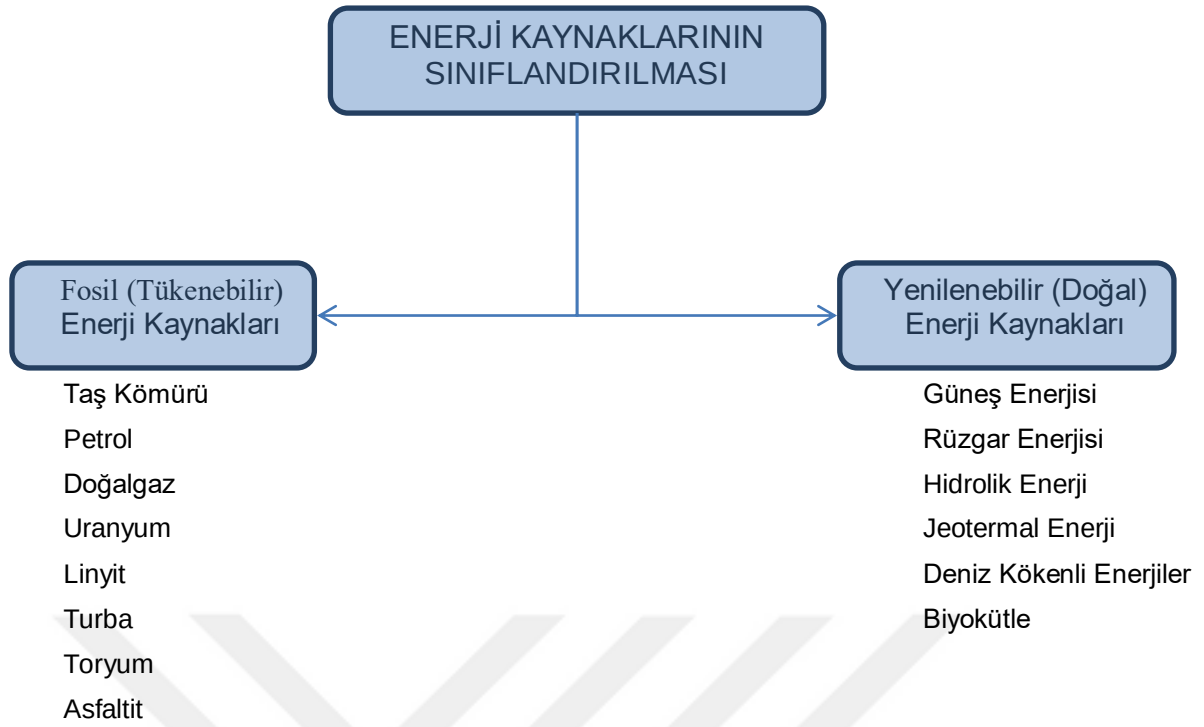
2.1. Enerji

Enerji, en genel kapsamıyla iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanabilir. Fiziksel olarak potansiyel enerji ve kinetik enerji olarak iki ana başlıkta toplanır. Potansiyel enerji olarak adlandırılan enerji çeşidi cisimlerin yer çekimi kuvvetinin etkisinde referans noktasına göre yüksek bir yerde bulunmaları ile sahip oldukları enerjidir. Kinetik enerji hareketine bağlı olarak sahip oldukları enerjidir [7]. Enerji çeşitleri farklı işlemler ile birbirlerine dönüştürülebilmektedir.

Enerji, gelişen dünyada hayatın sürdürülebilirliği açısından önemli bir kaynaktır. Her geçen gün teknolojinin ilerlemesiyle, enerjiye olan ihtiyaç hızla artmaktadır. Eski zamanlarda enerji ihtiyacı doğada bulunan odun ve benzeri yakacaklarla, insan ve hayvanların kas gücü ile karşılanırken, teknolojinin gelişimiyle önce kömür gibi madenlerden daha sonraları da günümüze kadar ulaşan petrol ve doğalgaz ile karşılanmaya devam etmiştir. Bu durum göz önüne alındığında yakın zamana kadar enerji ihtiyacının sadece fosil yakıtlardan karşılandığını söyleyebiliriz. Fosil yakıtların zamanla tükendiği ve çevreye verdiği zararlara bakıldığında, temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması bu zararların ortadan kaldırma ihtimalini de arttıracaktır [8]. Bu düşünce çerçevesinde enerji alanındaki çalışmaların yenilenebilir enerji kaynaklarının üzerinde yoğunlaşılmasına sebep olmaktadır. Bir çok bilim alanını kapsayan enerji başlığı altında, farklı alanlarda çalışan bilim insanlarının ortak çalışmaları yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması ve enerji verimliliğinin artırılması yönünde gerçekleştirilmektedir.

2.1.1. Enerji Kaynakları

Enerji kaynakları, elde edilmelerine bağlı olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Bunlar fosil (tükenebilir) enerji kaynakları ve yenilenebilir (Doğal) enerji kaynakları olarak adlandırılır(Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması

2.1.1.1. Yenilenebilir (Doğal) Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları doğadan bulunan, doğaya verdiği zararın düşük olması sebebiyle kullanımında kısıtlama getirilmesine gerek olmadığı düşünülen enerji kaynağı olarak tanımlanabilir. Bu kaynaklar;

- Güneş
- Rüzgar
- Hidrolik
- Jeotermal
- Biyokütle
- Deniz kökenli olarak sıralanabilir [9,10].

Yenilenebilir enerji kaynakları üzerindeki araştırmalar 20. yüzyılın ortalarına gelindiğinde hızla artmıştır. Bu dönemde teknolojinin hızla gelişmesi ve buna bağlı olarak enerji ihtiyacının artması sonucunda yenilenebilir enerji gözde hala gelmiştir. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan ve geliştirmesi hususunda çalışmaları devam ettirilen kaynak güneş olarak gösterilebilir [11].

2.1.1.1.1. Güneş Enerjisi

Güneş bilindiği üzere şekil olarak küreye yakın bir şekle sahiptir, bu özelliğine bağlı olarak enerjisini her yönde ışıma yoluyla yaymaktadır. Güneş yüzeyi 6000 K, merkezi ise 8×10^6 K ile 40×10^6 K arasında bir sıcaklığa sahiptir. Yüzeyinde ve merkezindeki bu sıcaklıklar düşünüldüğünde etrafa yayacağı enerji miktarının da büyüklüğü ciddi seviyelerde olduğu anlaşılabilir, yaklaşık olarak 4×10^{23} kW'tır.

Gezegenler sisteminde Güneş ile Dünya arasındaki mesafe yaklaşık olarak 1.496×10^8 km'dir. Güneşten yayılan ışıma enerjisi bu mesafeyi yaklaşık olarak sekiz (8) dakika da almakta ve yerküre gelen bu enerjiyi soğurmaktadır [12]. Güneşten yayılan ışıma enerjisinin, yerküreye ulaşmadan önce, bir kısmı atmosfer ve hava tarafından yansıtılır bir kısmı ise soğurulur(Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Güneş ışığının Dünya'ya ulaşmadan önceki yansıma, soğurulma ve saçılması

Gerçekleşen bu olay sayesinde güneş ışığında bulunan dünyadaki yaşamı etkileyebilecek zararlı ışınların dünyaya ulaşması engellenmiş olur [13].

2.2. Nanobilim ve Nanoteknoloji

Nano yunanca da çok küçük anlamına gelmektedir ve ölçü birimi olarak 1 metrenin milyarda birine denk gelen büyüklüktür [14].

Nanoteknoloji teriminin ortaya çıkışı 1959 yılında ünlü fizikçi Richard Feynman' ın yapmış olduğu 'There is Plenty of Room at the Bottom' başlıklı konuşmasına dayanmaktadır. Nanoteknoloji açısından devrim olan bu konuşmada Dr. Feynman,

elektronlarla toplu iğne başına bir ansiklopedinin tamamının yazılabileceğini söylemiştir. Ancak o dönemde yeterli bilgi birikiminin olmaması ve yeterli teknolojiye sahip olunmaması sebebiyle bu alanda gelişmeler gözlenememiştir. Nanoteknoloji terim olarak ilk defa 1974 yılında Prof. Dr. Norio Taniguchi tarafından kullanılmış ve maddelerin bir atom ya da bir molekül tarafından ayrılması, birleştirilmesi ve bozulması yöntemi olarak tanımlanmıştır. 1980'lerde taramalı tünellemeli elektron mikroskopunun ve atomik kuvvet mikroskopunun icadıyla bu alandaki çalışmalar hız kazanmıştır. [14,15].

Yığın halden nano boyuta gidildikçe malzemelerin özelliklerinde değişimlerin gerçekleşmesi yeni malzemelerin üretilmesinde ve geliştirilmesinde olanak sağlamaktadır. Bu sayede bir çok bilim alanında önemli gelişmeler gerçekleşmektedir.

2.3. Fotovoltaik Etki

Fotovoltaik hücrenin tarihi deneysel fizikçi Fransız Edmund Becquerel'in 1839'da fotovoltaik etkiyi keşfetmesiyle başlamıştır. Fotovoltaik hücrenin gelişimi Tablo 2.1 gösterilmektedir.

Tablo 2.1.: Fotovoltaik hücrenin gelişim süreci [16]

TARİH	KİŞİ	OLAY
1839	Henry Becquerel	Fotovoltaik etkinin keşfi
1873	Willoughby Smith,	Selenyumun fotovoltaik etkisini buldu
1876	Adams ve Day	Katı selenyumun fotovoltaik etkisini buldu.
1883	Charles Fritts	Selenyum tabakalarından yapılmış ilk güneş pilini tanımladı.
1904	Hallwachs	Bakırın ışığa karşı duyarlı olduğunu buldu.
1905	Albert Einstein	Hallwachs'ın bu bulgularını fotoelektrik etkisinde yayınladı.
1916	Millikan	Fotoelektrik etkiyi deneysel olarak kanıtladı
1918	Polonya bilim insanları	Tek kristalli silikon hücre üretmek için bir teknoloji geliştirdi.
1951		Almanya'dan elde edilmiş tek kristalli bir yapı imal edildi.
1954		Kadmiyumun fotovoltaik etkisi rapor edildi.
1954	Chapin ve Fuller	İlk kez %4.5 verimle çalışan silikon güneş pilini imal ettiler.
1958	Kearns ve Calvin	Magnezyum ftalosiyanın (MgPc) ile çalışırken fotovoltaik 200mv olarak ölçtü
1986	Tang	İlk Çok eklemli fotovoltaik hücre yaptı.
1991	Hiromoto	İlk boya çok eklemli güneş pilini yaptı.
1993	N.Serdar Sarıçiftçi	İlk polimer/C60 çok eklemli organik güneş pilini yaptı.
1994	Yu	İlk yığın çok eklemli güneş pilini yaptı.
1995	Yu/Hall	İlk polimer/polimer yığın çok eklemli organik güneş pilini yaptı.
2000	Peters/van Hal	Oligomer/C60 'ı fotovoltaik hücrelerde aktif malzeme olarak kullandı.

Fotovoltaik etki, yarıiletken malzeme üzerine enerjisi yarıiletken malzemenin yasak enerji aralığına eşit ya da yasak enerji aralığından büyük olan bir foton gönderildiğinde, yarıiletkenin valans bandında bulunan bir elektronun ya da taşıyıcının iletkenlik bandına geçmesi sonucunda valans bandında boşluk bırakması olarak tanımlanır [17].

Yarıiletken malzeme üzerine düşen fotonun yasak enerji bant aralığından küçük olması durumunda foton ile yarıiletken malzeme arasında bir etkileşim gerçekleşmez. Fotonun enerjisinin yasak bant aralığına eşit olması veya yasak bant aralığından büyük olması durumunda ise foton yarıiletken malzeme tarafından soğurulur ve elektron hol çiftlerinin oluşumu gerçekleşir. Foton enerjisinin büyük olması durumunda buna ek olarak artan enerji ısı enerjisi olarak ortama yayılır. Ayrıca kullanılan malzemenin soğurma katsayısı soğurulan ışığın miktarını etkilemektedir. Buna bağlı olarak gelen ışığın ne kadarının soğurulacağı ve taşıyıcı oluşturacağı değişmektedir.

Soğurma katsayısı eşitliği;

$$\alpha = \frac{4\pi k}{\lambda}$$

şeklinde dir. Eşitlikte α soğurma katsayısı, k sönüm sabiti λ dalga boyudur. [17]

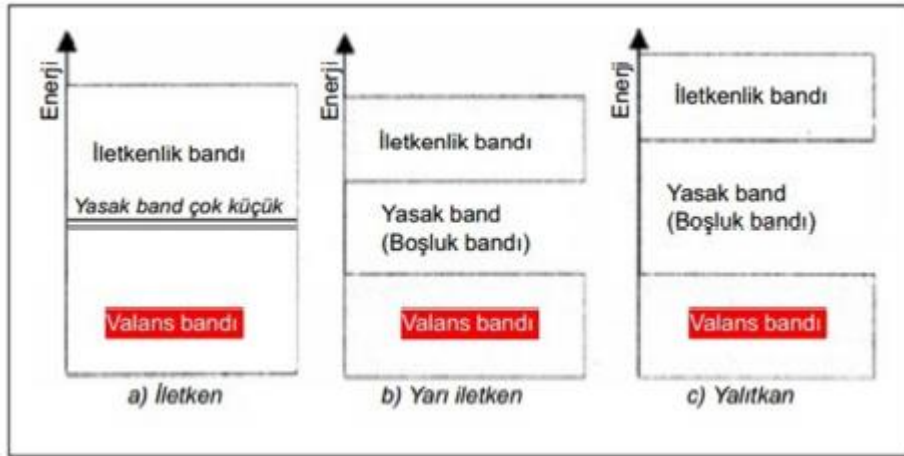
2.4. Yarıiletken

Katılar elektriksel özelliklerine bağlı olarak üç ana gruba ayrılmaktadırlar Bunlar;

- Metaller
- Yarıiletkenler
- Yalıtkanlar

Yarıiletkenler elektriksel iletkenlikleri yalıtkanlarda fazla, metallerden çok düşük olan malzemelerdir.

Pauli dışlama ilkesine göre atomlarda her enerji düzeyine ters yönetime sahip en fazla iki adet elektron yerleşebilmektedir. Atomlar birbirlerine çok yaklaştıklarında oluşan elektrik alanının etkisiyle elektronların enerji düzeyleri iki farklı banda ayrılır ve bu bantlar valans ve iletim bandı olarak adlandırılır. Bu bantlar arasında da yasak enerji aralığı olarak adlandırılan bir bölge bulunmaktadır. Yasak enerji aralığı, yarıiletkenlere yapılan uygun katkılarla sonucunda değişebilmekte ve buna bağlı olarak yarıiletkenin elektriksel özellikleri de değişebilmektedir [18,19].



Şekil 2.3. İletken, yarıiletken ve yalıtkanların bant yasak enerji aralıkları [19]

2.5. Çinko Oksitin (ZnO) Yapısı ve Özellikleri

Çinko oksit (ZnO), II ve VI grup elementlerinden oluşmuş, fiziksel ve kimyasal özellikleri açısından eşsiz metal oksit yarıiletken bir malzemedir. ZnO geniş bir enerji bandına (3,37 eV), yüksek bağlanma enerjisine (60 meV) ve oda sıcaklığında yüksek termal ve mekanik kararlılığa sahiptir (Tablo 2.2) [20].

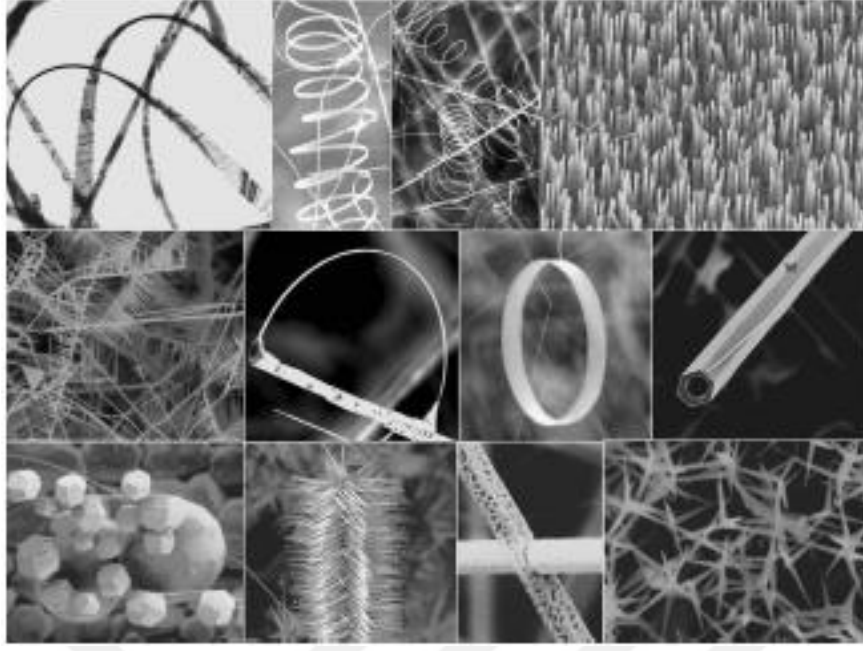
Tablo 2.2.: ZnO'nun özellikleri [21]

Özellikler	
Latis Sabitleri (T=300K)	
a_0	0.32469 nm
c_0	0.52069 nm
Yoğunluk	5.606 g/cm ³
Ergime Noktası	2248 K
Dielektrik Sabiti	8.66 F/m
Enerji Boşluğu	3.4 eV
Taşıyıcı Konsantrasyonu	$< 10^6 \text{ cm}^{-3}$
Uyarım (aktivasyon) enerjisi	60 meV
Etkin Elektron Kütlesi	0,24
Elektron Hareketliliği (T=300K)	200 cm ² /V.s
Etkin Boşluk Kütlesi	0.59
Boşluk Hareketliliği (T=300K)	5-50 cm ² /V.s

ZnO bu özellikleri sayesinde tekstil, polimer sentez sektörü, pigment endüstrisi, filtreleme, boya sanayi, eczacılık, elektrik-elektronik, enerji ve elektro-optik gibi birçok alanda kullanılmaktadır [22].

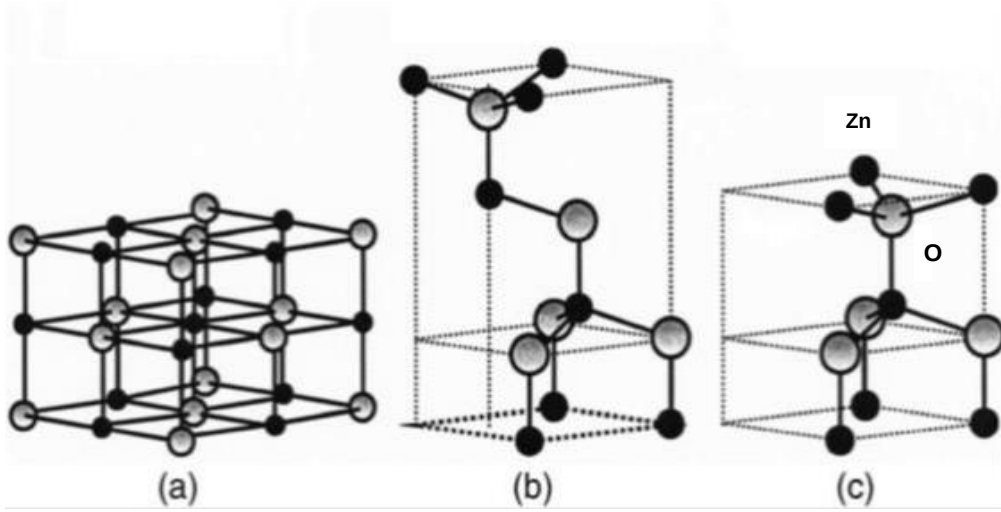
ZnO başka elementler ile katkılanması sonucunda elektronik ve optik özelliklerinin değiştirilebilir olması sayesinde güneş pillerinde de kullanılmaktadır [23].

ZnO bir boyutlu (1D), iki boyutlu (2D) ve üç boyutlu (3D) olmak üzere farklı boyutlu yapılara sahiptir. Bir boyutlu yapılara örnek olarak, nano nokta, nano kemer, nano köprü, nano duvar, nano çubuklar, nano heliksler, nano teller, nano tüpler gösterilebilir (Şekil 2.4) [24].

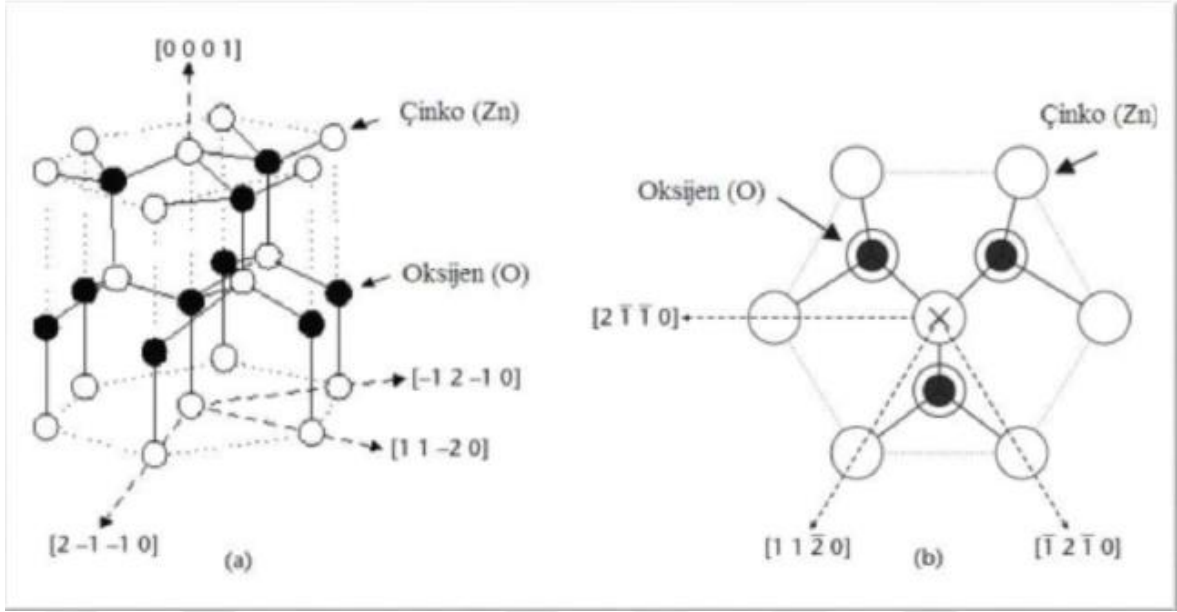


Şekil 2.4. ZnO' ya ait farklı yapılar [25]

ZnO'nun kristal yapısı kübik kaya tuzu, kübik çinko sülfür veya hekzagonal würtzite olmak üzere üç farklı yapıda bulunabilmektedir. Bu kristal yapıları şematik olarak Şekil 2.5 ve Şekil 2.6 'da gösterilmektedir.

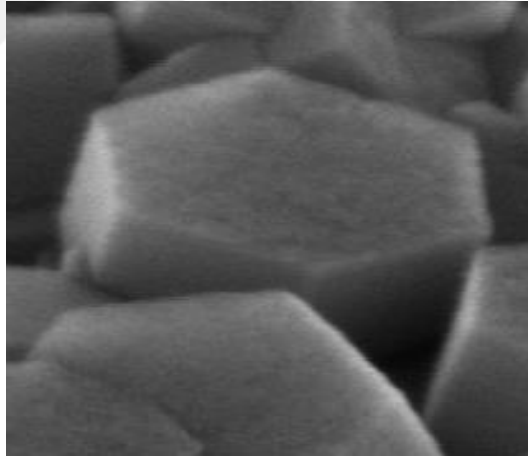


Şekil 2.5. ZnO kristal yapıların gösterimi a) kübik kayatuzu , b) kübik çinko sülfür , c) hekzagonal würtzite [26]



Şekil 2.6. ZnO würtzite (a) kristal yapısı, (b) [0001] yönü boyunca kesiti [27]

ZnO nano çubukların kristal yapıları yukarıda belirtilen hekzagonal würtzite yapıdadır. Nano çubukların yapısı yaptığımız çalışmalar sonucu elde ettiğimiz görüntüde de görülmektedir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Yapılan uygulamalardan birine ait SEM görüntüsü.
(350 °C-0.1M-80 °C-4s)

2.6. Nano Malzeme Sentezleme Yöntemleri

Nano malzemeler birçok farklı yöntem ile farklı yapılarda sentezlenmektedir. Bu yöntemlere örnek olarak, buhar biriktirme, buhar-sıvı-katı (VLS), hidrotermal sentez, sol-jel prosesi verilebilir. ZnO nano malzemelerde bu yöntemler ile sentezlenmektedir. Farklı yöntemler kullanılarak yapılmış çalışmalar Tablo 2.3'de görülmektedir.

Tablo 2.3.: ZnO nano malzemelerin sentezlenmesine yönelik çalışmalar [28]

Yöntem	Öncül Malzeme	Sentezleme Parametreleri	Özellikler
Mekanokimyasal Prosesi	ZnCl ₂ , Na ₂ CO ₃ , NaCl	Kalsinasyon: 600 °C, 2 saat	Hekzagonal yapı, parçacık çapı: 21- 25 nm [29]
Çöktürme Prosesi	Zn(CH ₃ COO) ₂ , NH ₃ sulu çözelti	Çöktürme sıcaklığı: 85 °C Kurutma: 60 °C, 10 saat	Hekzagonal yapı, çubuk ve çiçek yapıları. Boy: 150 nm, Çap: 200 nm [30]
Sol-gel	Zn(CH ₃ COO) ₂ , oksalik asit (C ₂ H ₂ O ₄), etanol	Reaksiyon: 50 °C, 60 dakika Jel kurutma: 80 °C, 20 saat Kalsinasyon: 650 °C, 4 saat	Hekzagonal würtzite yapı; düzenli, küresel şekle sahip parçacıklar. [31]
Solvotermal, hidrotermal ve mikrodalga teknikleri	trimetilamin N-oksit, 4-pikolin N-oksit, HCl, toluen, etilenediamin (EDA), N,N,N',N'-tetrametiletilediamin (TMEDA)	Reaksiyon: 180 °C, 24-100 saat	Würtzite yapı, nano çubuklar (40-185 nm), nano parçacıklar (24-60 nm) [32]
	Zn(NO ₃) ₂ , deiyonize su, HMT (hekzametilen tetramine)	Mikrodalga sıcaklığı: 90 °C, 2 dakika Kurutma: 60 °C, 2 saat	Hekzagonal yapı, nano çubuk ve nano tel Boy: 700 nm, Çap: 280 nm [33]
Emülsiyon	Zn(CH ₃ COO) ₂ , heptan, Span-80, NH ₄ OH	Reaksiyon: 1 saat Dinlendirme: 2.5 saat Kurutma:Döner buharlaştırıcı ile; Kalsinasyon: 700–1000 °C, 2 saat	Hekzagonal yapı; şekil küresel; parçacık çapı: 0.05–0.15 µm [34]
Mikroemülsiyon	Zn(NO ₃) ₂ , NaOH, heptan, hekzanol, Triton X-100, PEG400	Reaksiyon: 140 °C , 15 saat Kurutma: 60 °C	Hekzagonal (wurtize) yapı; Nano iğne Boy: 150 - 200 nm Çap: 55 nm Nano kolon Boy: 80 - 100 nm Çap: 50 - 80 nm Küresel Çap: 45 nm [35]

2.6.1. Hidrotermal Yöntem

Hidrotermal sentez yöntemi için kesin bir tanımın bulunmamasına karşın hidrotermal terimi maddeleri çözmek ve kristallendirmek için yüksek basınç ve yüksek sıcaklıkta gerçekleştirilen heterojen reaksiyonlar şeklinde tanımlanmaktadır [36]. Hidrotermal sentez için literatürde yapılan bazı tanımlar şöyledir. Laudise hidrotermal sentezi normal şartlara yakın şartlarda sulu çözeltiler üzerinden büyümenin gerçekleştiği reaksiyonlar olarak tanımlamaktadır [37]. Rabenau ise hidrotermal sentezi Laudise'den farklı olarak, sulu ortamda, 1 bar basınç ve 100 °C sıcaklıktan yüksek değerlerde gerçekleştirilen heterojen reaksiyonlardır, diye tanımlamıştır [38]. Yoshimura ise 100 °C'den yüksek sıcaklıklarda ve 1 atm'den yüksek basınçlar altında kapalı bir sistem içerisinde sulu çözeltilerde gerçekleşen reaksiyonlar olarak tanımlamaktadır [39]. Hidrotermal sentez, yakın zamanda bilim insanları tarafından ise kapalı bir sistem içerisinde oda sıcaklığından yüksek sıcaklıkta ve 1 atm basıncından fazla basınç değerinde, sulu veya susuz bir çözelti varlığında, gerçekleşen heterojen reaksiyon olarak tanımlanmıştır [40].

Hidrotermal sentez yöntemine olan ilgi gün geçtikçe artmış ve bu yöntem yönelime sahip nano malzemelerin sentezlenmesinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır [41].

Hidrotermal sentez yönteminde hekzametilen tetramin (HMTA), sodyum hidroksit (NaOH), sodyum karbonat (Na_2CO_3) ve amonyak (NH_3) gibi bileşikler OH^- iyon kaynağı olarak kullanılmaktadır. HMTA veya NH_3 bileşikleri kullanılan hidrotermal sentezleme işlemi, proses sıcaklığı 100 °C altındaki sıcaklıkta ve atmosfer basıncı altında, gerçekleşebilir. Diğer bileşiklerde sentezleme işlemi ise proses sıcaklığının 100 °C' nin üstünde ve kapalı bir sistem içerisinde gerçekleştirilebilmektedir. ZnO nano çubukların sentezlenmesinde yaygın olarak $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ ve HMTA bileşikleri kullanılmaktadır. $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ 'den Zn^{+2} iyonları, H_2O ' dan O^{2-} iyonları elde edilmektedir [41].

3. MATERYAL VE YÖNTEM

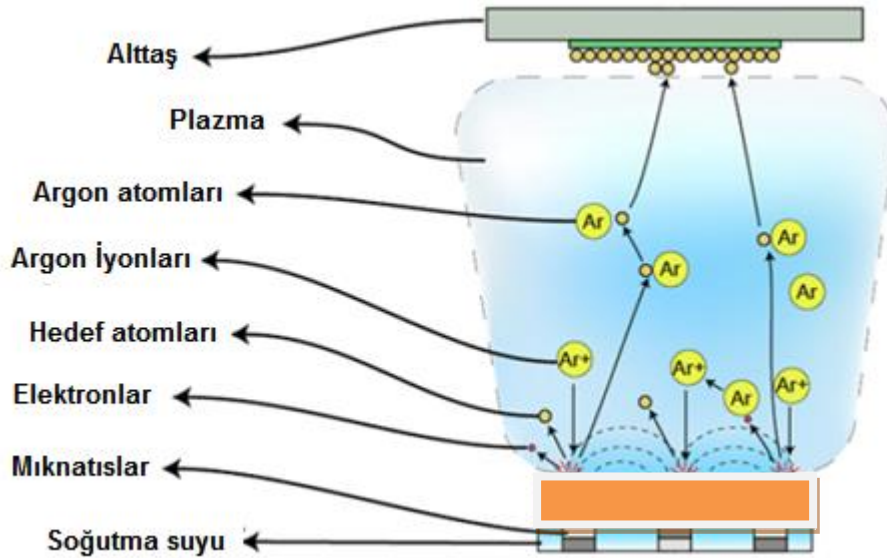
Deneysel çalışmalarda alttaş olarak (100) yönelimine sahip silikon alttaşlar kullanılmıştır. Kullanılan alttaşların yüzeyleri farklı kalınlıklarda, magnetron sputter tekniği ile, ZnO ince film kaplanmış ve bu kaplamalar üzerinde hidrotermal sentez yöntemi kullanılarak ZnO ve Mn/ZnO nano çubuk grupları elde edilmiştir. Elde edilen bu nano çubuk gruplarının yapısal ve morfolojik analizleri yapılmış, akım-gerilim (I-V) ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

3.1. Örneklerin Hazırlanması

3.1.1. Kullanılacak Alttaşların Hazırlanması

3.1.1.1. Magnetron Sputter Tekniği ile Yüzeyin Kaplanması

Bir alttaş üzerine istenilen malzemeleri biriktirerek ince film elde etmenin bir çok alternatif yolu bulunmaktadır. Bunların arasında en yaygın olanı kopartma (sputtering) yöntemidir.



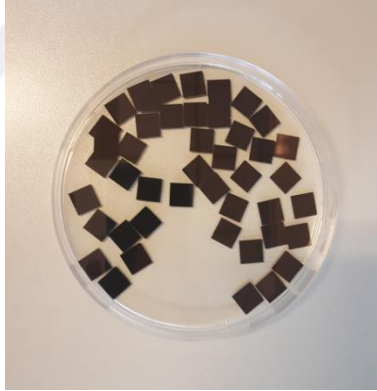
Şekil 3.1. Magnetron sputter şematik gösterimi [42].

Kopartma (sputtering) işlemi vakum ortamında gerçekleştirilen fiziksel bir buhar biriktirme işlemidir. Alttaş üzerinde biriktirilmek istenen malzeme veya hedef, bir enerjiye sahip iyonlar ile bombardıman edilir. Genelde kullanılan iyon, argon iyonudur (Ar^+). Argon iyonunun tercih edilmesinin sebebi hiçbir malzeme ile reaksiyona girmemesidir. Hedefe ulaşır çarpan iyonlar, hedef yüzeyinden atomlar

kopartırlar. Serbest kalan hedefe ait atomlar alttaş yüzeyine ulaşarak kaplama işlemini gerçekleştirirler (Şekil 3.1).

Magnetron sputter tekniğinde ek olarak mıknatıslar kullanılır ve bu mıknatıslar yardımıyla manyetik alan oluşturulur. Bu sayede elektronlar hedef üzerindeki bölgede yoğun bir şekilde hapsedilerek plazmanın bu bölgede yoğunlaşması sağlanır. Sonuçta yüksek verimli ve kaliteli ince filmler elde edilir. İşlem sırasında kullanılan elektrik alan doğru akım (DC) veya radyo frekansı (RF) ile elde edilmektedir [42].

Deneylerde alttaş olarak silikon alttaşlar kullanılmıştır. Alttaşlar magnetron sputter tekniğı kullanarak, kalınlıkları 100, 150 ve 200 nm olacak şekilde farklı kalınlıklarda ZnO ince filmler ile kaplanmıştır. Bu işlem NANOTAM bünyesindeki Magnetron-Sputter sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Kaplanan alttaşlar boyutları 1cm x 1cm olacak şekilde kesilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. ZnO kaplanmış ve 1 cm x 1 cm'lik parçalara ayrılmış silikon alttaşlar.

Hazırlanan bu alttaşların yüzeyleri oksitlenmeye ve çizilmeye karşı koruyucu ile kaplanmıştır ve bu şekilde muhafaza edilmiştir.

3.1.1.2. Alttaşların Yüzeylerinin Temizliğı

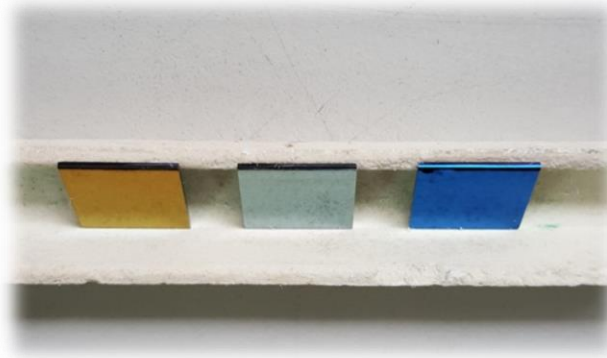
ZnO ince film kaplanmış alttaşlar aseton, iyonize su ve alkol kullanılarak temizlenmiş ve deneyler için hazır hale getirilmiştir. Bu işlem üç aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak alttaş, içerisinde aseton bulunan beherin içine daldırılmış ve birkaç dakika aseton içerisinde bekletilmiştir. Alttaş üzerindeki

koruyucu kalktıktan sonra, alttaş alınıp içerisinde iyonize su bulunan beherin içine bırakılmıştır. Bir süre iyonize su içerisinde bekletilen alttaş çıkarılmış ve yüzeyine argon püskürtülerek yüzeyin temizlenmesi sağlanmıştır. Son olarak iyonize su ile yapılan işlem alkol ile tekrar edilmiştir. Alkol içerisinden çıkarılan alttaşın yüzeyi tekrar argon ile temizlenip deneye hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3.3. Alttaşların temizlik işlemi

Deneylerimizde üç (3) farklı kalınlıkta ZnO ince film kaplanmış alttaşlar kullanılmıştır. Şekil 3.4'de 100, 150 ve 200 nm ZnO ince film ile kaplanmış Si(100) alttaşlar görülmektedir. Alttaşlar deneylerin gerçekleştirileceği zamanlarda temizlenmiştir. Bu şekilde yüzeylerde oluşabilecek kirliliklerin ve oksitlenmelerin önüne geçilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 3.4. Yüzeyleri ZnO ince film ile kaplı ve temizlenmiş alttaşlar.

3.1.1.3. Yüzey Üzerinde Çekirdeklerin Oluşturulması

Si (100) alttaşların yüzeylerindeki ZnO ince filmlerden çekirdekler oluşturularak elde edilmek istenen ZnO nano çubukların başlangıç noktaları hazırlanmış olur ve bu noktalar üzerinden oluşumlar gerçekleşir. Çekirdekler aynı zamanda yüzey

üzerinde büyütülecek nano çubukların yoğunluklarını da etkilemektedir. Sentezlemek istediğimiz ZnO nano çubukların büyümelerinin başlayacağı çekirdeklenmeleri elde etmek için fırınlama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bunun için Şekil 3.5'deki tüp fırın kullanılmıştır. Fırınlama işlemi 350 ve 400 °C' de 10'ar dakikalık sürelerde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.5. Tüp fırın

3.1.2. Çözeltinin Hazırlanması

Çözeltide başlangıç malzemesi olarak hekzametilen tetramin (HMT) ve çinko nitrat hekzahidrat kullanılmıştır. Çözeltiler 0.05 ve 0.10 M olarak hazırlanmıştır. Karıştırma işlemi ultrasonik banyo ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Ultrasonik banyo

Hazırlanan çözeltiler katkısız ZnO nano çubuk sentezi için kullanılmıştır. Mangan katkılı ZnO nano çubuklar elde etmek için hazırlanan çözeltiye çinko nitrat hekzahidratın kütlesine oranla mangan klorür eklenmiştir. Mangan klorür deneyde kullanılacak çözeltiye kütlece %5 (çinko nitrat hekzahidratın kütlesine oranla.) olacak şekilde katkılanmıştır. Kullanılan başlangıç malzemelerin tamamı toz haldedir.

3.1.3. Hidrotermal Yöntem Sistemi ve ZnO Nano Çubukların Sentezlenmesi

Hidrotermal yöntem organik çözücülerin kullanılmadığı ve ek işlem gerektirmeyen, düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilebilen maliyeti düşük, basit ve çevre dostu bir yöntemdir.

Sentezleme işlemi bir otoklav (basınç hücresi) içerisinde gerçekleştirilir. Otoklav içerisine alttaşı ve çözelti koyularak ısıtılır. Isıtma sonrasında sistemin sıcaklığının oda sıcaklığına düşmesi beklenir. Yapılan bu işlemler sonucunda kristal çekirdeği oluşur ve yapı büyütülmüş olur.

Bu yöntem kullanılarak sentezlenen nano malzemenin yapısı ve boyutları kullanılan çözeltinin kompozisyonuna, proses sıcaklığına ve proses süresine bağlı olarak değişmektedir [43,44].

Bu yöntem için kullanılan sistemimiz dört (4) ana parçadan oluşmaktadır. Bunlar;

- Basınç hücresi
- Sıcaklık Kontrolcüsü
- Kelepçe Rezistans
- Isıl çift



Şekil 3.7. Hidrotermal sentezleme işlemini yaptığımız sistem

Sıcaklık kontrolcüsünün oransal-integral-türevsel (PID) ayarları yapıldıktan sonra sıcaklık kontrolcüsü üzerinden ısıtıcı üzerine kontrollü olarak gerilim uygulanarak ısıtıcının istenilen sıcaklığa ulaşması sağlanır.

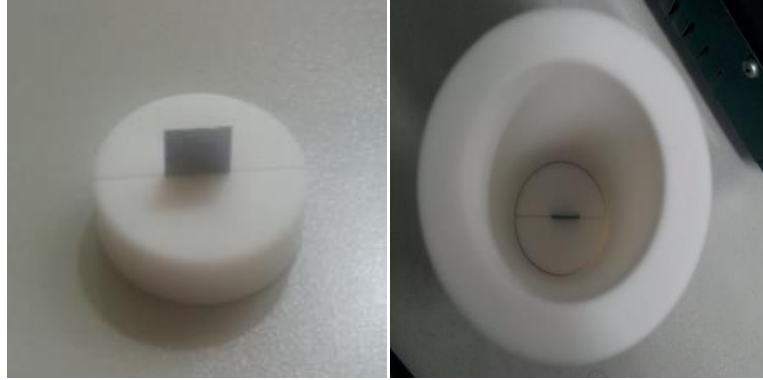
Kullandığımız sistemdeki basınç hücresi iki katmandan oluşmaktadır (Şekil 3.8). İç tarafta teflon kap ve kapak, dış tarafta paslanmaz çelik kap ve vidalı kapak bulunmaktadır. Basınç hücresinin içerisinde alttaşın sabit durmasını sağlayan teflon örnek tutucu bulunmaktadır.



Şekil 3.8. Basınç hücresini oluşturan parçalar

Alttaş, tutucuya dik olarak yerleştirilip tutucu ile birlikte basınç hücresinin içine yerleştirilmektedir (Şekil 3.9). Basınç hücresi içerisine 10 ml çözelti konulduktan sonra, deney sırasında basınç artışı sebebiyle dışarı gaz çıkışı olmamasını sağlamak için basınç hücresinin kapakları sıkıca kapatılmıştır. Deney sırasında

gaz çıkışı iç basıncın değişmesine sebep olacaktır, bu durumun deney sonuçlarını etkileyeceği bilindiği için dış kapağın sıkı bir şekilde kapatıldığına dikkat edilmiştir.

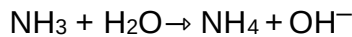
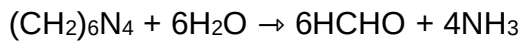


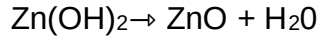
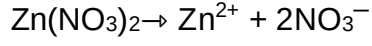
Şekil 3.9. Altaşın basınç hücresi içerisine yerleştirilmesi

Basınç hücresindeki hazırlıklar tamamlandıktan sonra, sıcaklık kontrolcüsünde gerekli programlama yapılmıştır.

Deneylerde sıcaklık kontrolcüsü üzerinden kontrol edilen iki parametre bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, sistemin sıcaklığıdır. Basınç hücresinin sıcaklığı, sıcaklık kontrolcüsüne bağlı olan kelepçe rezistans sayesinde değiştirilmektedir. Sıcaklığın istenilen değerde tutulması için sıcaklık kontrolcüsüne bağlı ısı çifti kullanılmaktadır. Reaksiyon sıcaklığı olarak, 70, 80 ve 90 °C olmak üzere üç (3) farklı sıcaklık değeri kullanılmıştır. Bu sıcaklıklarda yapılan deneyler sonucu elde edilen veriler (Şekil 4.3) ışığında sıcaklık değeri 90 °C'ye optimize edilmiştir.

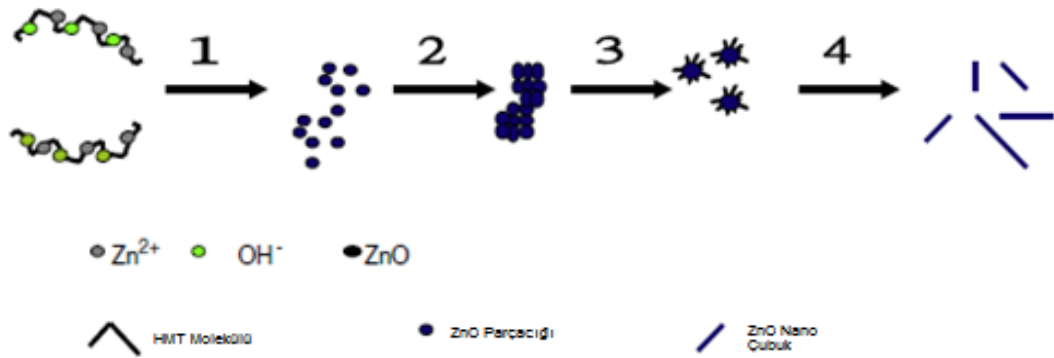
Sıcaklık kontrolcüsünden kontrol edilen diğer bir parametrede deney süresidir. Bu süreler 2, 4, 6 ve 8 saat olarak belirlenmiş ve optimizasyon için ilk deneyler bu sürelerde gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda, deneylerin 4 saatlik sürelerde yapılması sonucunda elde edilen örneklerin (Şekil 4.4) daha düzgün sonuçlar verdiği görülmüş ve deney süresi 4 saate optimize edilmiştir.





(1)[45]

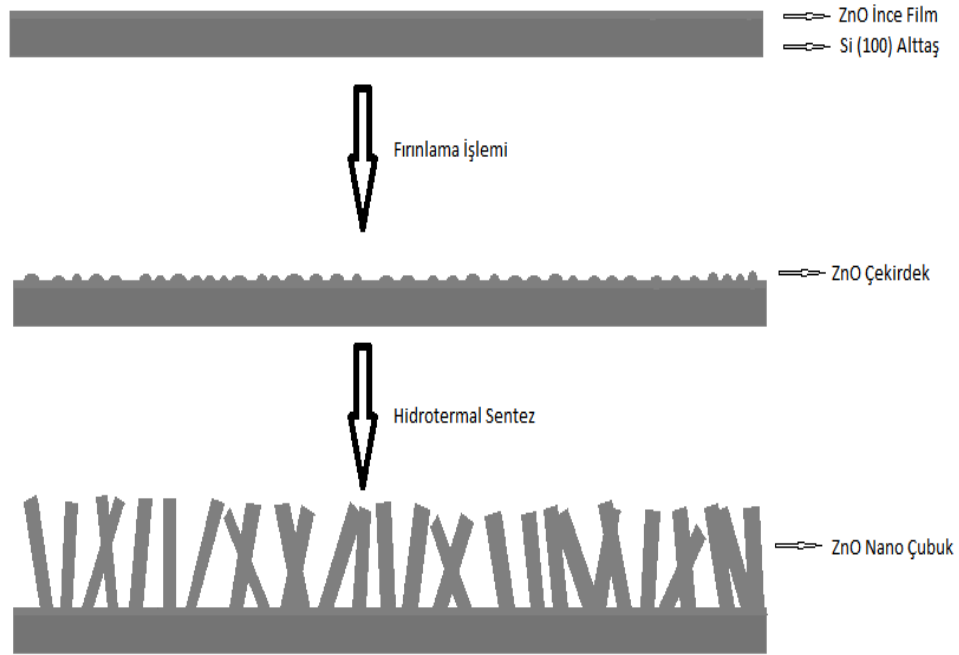
Denklem seti 1'deki kimyasal denklemler deney sırasında sistem içerisinde gerçekleşen tepkimeleri göstermektedir. Yapılan deneyler sırasında gerçekleşen tepkimeler sonucunda ZnO nano çubuk yanında ürün olarak su (H_2O) çıkmaktadır.



Şekil 3.10. ZnO nano çubuk oluşumu. (Şematik gösterim) [46]

Şekil 3.10 'da hidrotermal yöntem kullanılarak elde edilen ZnO nano çubukların oluşumunun şematik gösterimi görülmektedir.

Belirtilen optimizasyonlar yapıldıktan sonra deneyler 100, 150 ve 200 nm kalınlıklarda ZnO ince film kaplanmış alttaşlar kullanılarak tekrarlanmıştır. Deney sonrasında örnekler basınç hücresi içerisinde, sıcaklık yaklaşık oda sıcaklığı seviyelerine (25 - 30 °C) düşükten sonra çıkarılmıştır.



Şekil 3.11. Nano çubukların sentezlenme aşamaları

Son işlem olarak basınç hücresi içinden çıkarılan örnekler iyonize su içerisine daldırılarak yüzeyin temizlenmesi sağlanmıştır. Su içerisinde gerçekleştirilen temizliğin ardından, örnekler 150 °C'de 5'er dakikalık sürelerle hot plate üzerinde kurutulmuştur.

Elde edilen örneklerin analizleri için x-ışını toz kırınım metresi, taramalı elektron mikroskobu, x-ışını fotoelektron spektroskopisi ve akım-gerilim ölçüm sistemi kullanılmıştır.

3.2. Ön Deneyler Sonrası Elde Edilen Optimum Koşullarda Örneklerin Hazırlanması

(100) yönelimine sahip silikon alttaşların yüzeyleri büyütmede kullanılacak çekirdekleri elde etmek için öncelikle magnetron sputter kullanılarak 100, 150 ve 200 nm kalınlıklarında ZnO ince film ile kaplanmıştır. İnce filmlerin yüzeylerinin zarar görmemesi için üstleri rezist ile kaplanmıştır. Deneyler yapılmadan önce rezist yüzeyden temizlenmiştir. Altaşlar tüp fırında 350 °C' de 10 dakika fırınlanarak yüzeylerde çekirdekler elde edilmiştir. Deneylerde kullanılmak üzere

katkısız ZnO nano çubukların sentezlenmesi için 0,05 M'lık hekzametilen tetramin ve çinko nitrat hekzahidrat sulu çözeltileri hazırlanmıştır. Mangan katkılı ZnO nano çubukların sentezlenmesinde ise hazırlanan sulu çözeltilere, kullanılan çinko nitratın kütlece %5' i kadar mangan klorür bileşiği eklenmiştir. Sentezleme işleminin gerçekleştirilmesi için alttaş sistem içerisinde bulunan basınç hücresi içerisine dik yerleştirilmiştir. Hazırlanan 0,05 M'lık çözeltiden 10 ml eklenmiş ve basınç hücresi kapatılmıştır. Deneyler 90 °C sıcaklıkta ve 4 saatlik sürede gerçekleştirilmiştir. Deney bittikten sonra örnekler basınç hücresi içerisinden çıkarılıp saf su içerisinde temizlenmiştir. Hot plate üzerinde 150 °C' de 5 dakika kurutulmuştur.

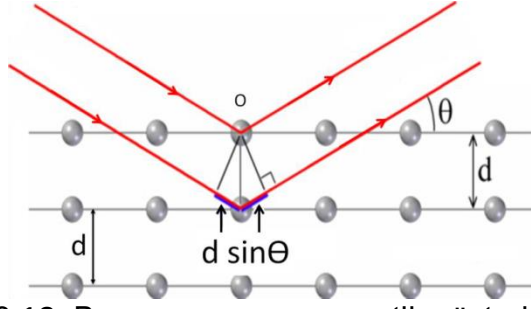
3.3. Sentezlenen ZnO Nano Çubukların Karakterizasyonu

Deneyler sonucunda elde edilen örneklerin, Taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak morfolojik yapıları, x-ışınları toz kırınım metresi (XRD) kullanılarak ise oluşan yapıların kristal yapıları ve yönelimleri tayin edilmiştir. X-ışını fotoelektron spektroskopisi (XPS) ile katkılı örneklerin yapısal analizleri gerçekleştirilmiştir. Son olarak örneklerle ait akım-gerilim (I-V) ölçümleri, akım-gerilim ölçüm yöntemlerinden birisi olan dört nokta (Four Probe) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

3.3.1. X-ışını Toz Kırınım Metresi (XRD) Analizi

Bu yöntem malzemenin kristal yapılarının incelenmesinde yaygın olarak kullanılan güçlü bir yöntemdir. Bu cihaz sayesinde malzemelerin kristal yapıları ve büyütülen malzemelerin yönelimleri tespit edilebilmektedir. Toz numunelerin ve ince film örneklerin analizleri bu cihaz ile gerçekleştirilebilmektedir.

X ışını toz kırınım metresi bragg yasasına ($2d\sin\theta = n\lambda$) uygun olarak çalışmaktadır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Bragg yasasının şematik gösterimi [47]

X-ışını kaynağından örnek üzerine düşürülen x-ışını demeti örneğin kristal düzlemlerinde kırınıma uğrar. Kırınıma uğrayan x-ışınları dedektör tarafından toplanır ve veriler elde edilir. Toplanan bu x ışınları atomların bir nevi parmak izi niteliğindedir ve bunlara karakteristik x-ışını adı verilir.



Şekil 3.13. Rigaku marka x-ışını toz kırınım metresi

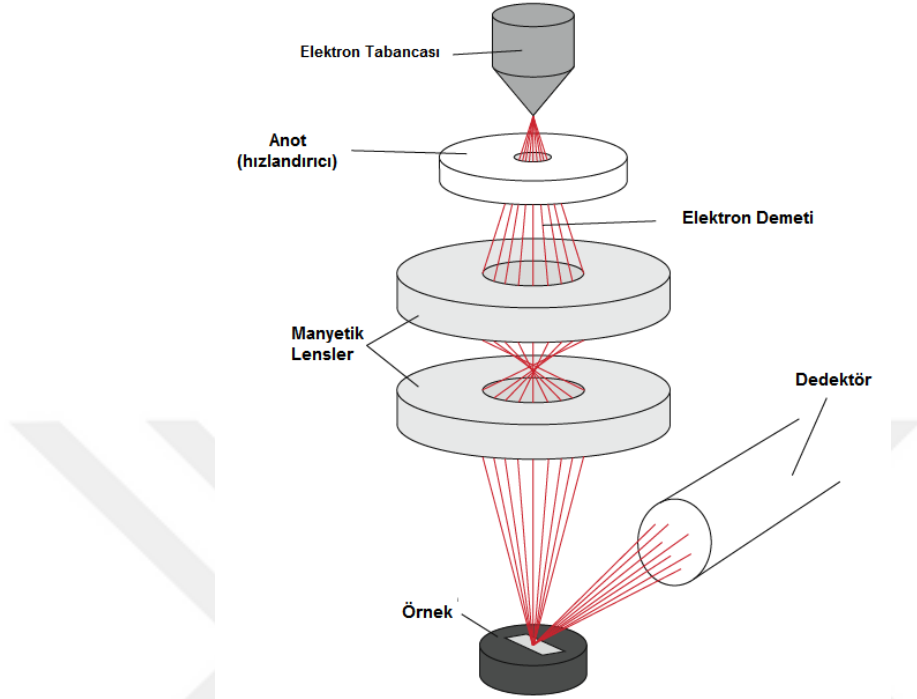
XRD analizleri SNTG laboratuvarı bünyesinde bulunan Rigaku D-max marka XRD cihazı ile 20-80 derece aralığında gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.13).

3.3.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

Taramalı elektron mikroskobu, nano boyutlardaki örneklerin yüksek çözünürlüklerde görüntülenmesine olanak sağlayan sistemdir.

Bu sistemlerde görüntüleme işlemi örnek üzerine odaklanan elektron demetinin örneği taramasıyla gerçekleşir. Elektronlar örnek yüzeyine ulaştıklarında etkileşime girerler. Bu etkileşim sonrasında elektronlar bir kısım enerjisini örneğe aktarır ve kalan enerjileriyle geri saçılırlar. Aynı zamanda örnekten ikincil elektronlar ve örneğe ait karakteristik x ışınları yayılır. Örnekten yayılan

karakteristik x ışınları örneğe ait atomlar hakkında (EDS), ikincil elektronlar ise örneğin morfolojisini hakkında bilgi verir (Şekil 3.14) [48].



Şekil 3.14. Taramalı elektron mikroskobu şematik gösterimi [49]

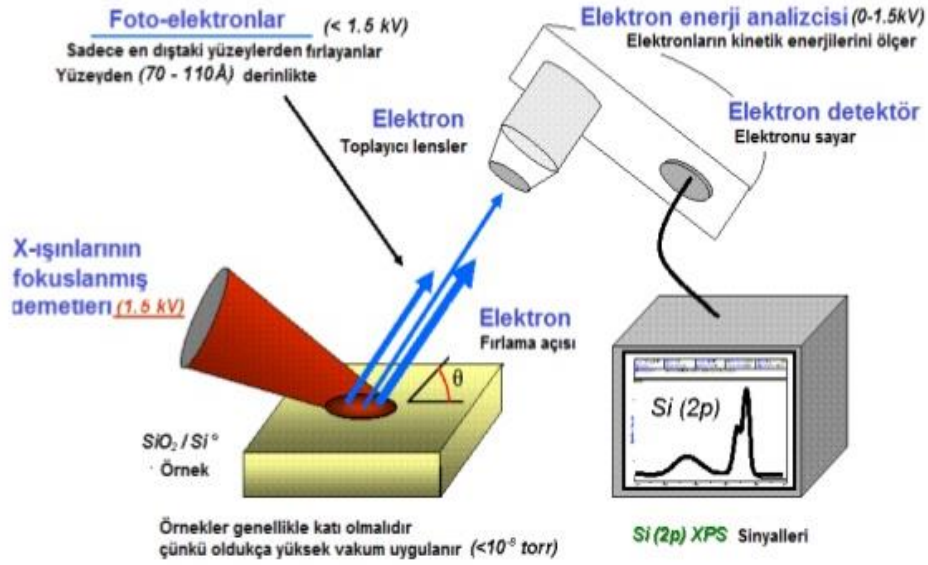
Örneklerin morfolojik yapısının analizleri ODTÜ Merkez Laboratuvarında bulunan QUANTA 400F taramalı elektron mikroskobu ile ve ODTÜ Malzeme ve Metalurji Bölümünde bulunan taramalı elektron mikroskobu ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.15). Görüntülemeler 25, 50, 100 ve 200 kx büyütmelerde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.15. Taramalı elektron mikroskobu (SEM)[50]

3.3.3. X-Işını Fotoelektron Spektroskopisi (XPS) Analizi

X-ışını fotoelektron spektroskopisi cihazında örnek üzerine x-ışını demeti gönderilir. Örneğe ulaşan x-ışınları çekirdeğe yakın tabakadan elektron koparılmasına neden olur. Örnekten ayrılan bu elektronun dedekte edilmesiyle analiz gerçekleştirilmiş olur (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. X-ışını fotoelektron spektroskopisi şematik gösterimi [51]

X-ışını fotoelektron spektroskopisi (XPS) elektronları enerjilere göre sınıflandıran bir yöntemdir. Örneklerin bu analizleri UNAM bünyesinde bulunan XPS cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

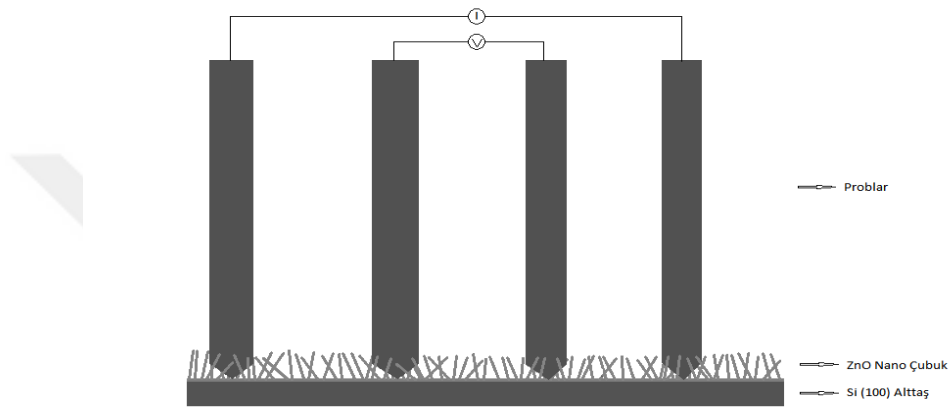


Şekil 3.17. X-ışını fotoelektron spektroskopisi cihazı [52]

3.3.4. I-V Karakterizasyonu

Deneyler sonucunda elde edilen örneklerin akım-gerilim (I-V) ölçümleri dört nokta (Four Probe) yöntemiyle gerçekleştirilmiştir.

Sisteme ait dört probun uçları, örnek üzerine eşit kuvvetlerde basılır ve problar sabitlenir. Dört probun bağlı olduğu sourcemetre, içteki iki prob üzerinden örneğe gerilim uygular. Dışta bulunan problar uygulanan gerilime karşılık örnek üzerinden geçen akımı sourcemetreye aktarır ve akım değeri ölçülür (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Dört nokta akım-gerilim ölçüm tekniği şematik gösterimi

Bu çalışmada ölçümler aydınlık ve karanlık olmak üzere iki farklı ortamda 0 - 5 V aralığında gerçekleştirilmiştir. Buradaki amaç deneyler sonucunda elde edilen farklı boyutlarda sentezlenen ZnO nano çubukların ve geçiş metali olan mangan katkılanarak sentezlenen ZnO nano çubukların ışık etkisi altında oluşan fotoakım değerlerindeki değişimleri gözlemlemektir. Bu sayede elde edilen nano çubukların fotovoltatik hücre yapısında kullanılabilecek fiziksel yapıya sahip olup olmadıkları tespit edilebilecektir. Aydınlık ortam ölçümleri için 8 w gücünde 750 lümen ışık akısına sahip led ampul kullanılmıştır. Işık kaynağı her örnek için aynı mesafede tutulmuş ve akım-gerilim ölçümleri bu şekilde gerçekleştirilmiştir.

Şekil 3.19'da dört nokta yöntemi için kullanılan sistem görülmektedir. Sistem, çalışmalarımı gerçekleştirdiğim Hacettepe Üniversitesi Fizik Mühendisliği Bölümü SNTG laboratuvarında bulunmaktadır.



Şekil 3.19. Dört nokta (Four Probe) akım-gerilim ölçüm sistemi

4. BULGULAR

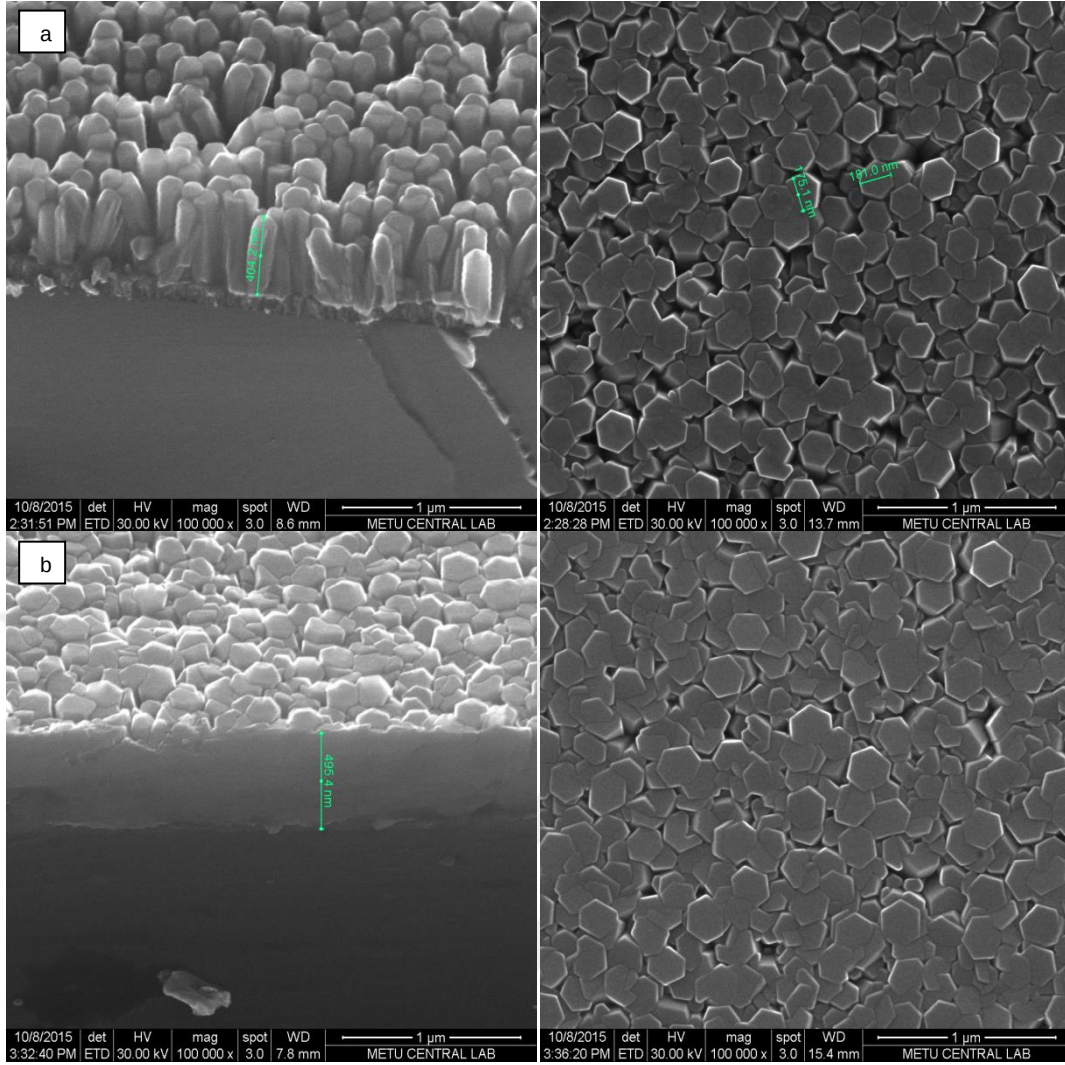
4.1. Hidrotermal Yöntem ile Sentezlenen Nano Çubukların Optimum Koşullarının Belirlenmesi

Hidrotermal yöntem ile sentezlenecek ZnO nano çubukların şekil ve boyutlarına; fırınlama sıcaklığının, kullanılan çözeltinin molaritesinin, reaksiyon sıcaklığının ve deney süresinin etkilerini incelenmek üzere bu parametrelerin farklı değerlerinde deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler sonucunda elde edilen örnekler SEM ile analiz edilmiş ve sonuçlar değerlendirilerek optimum koşullar belirlenmiştir.

4.1.1. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

4.1.1.1. Fırınlama Sıcaklığının Etkisi

NANOTAM' da magnetron sputter tekniği kullanılarak yüzeyleri 200 nm ZnO ince film ile kaplanan Si(100) alttaşlar 350 ve 400 °C'de 10 dakika süre ile fırınlanmıştır. Deneyler hekzametilen tetramin ve çinko nitrat hekzahidrat bileşiklerini kullanarak hazırladığımız 0,1 M'lık sulu çözeltiden 10 ml kullanılarak 90 °C sıcaklıkta ve 4 saatlik sürede gerçekleştirilmiştir.

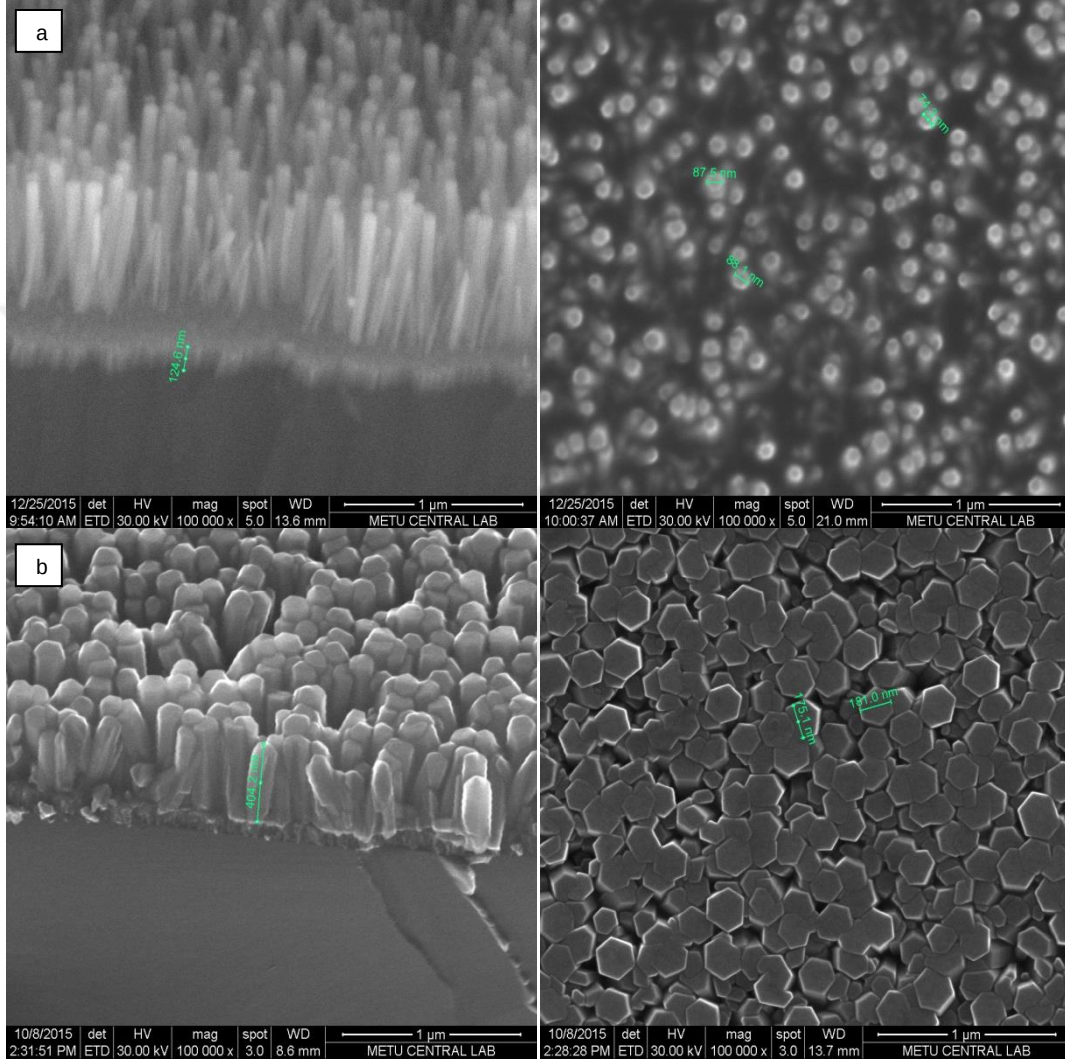


Şekil 4.1. a) 350 ve b) 400 °C fırınlama sıcaklığında fırınlanan 200 nm ZnO ince film kaplı alttaşlar kullanılarak 90 °C' de 4 saatlik sürede gerçekleştirilen deneyler sonucunda sentezlenen yapıların SEM görüntüleri.

Örneklerin SEM görüntüleri Şekil 4.1'de ki gibidir. Görüntüler incelendiğinde 400 °C' de fırınlanan alttaş kullanılarak gerçekleştirilen sentezleme sonucunda ince filmin kalınlığının arttığı fakat ayrılmalara olmadığı görülmektedir. 350 °C'de fırınlanmış alttaş kullanılarak gerçekleştirilen sentezleme işlemi sonucunda ise ZnO nano çubukların, diğer örneğe göre daha ayrı oluştuğu görülmektedir. Liu ve arkadaşları fırınlama sıcaklığının nano çubukların boy ve çaplarına etkisini incelemek için [53], 200, 400 ve 600 °C'de fırınlama işlemi gerçekleştirmişler, fırınlama sıcaklığının artmasıyla sentezlenen nano çubukların boylarının ve çaplarının büyüdüğünü göstermişlerdir. Bizim yaptığımız çalışmada sıcaklık arttıkça boy artmıştır. Fakat 400 °C'de nano çubuklar birbiri içerisine geçmiş halde sentezlendikleri için 350 °C fırınlama sıcaklığının istenilen nano çubukların sentezlenmesi için uygun sıcaklık olduğuna karar verilmiştir.

4.1.1.2. Çözelti Molaritesinin Etkisi

200 nm ZnO ince film kaplı alttaşlar 350 °C'de 10 dakika fırınlandıktan sonra kullanılmıştır. Deneyler 0,05 ve 0,1 M'lık çözeltiler kullanılarak 90 °C sıcaklıkta 4 saatlik sürede gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.2. a) 0,05 ve b) 0,1 M'lık çözelti kullanılarak 90 °C' de 4 saatlik sürede gerçekleştirilen deneyler sonucunda sentezlenen yapıların SEM görüntüleri.

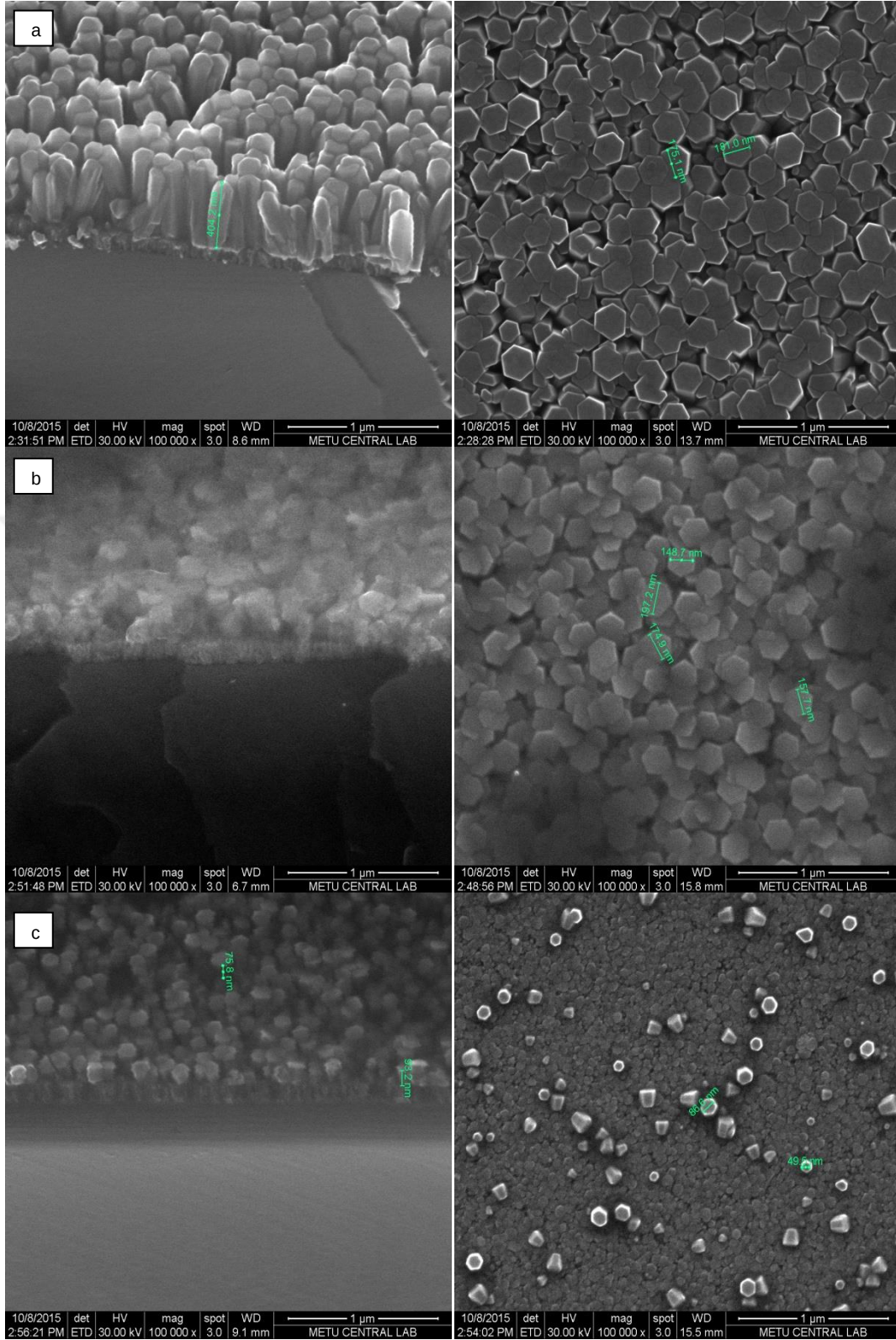
Deneyler sonucunda sentezlenen nano çubukların SEM görüntüleri Şekil 4.2'de görülmektedir. Sonuçlar irdelendiğinde 0,1 M'lık çözelti kullanılarak yapılan deneyler sonucunda nano çubuk yapılarının birbirinden ayrılmadığı, 0,05 M'lık çözelti kullanılarak gerçekleştirilen deneylerde ise birbirinden bağımsız ve düzenli ZnO nano çubukların olduğu görülmüştür. Polsongkram ve arkadaşları [45] yaptıkları çalışmada çözelti molaritesinin ZnO nano çubuklar üzerindeki etkisini incelemiş ve molarite değeri arttıkça nano çubukların büyüdüklerini görmüşlerdir.

Bu çalışma dikkate alındığında 0,1 M'lık çözelti kullanıldığında çubukların boyutlarındaki aşırı büyümeler nedeniyle birbiri içerisine geçtikleri söylenebilir. Bu yüzden deneylerde 0,05 M'lık çözeltinin kullanılmasına karar verilmiştir.

4.1.1.3. Reaksiyon Sıcaklığının Etkisi

ZnO nano çubukların sentezlenmesinde reaksiyon sıcaklığının etkisinin incelenmesi için üç farklı deney gerçekleştirilmiştir. 200 nm ZnO ince film kaplı alttaş 350 °C' de fırınlanmış ve 70, 80 ve 90 °C hidrotermal sıcaklıklarında 4 saat süreyle deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneylerde 0,1 M'lık çözeltiler kullanılmıştır.

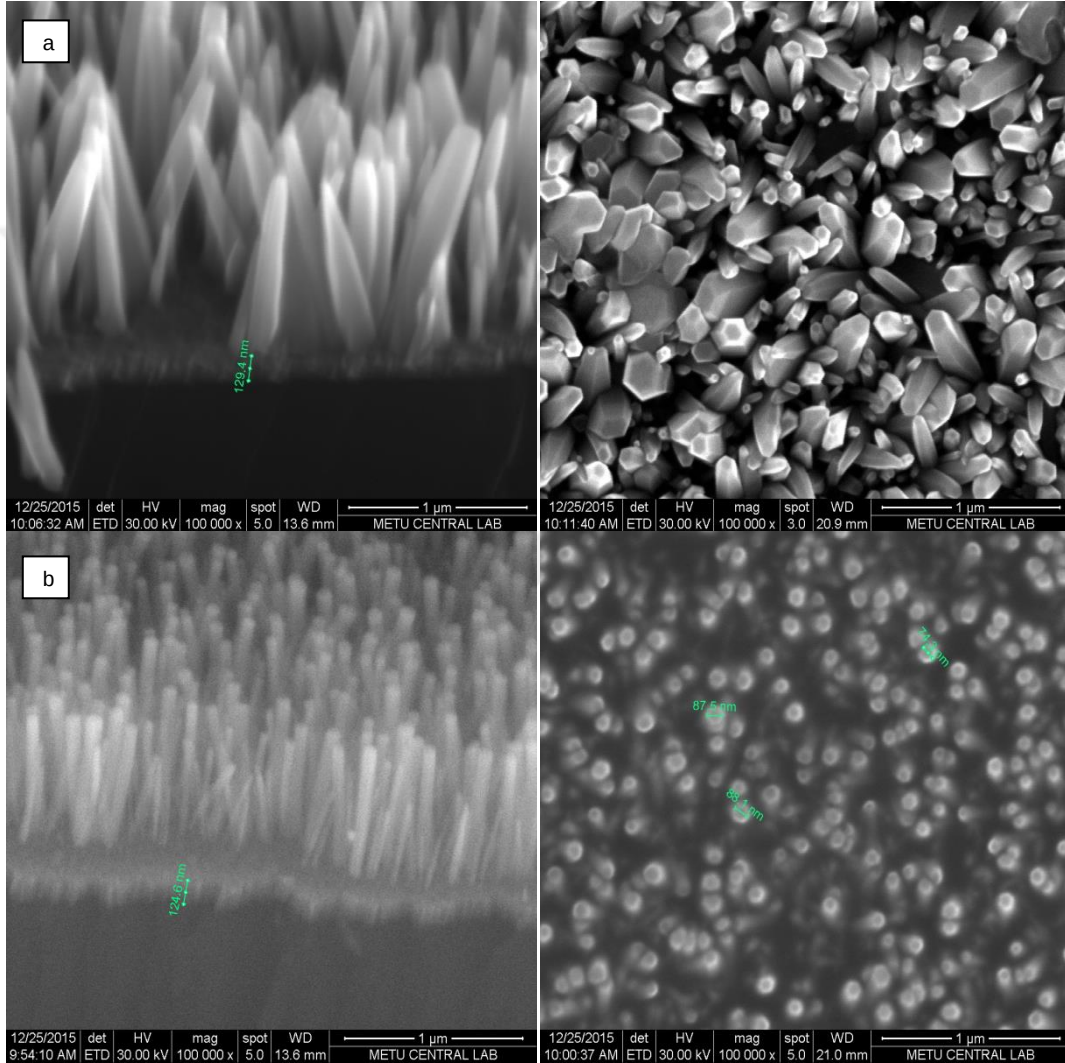
Meen ve arkadaşları [54] hidrotermal yöntem kullanarak farklı sıcaklıklarda ZnO nano çubuk sentezlemişler ve hidrotermal sıcaklığın sentezlenen ZnO nano çubukların boyutlarına etki ettiğini göstermişlerdir. Şekil 4.3'deki SEM görüntüleri incelendiğinde, 70 °C' de gerçekleştirilen deney sonucunda sentezlenen nano çubukların yüzeyde çok seyrek olduğu ve boylarının yeteri kadar uzamadığı, 80 °C' de yapılan deney sonucunda nano çubukların yine boylarının uzamadığı aynı zamanda birbirleri içine geçtikleri görülmektedir. Son olarak 90 °C' de gerçekleştirilen deneyde sentezlenen nano çubukların boylarında uzamaların olduğu ve diğer örneklerdeki nano çubuklara göre daha belirgin oluştukları görülmektedir.

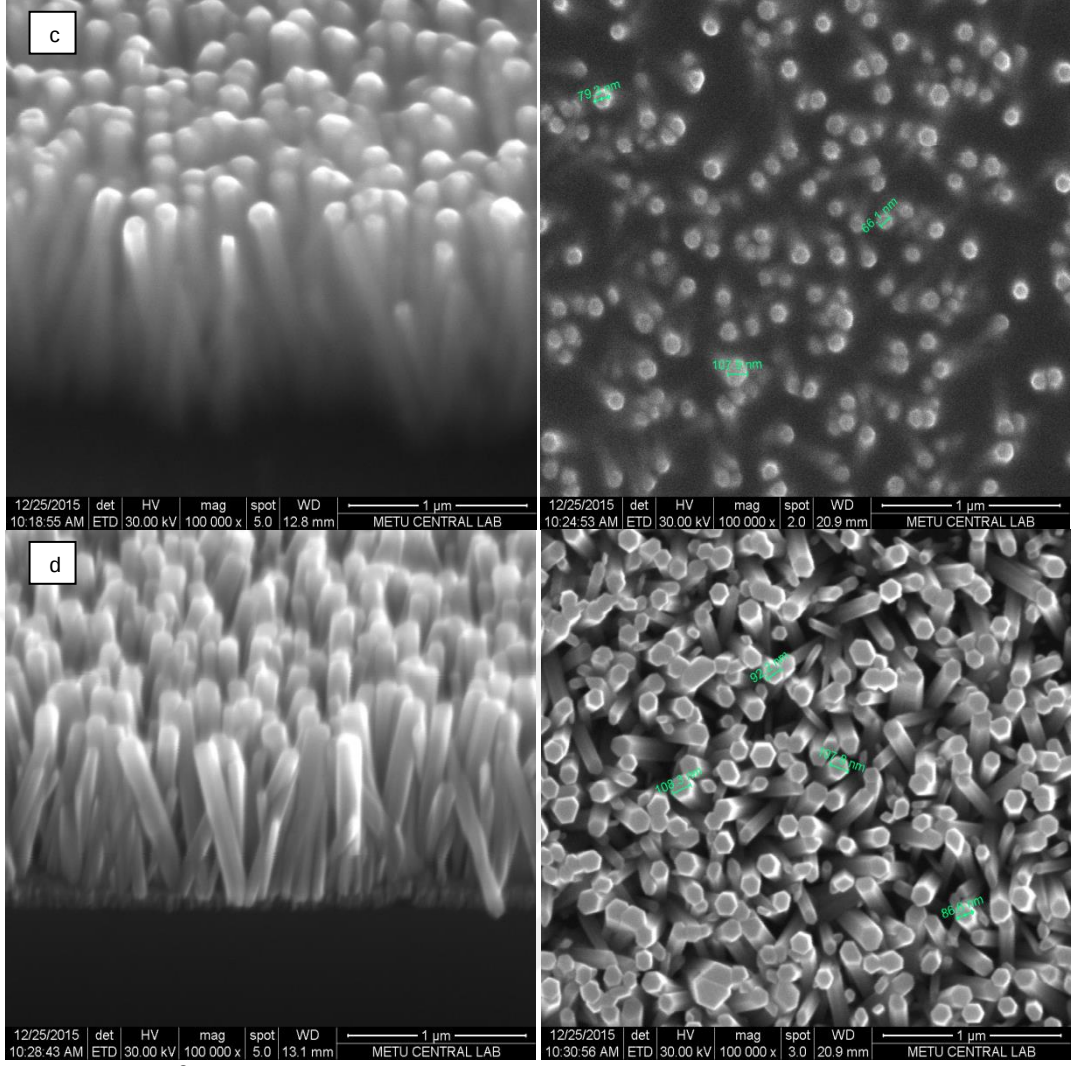


Şekil 4.3. 350 °C'de fırınlanmış 200 nm kalınlığında ZnO ince film kaplanmış alt taşlar kullanılarak, a) 90, b) 80 ve c) 70 °C' de 4 saatlik sürelerde gerçekleştirilen deneyler sonucunda sentezlenen yapıların SEM görüntüleri

4.1.1.4. Deney Süresinin Etkisi

Deney süresinin ZnO nano çubukların şekil ve boyutlarına etkisini incelemek için deneyler 2, 4, 6 ve 8 saatlik sürelerde gerçekleştirilmiştir. Deneylerde 0,05 M'lık çözeltiler kullanılmıştır. Kullanılan alttaşlar 200 nm kalınlığında ZnO ince film ile kaplanmış ve 350 °C'de fırınlanmıştır. Deneyler 90 °C reaksiyon sıcaklığında gerçekleştirilmiştir.





Şekil 4.4. 350 °C'de fırınlanmış 200 nm kalınlığında ZnO ince film kaplanmış alt taşlar kullanılarak, 90 °C' de a) 2, b) 4, c) 6 ve d) 8 saatlik sürelerde gerçekleştirilen deneyler sonucunda sentezlenen yapıların SEM görüntüleri

Li ve arkadaşları [55] 3, 5, 7 ve 9 saatlik sürelerde gerçekleştirdikleri deneyler sonucunda hekzagonal yapıya sahip ZnO nano çubuklar sentezlemişlerdir. Sentezleme süresi 3 saatten 5 saate çıktığında boyutlarda artış gözlemişler, 7 ve 9 saatlik sürelerde sentezlenen nano çubukların boyutlarında kayda değer bir değişim olmadığını görmüşlerdir. Bizim sentezlediğimiz dört örneğin SEM analizleri değerlendirildiğinde, 2 saatlik sürede gerçekleştirilen deney sonucunda sentezlenen ZnO nano çubukların çaplarının büyüklüklerinin homojen olmadığı görülmektedir. Bu istenilen bir şey değildir. 8 saatlik sürede sentezlenen ZnO nano çubuklar iç içe girdikleri bu sebepten şekillerinin bozulduğu görülmektedir. 4 ve 6 saatlik sürelerde gerçekleştirilen deneyler sonucunda sentezlenen nano çubukların istenilen şekil ve boyutlarda oluştukları bu görüntülere bakılarak söylenebilir.

Gerçekleştirilen deneyler sonucunda sentezlenecek ZnO nano çubuklar için optimum koşullar;

- Fırınlama sıcaklığı: 350 °C
- Çözelti molaritesi: 0,05 M
- Reaksiyon sıcaklığı: 90 °C
- Deney süresi: 4 saat

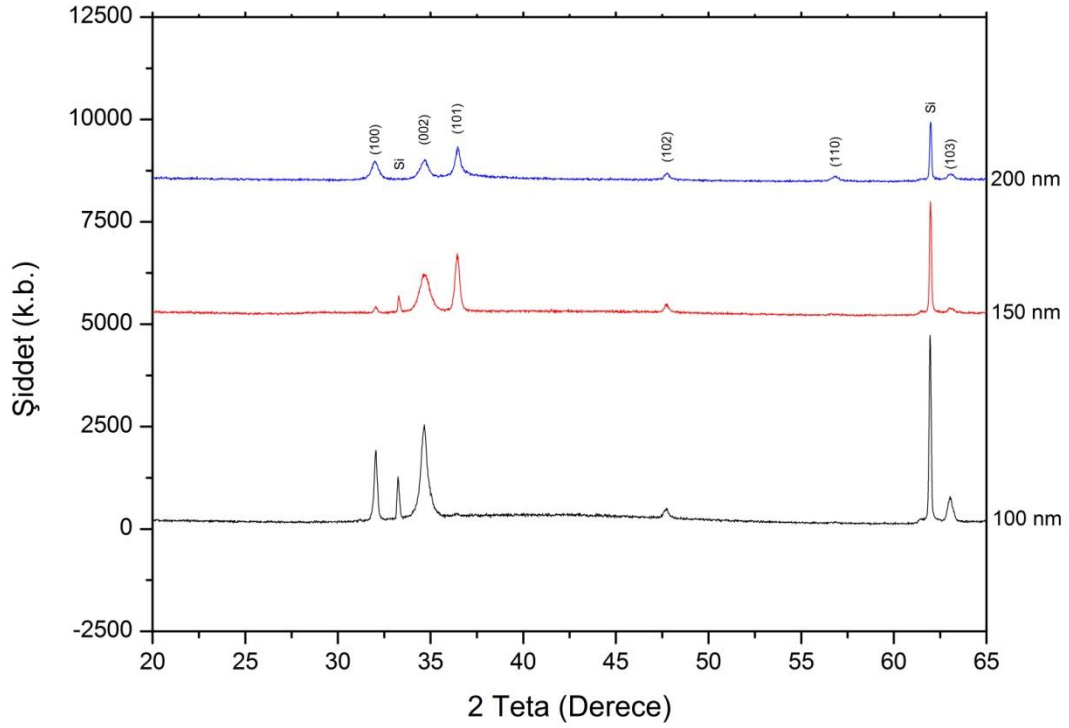
olarak belirlenmiştir.

4.2. Belirlenen Optimum Değerlerde Sentezlenen ZnO Nano Çubuklar için Gerçekleştirilen Analizler

Belirlenen optimum koşullarda gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen örneklerin yapısal analizleri x-ışını toz kırınım metresi (XRD) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile, akım-gerilim ölçümleri dört nokta yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4.2.1. X Işını Toz Kırınım Metresi (XRD) Analizi

Hazırlamış olduğumuz örneklerin yapısal analizlerini gerçekleştirmek için kullanılabilecek sistemlerden birisi olan XRD cihazı ile yapılan ölçümler sonrasında elde edilen XRD desenleri Şekil 4.5'de verilmektedir. 70 derecede tek kristal Si alttaştan kaynaklanan pik nedeniyle ZnO'ya ait pik şiddetleri detaylı görülememektedir. Bu yüzden sonuçlar 20-65 derece aralığında verilmiştir.



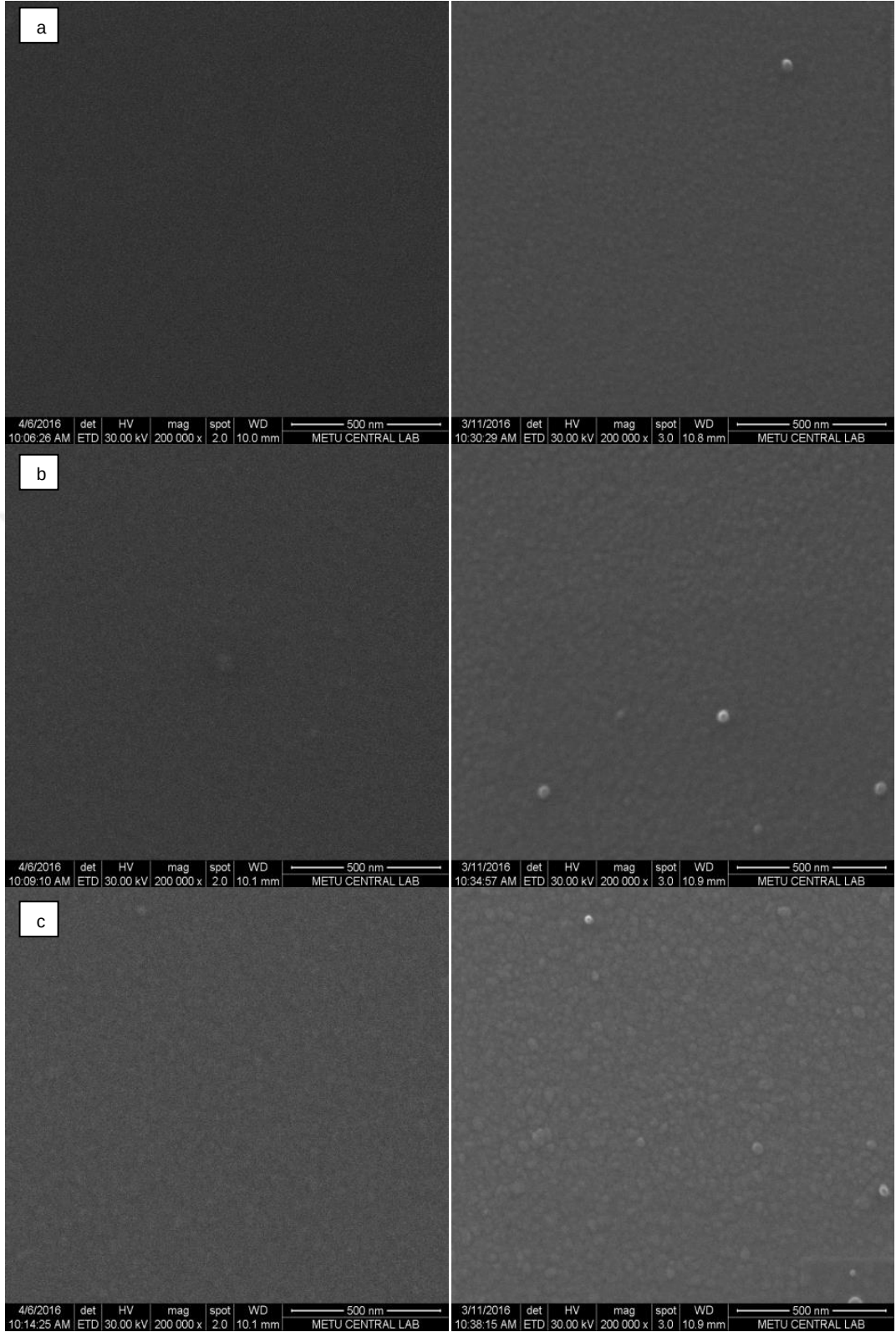
Şekil 4.5. ZnO nano çubukların XRD desenleri

Üç farklı kalınlıkta ZnO ince film ile kaplanmış olan Si alttaşlar kullanılarak yapılan deneyler sonucunda elde edilen ZnO nano çubukların bulunduğu örneklerin XRD desenlerin hekzagonal ZnO yapısına uymaktadır (PDF Kart No:00-036-1451). Karşılaştırma yapıldığında örneklerdeki piklerin şiddetlerinin değiştiği görülmektedir. Bunun sebebi deneyler sonucunda elde edilen ZnO nano çubukları oluşturan kristalitlerin belirli yönelimleri tercih etmesinden kaynaklanmaktadır.

4.2.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

4.2.2.1. Alttaşların Yüzeylerinin SEM Görüntüleri

İlk olarak deneylerimizde kullanacağımız, farklı kalınlıklarda, ZnO ince film ile kaplı alttaşların fırınlama işlemi öncesinde ve sonrasında yüzey görüntülerini Şekil 4.6'da verilmektedir.



Şekil 4.6. ZnO ince film ile kaplanmış alttaşların işlem görmemiş önceki yüzeyleri ve 350 °C' de 10 dakika işlem gördükten sonraki yüzeyleri. a) 100, b) 150 ve c) 200 nm

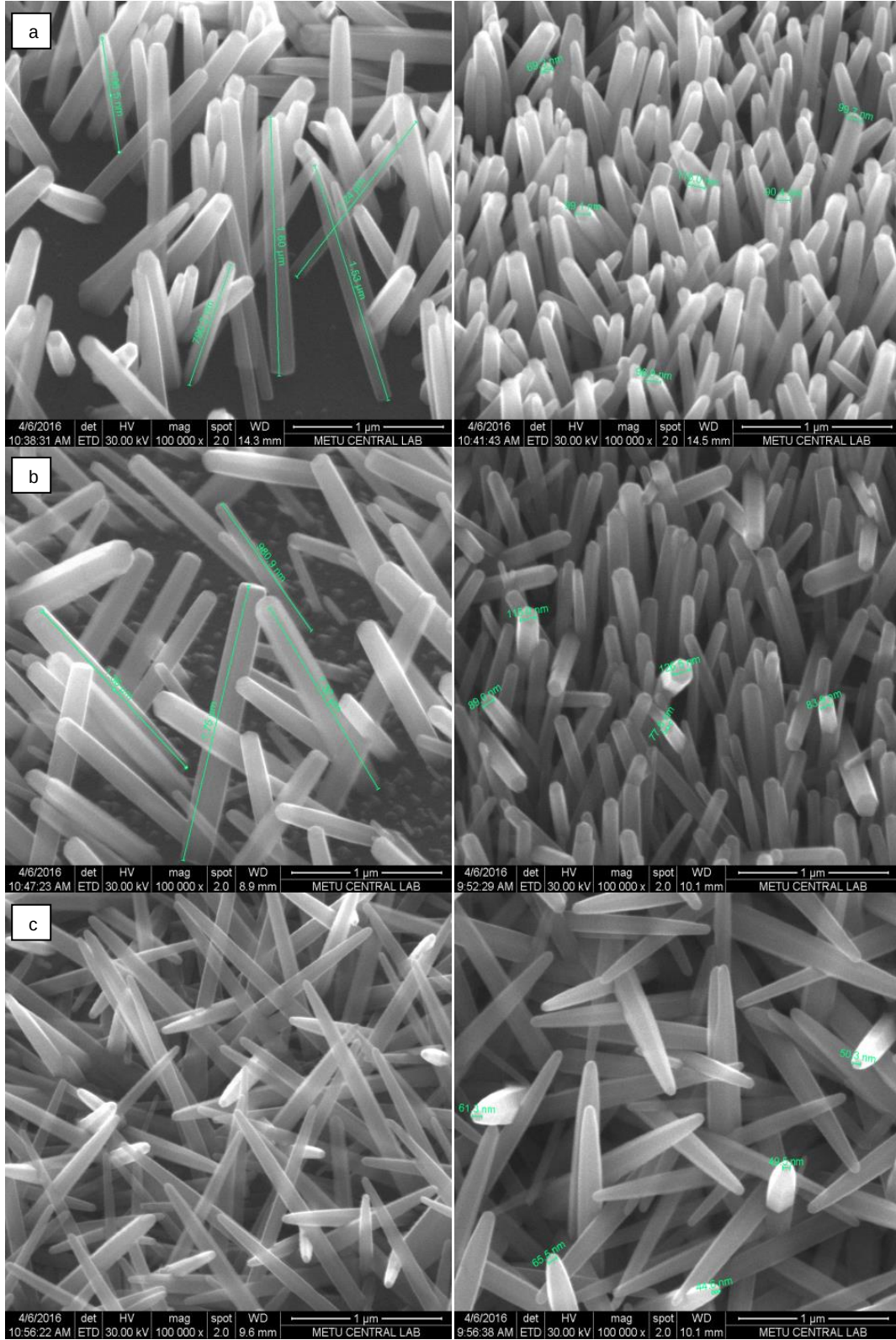
Şekil 4.6'daki SEM görüntüleri değerlendirildiğinde Si alttaş üzerinde bulunan ZnO ince filmlerin kalınlıkları değiştiğinde, 350 °C' de 10 dakika süre ile gerçekleştirilen

fırınlama işlemi sonrasında, oluşan çekirdeklerin yoğunluğunun arttığı ve çekirdeklerin boyutlarının büyüdüğü görülmektedir.

4.2.2.2. Sentezlenen Katkısız ZnO Nano Çubukların SEM Görüntüleri

Yüzeyinde farklı kalınlıklarda ZnO ince film bulunan (100, 150 ve 200 nm) Si(100) alttaşların 350 °C'de 10 dakika fırındandıktan sonra, 10 ml 0,05 M'lık çözelti kullanılarak 90 °C'de 4 saatte gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen ZnO nano çubukların SEM görüntüleri Şekil 4.7'de görülmektedir.





Şekil 4.7. Katkısız ZnO nano çubukların SEM görüntüleri. a) 100, b) 150 nm ve c) 200 nm kalınlığında ZnO kaplanmış alttaş kullanılarak sentezlenmiş örnekler. (90 °C-4 saat)

Alttaş yüzeyindeki ZnO ince film tabakasının kalınlığı arttıkça sentezlenen nano çubukların çap/boy oranında azalma görülmüştür.

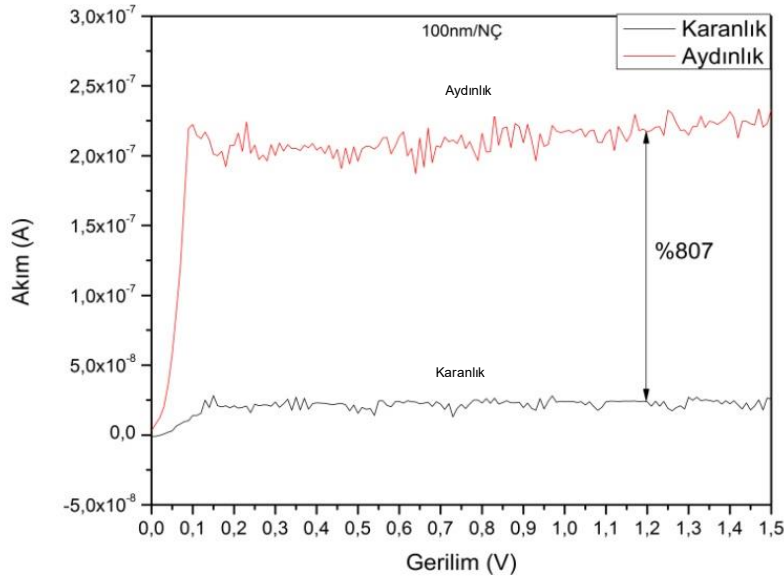
Bu örneklerdeki ZnO nano çubukların boy ve çapları SEM' de ölçülmüş ve Tablo 4.1 oluşturulmuştur.

Tablo 4. 1.: ZnO nano çubukların Çap/Boy oranlarını gösteren tablo

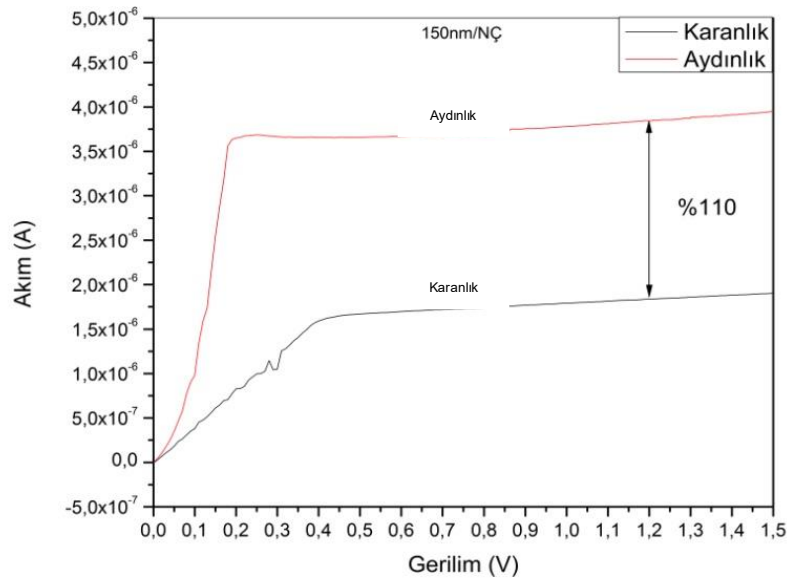
	100 nm	150 nm	200 nm
ÇAP/BOY	0,175	0,111	0,084

4.2.3. I-V Karakterizasyonu

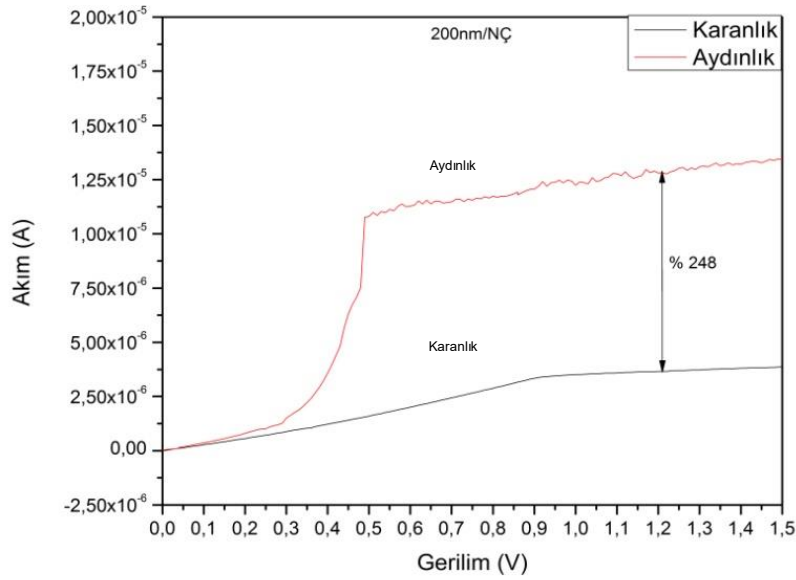
Şekil 4.8, 4.9 ve 4.10 'da görülen üç grafik, farklı kalınlıkta ZnO ince film kaplı Si alttaşlar üzerinde büyütülen katkılanmamış ve farklı çap/boy oranına sahip ZnO nano çubukların akım-gerilim ölçümleri sonucunda elde edilmiştir. Bu ölçümler karanlık ve aydınlık ortamlarda olmak üzere iki farklı ortamda gerçekleştirilmiştir. Bu sayede farklı çap/boy oranına sahip ZnO nano çubukların, ışığın etkisiyle elde edilen fotoakım değerleri gözlemlenmiştir.



Şekil 4.8. 100 nm ZnO ince film kaplı alttaş kullanılarak sentezlenen ZnO nano çubukların aydınlık karanlık ortamlarda gerçekleştirilen akım gerilim ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması.



Şekil 4.9. 150 nm ZnO ince film kaplı alttaş kullanılarak sentezlenen ZnO nano çubukların aydınlık karanlık ortamlarda gerçekleştirilen akım gerilim ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması.



Şekil 4.10. 200 nm ZnO ince film kaplı alttaş kullanılarak sentezlenen ZnO nano çubukların aydınlık karanlık ortamlarda gerçekleştirilen akım gerilim ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması.

Grafikler incelendiğinde nano çubukların çap/boy oranındaki azalışın, uygulanan gerileme karşılık oluşan akım değerlerinde artışa sebep olduğu görülmektedir.

Farklı kalınlıklarda kaplanmış alttaşılar üzerinde sentezlenen farklı çap/boy oranına sahip ZnO nano çubukların aydınlık ve karanlık ortamda 1,2 V gerilim uyguladığında elde edilen akım değerleri Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

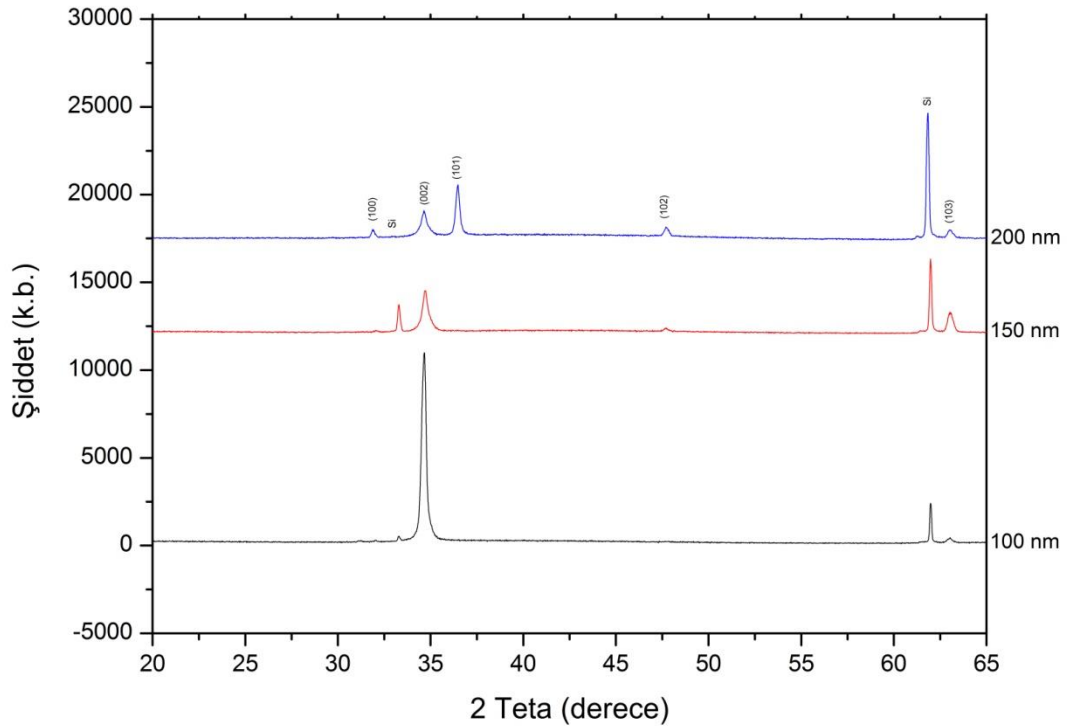
Tablo 4.2.: ZnO nano çubukların aydınlık ve karanlık ortamlarda gerçekleştirilen ölçümlerin 1.2 V gerilime karşılık akım değerleri

		Akım (A)		
Gerilim (V)	Ortam	100 nm	150 nm	200 nm
1,2	Aydınlık	$2,18 \times 10^{-7}$	$3,85 \times 10^{-6}$	$1,28 \times 10^{-5}$
	Karanlık	$2,31 \times 10^{-8}$	$1,83 \times 10^{-6}$	$3,60 \times 10^{-6}$

4.3. Mangan Katkılı ZnO Nano Çubukların Analizleri

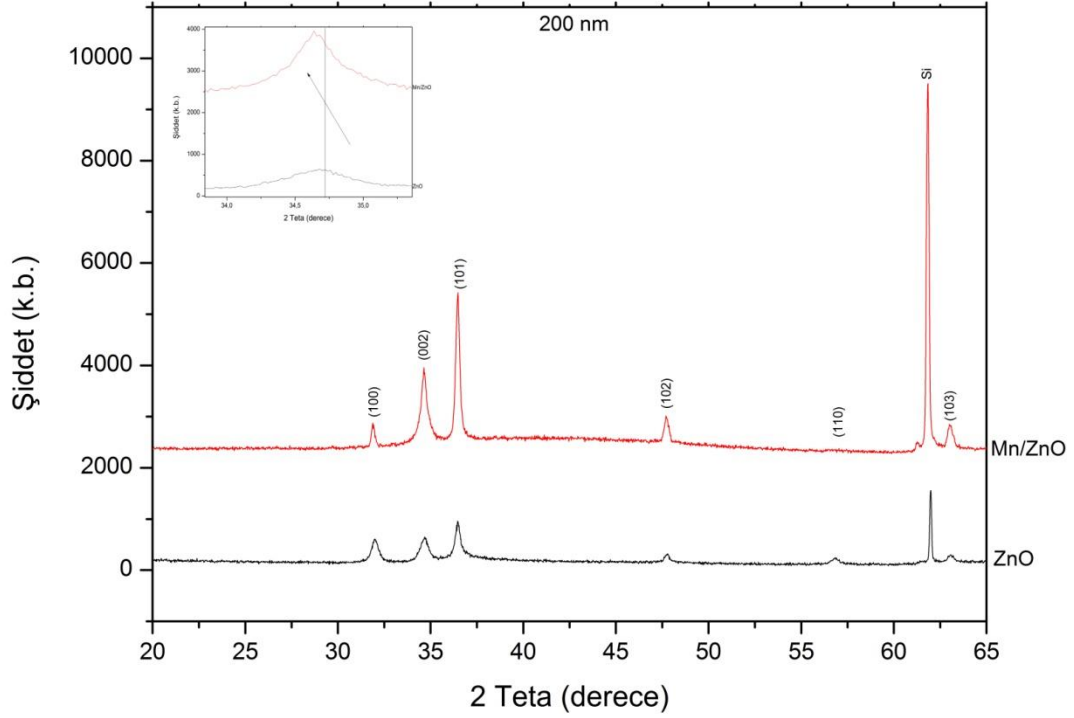
4.3.1. X Işını Toz Kırınım Metresi (XRD) Analizi

Mn katkılama oranı %5 olan ZnO nano çubuk örneklerinin XRD desenleri Şekil 4.11'de görüldüğü gibidir.



Şekil 4.11. Mn/ZnO nano çubukların XRD desenleri

Bu sonuçlar değerlendirildiğinde Mn/ZnO nano çubukları oluşturan kristalitlerin belirli yönelimleri tercih ettiği görülmektedir. Bu sonuçlara bakarak Mn' in yapıya girdiği anlaşılamamaktadır. Bu yüzden aynı kaplama kalınlığına sahip alttaşlar kullanılarak yapılan deneyler sonucunda sentezlenen katkısız ZnO ve Mn/ZnO nano çubukların XRD desenleri karşılaştırılmıştır.



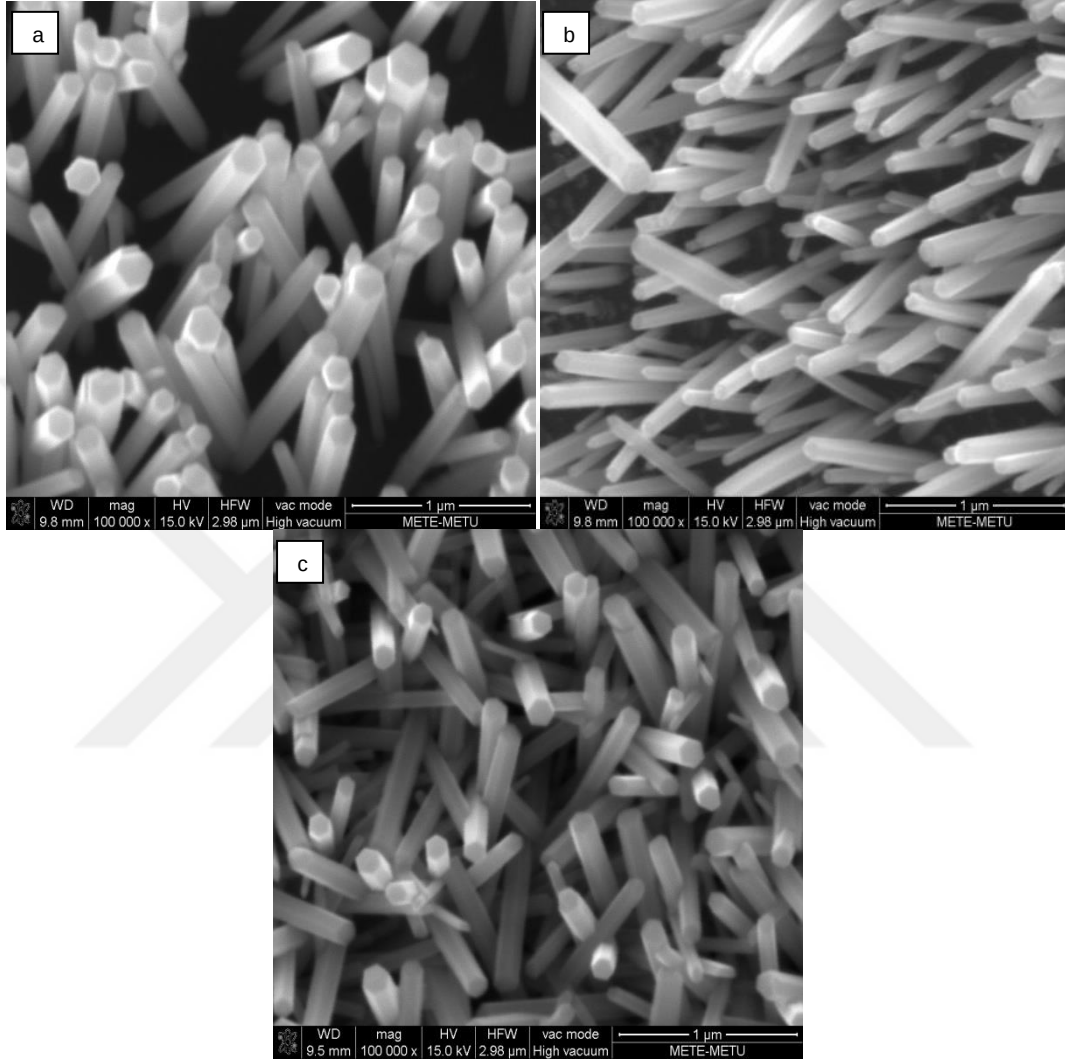
Şekil 4.12. ZnO ve Mn/ZnO nano çubukların XRD desenleri (200 nm ZnO ince film kalınlığına sahip alttaş)

Şekil 4.12'de yüzeyi 200 nm kalınlığında ZnO ince film kaplanmış alttaşlar kullanılarak gerçekleştirilen deney sonucunda elde edilen katkısız ve Mn katkılı ZnO nano çubuk örneklerinin XRD desenleri birlikte görülmektedir. %5'lik Mn katkısının etkisiyle ZnO'ya ait [002] pikinin kaydı olduğu görülmektedir. Literatürdeki çalışmalar kaymanın sebebinin ZnO örgü parametresinde, iyonik yarıçapı (0.083 nm) büyük olan Mn^{2+} 'ın, iyonik yarıçapı (0.074 nm) daha küçük olan Zn^{2+} 'nin yerini alması olarak açıklamaktadır. [56].

Diğer örneklerinde karşılaştırılmaları yapılmıştır ancak kayma net bir şekilde görülmediği için sonuçlar buraya eklenmemiştir. Diğer örneklerde katkılamanın

gerçekleştirdiğini görmek için enerji dağılımı spektroskopisi ve x-ışını fotoelektron spektroskopisi analizi gerçekleştirilmiştir.

4.3.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi

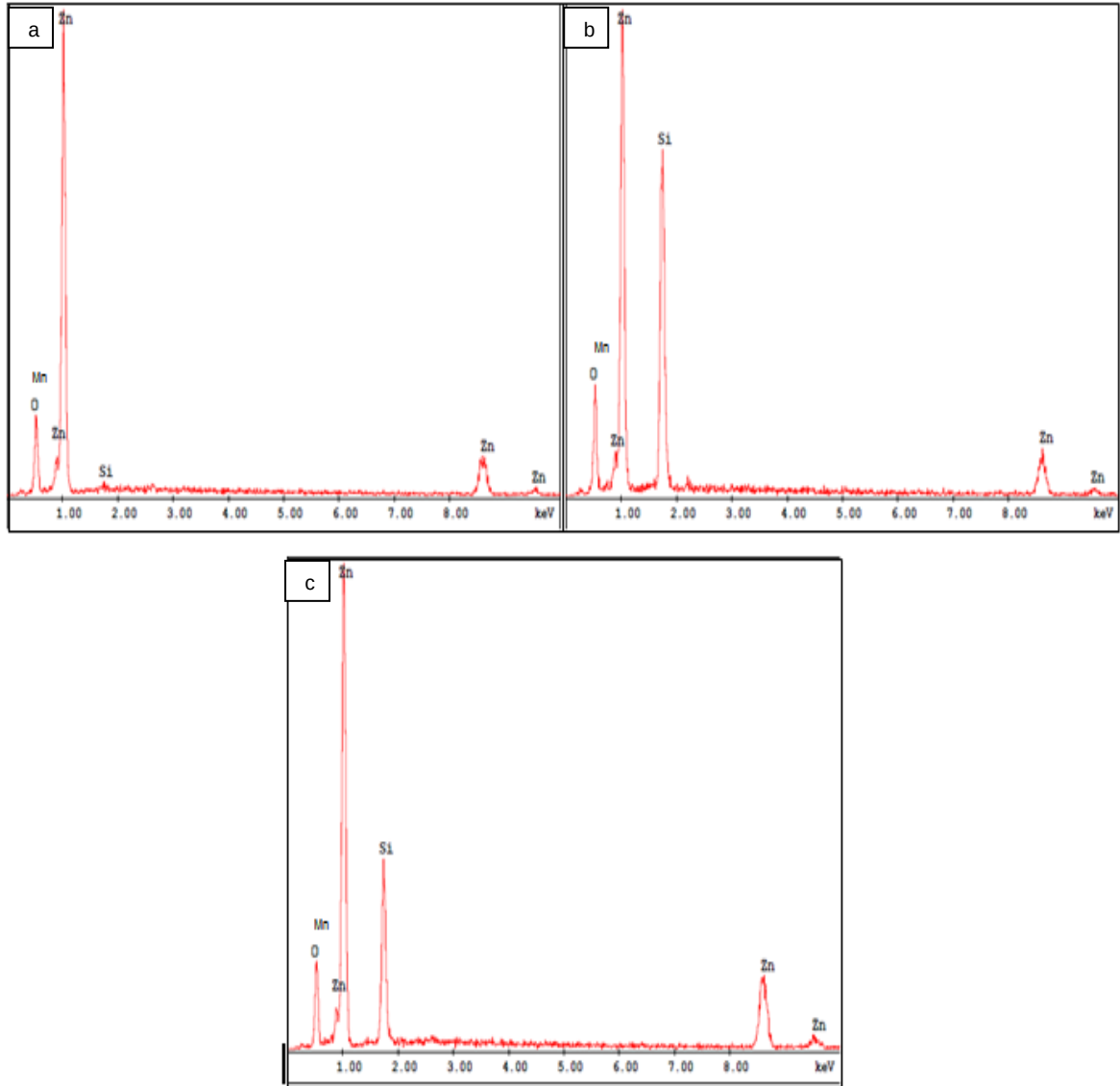


Şekil 4.13. Mn katkılı ZnO nano çubukların SEM görüntüleri. a) 100, b) 150 ve c) 200 nm kalınlığında ZnO kaplanmış alttaş kullanılarak sentezlenmiş örnekler (90 °C-4saat)

Mn/ZnO nano çubukların sentezlenme işlemi, katkısız ZnO nano çubukların sentezleme parametreleriyle aynı parametrelerde gerçekleştirilmiştir. Nano çubukların boyutları katkısız nano çubukların boyutlarından farklı çıkmıştır. Burada katkılamanın etkisi olduğu düşünülmektedir. Literatüre bakıldığında bu düşüncenin doğruluğu görülmektedir [56].

4.3.3. Enerji Dağılımı Spektrometresi (EDS) Analizi

SEM görüntüleri alınan Mn/ZnO nano çubukların EDS analizleri gerçekleştirilmiştir.

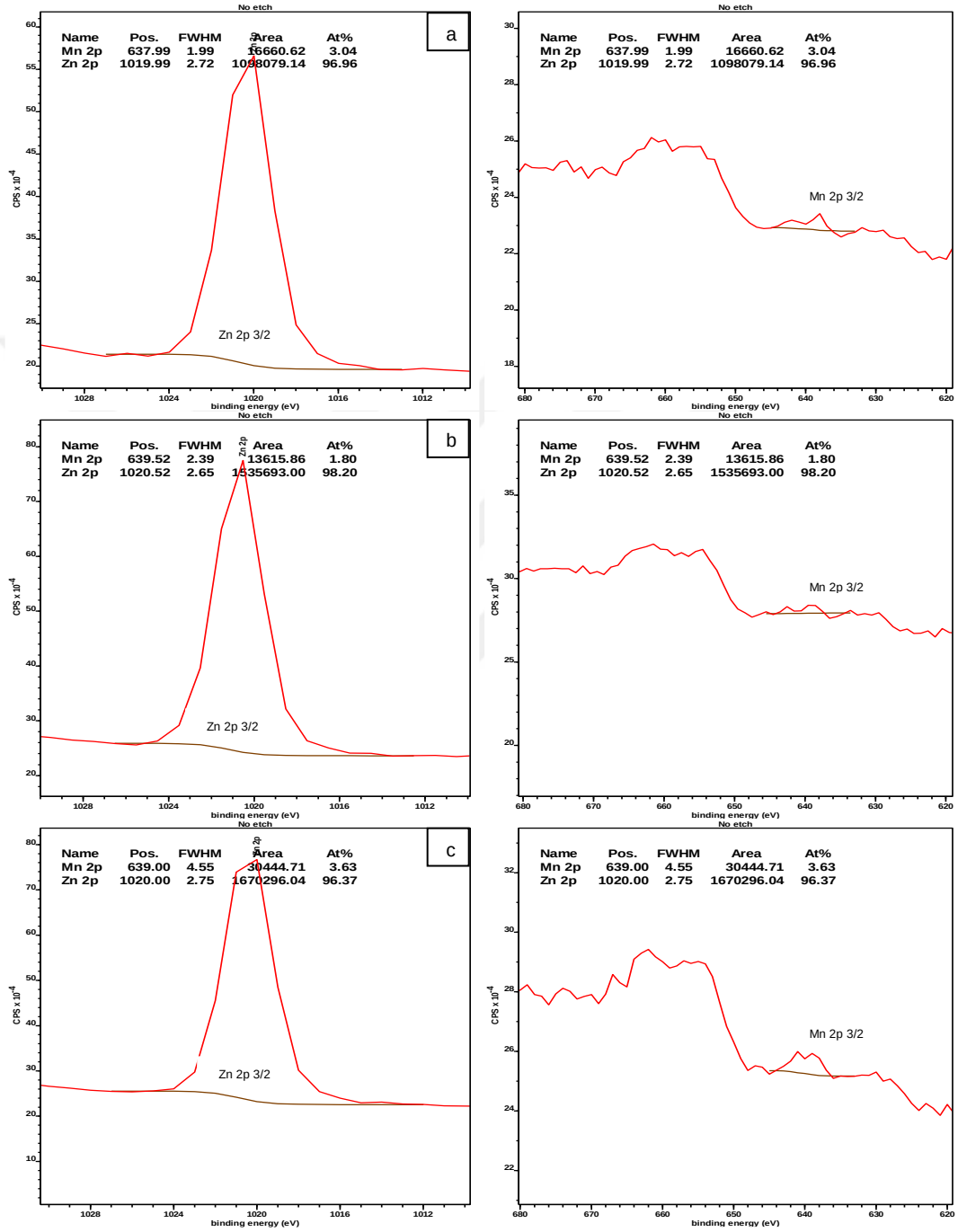


Şekil 4.14. a)100, b)150 ve c)200 nm ZnO ince film kaplı alttaşlar kullanılarak sentezlenen Mn/ZnO nano çubukların EDS analizleri

Bir EDS sisteminde örnek üzerine düşürülen elektron demeti yüzeyde bulunan atomların çekirdeğe yakın yörüngelerinden bulunan elektronları koparırlar. Yörüngeden ayrılan elektronun yerine bir üst yörüngeden elektron yerleşir. Bu geçiş sırasında x-ışını yayımlanır. Bu x-ışınları karakteristik x-ışını olarak adlandırılır ve elemente özgüdür. Enerjileri ölçülen x-ışınları bize örneğin elementlerine ait bilgi verir. Bizde deneylerimiz sonucunda sentezlediğimiz Mn/ZnO nano çubuk örneğinin elementel analizini gerçekleştirmek için bu yöntemi kullandık. EDS analizleri sonucunda elde edilen desenlerde Mn ile O' e ait enerji

şiddetleri birbirine çok yakın olduğu için desenlerde Mn piki ayırt edilememiştir (Şekil 4.14).

4.3.4. X-Işını Fotoelektron Spektroskopisi (XPS) Analizi



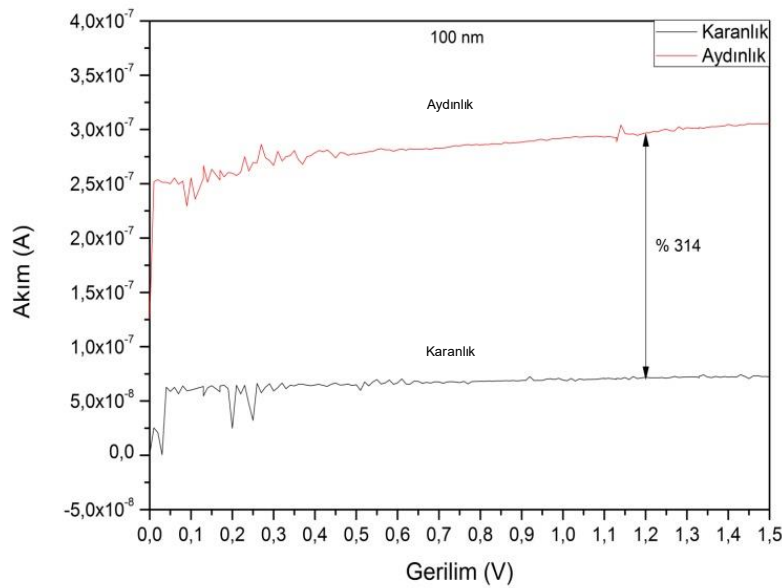
Şekil 4.15. %5 Mn katkılı ZnO nano çubukların XPS analizleri a) 100, b)150 ve c) 200 nm ince film kaplı alttaş kullanılarak sentezlenen örnekler

Buradaki işlem yüksek enerjili tek dalga boylu x-ışınları ile gerçekleştirilir. Örneğe gönderilen x-ışınları, örneği oluşturan atomların çekirdeğe yakın yörüngelerindeki

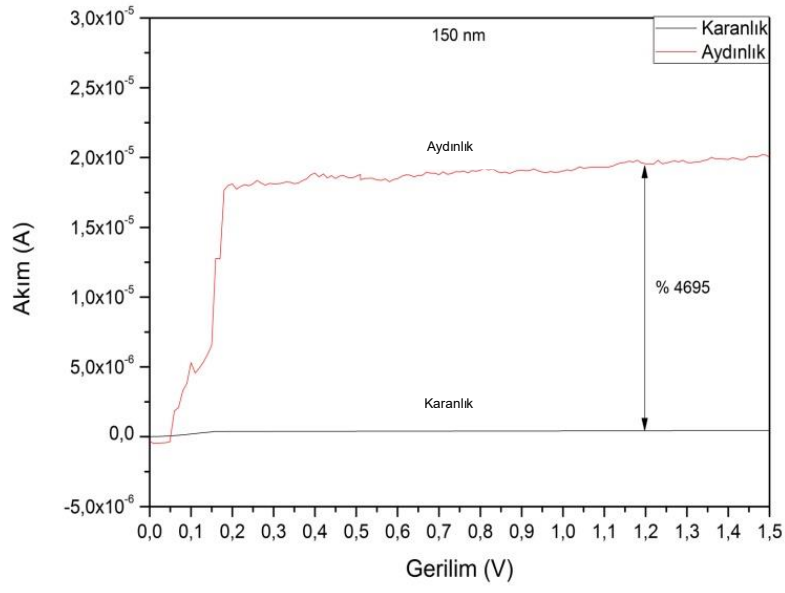
elektronları uyarır ve koparır. Yörüngeden kopan elektronların kinetik enerjileri bir kütle spektrometresi yardımıyla ölçülerek elektronların bağlanma enerjileri bulunur. Bu enerjiler elementlere özeldir ve elementin bulunduğu kimyasal ortamdan küçüğe olsa etkilenirler. Bu enerjilerin ölçülmesi örnek içerisindeki elementler ve yaptıkları bağlar hakkında bilgi verir. Bizde sentezlediğimiz örneklerde mangan elementinin varlığını ve bağ yapıp yapmadığını tespit etmek için bu yöntemi kullandık. Şekil 4.15'deki grafikler kütlece % 5 Mn katkılı örneklerin XPS analizi sonuçlarını göstermektedir. XPS analizlerini Mn katkılı ZnO nano çubuk bulunan örneklerde gerçekleştirilmiştir. Burada ki amaç katkılanan manganın yapıdaki atomik yüzdesini tespit etmektir. Yapılan analizler sonucunda manganın yapıya girdiği görülmüştür.

4.3.5. I-V Karakterizasyonu

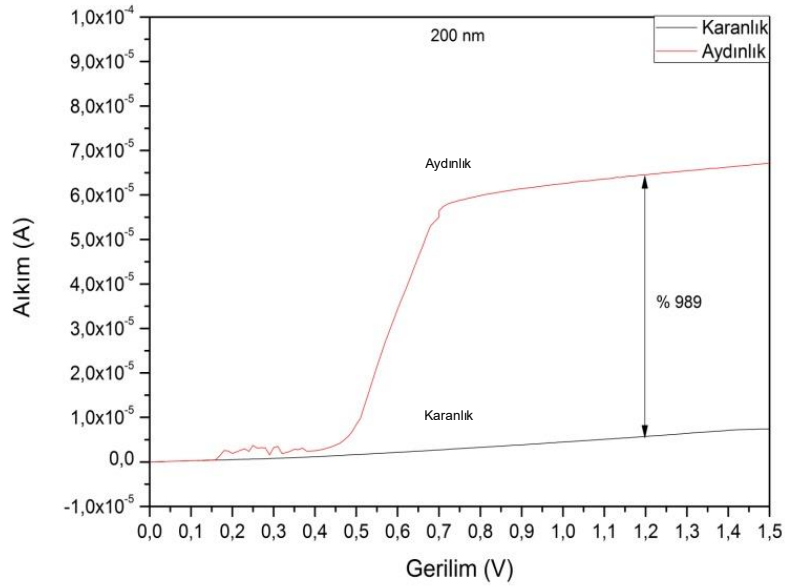
Şekil 4.16, 4.17 ve 4.18'de görülen grafikler Mn katkılanarak elde edilmiş ZnO nano çubukların akım-gerilim ölçümlerine ait veriler kullanılarak elde edilmiş grafiklerdir. Bu örneklerin ölçümleri de bir önceki örneklerdeki gibi aydınlık ve karanlık ortamlarda gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar irdelenerek, ışığın elde edilen Mn katkılı ZnO nano çubuklar üzerinde oluşan fotoakıma etkisi incelenmiştir.



Şekil 4.16. 100 nm ZnO ince film kaplı alttaş kullanılarak sentezlenen Mn/ZnO nano çubukların aydınlık karanlık ortamlarda akım gerilim ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması.



Şekil 4.17. 150 nm ZnO ince film kaplı alttaş kullanılarak sentezlenen Mn/ZnO nano çubukların aydınlık karanlık ortamlarda akım gerilim ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması.



Şekil 4.18. 200 nm ZnO ince film kaplı alttaş kullanılarak sentezlenen Mn/ZnO nano çubukların aydınlık karanlık ortamlarda akım gerilim ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması.

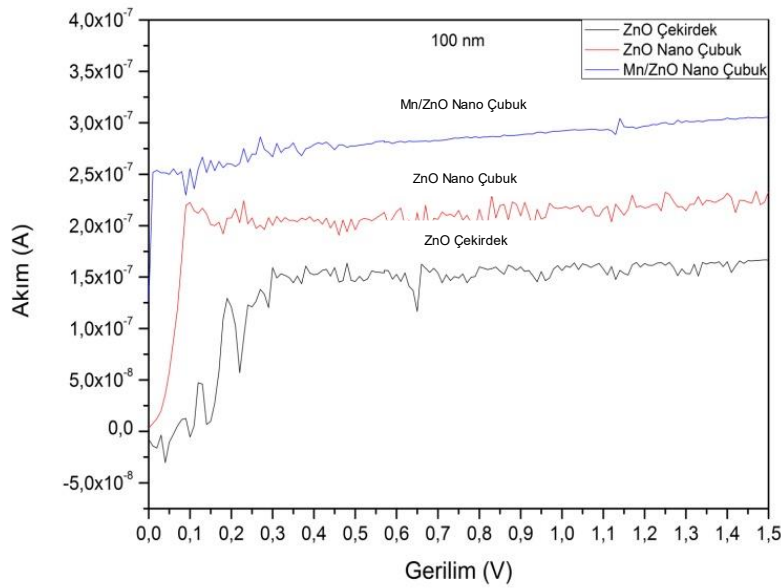
Mangan katkılı örneklerde de katkısız örneklerde olduğu gibi kaplama kalınlığı arttıkça aydınlık ve karanlık ortamlardaki akım değerlerinin arttığı bu sonuçlarla görülmüştür.

Tablo 4.3.: Mn/ZnO nano çubukların aydınlık ve karanlık ortamlarda gerçekleştirilen ölçümlerin 1.2 V gerilime karşılık akım değerleri

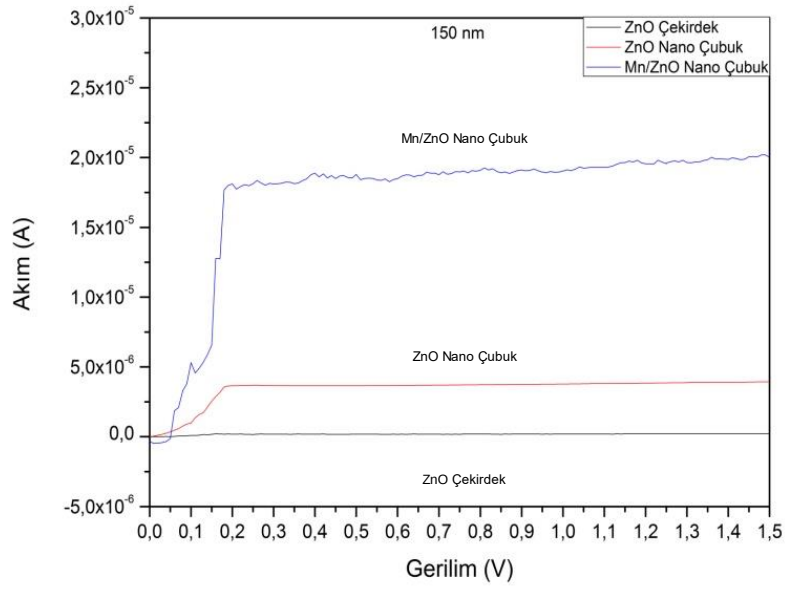
		Akım (A)		
Gerilim (V)	Ortam	100 nm	150 nm	200 nm
1,2	Aydınlık	$2,97 \times 10^{-7}$	$1,96 \times 10^{-5}$	$6,45 \times 10^{-5}$
	Karanlık	$7,21 \times 10^{-8}$	$1,23 \times 10^{-7}$	$5,75 \times 10^{-6}$

4.4. Çekirdek - ZnO Nano Çubuk - Mn/ZnO Nano Çubukların I-V Karakterizasyonu:

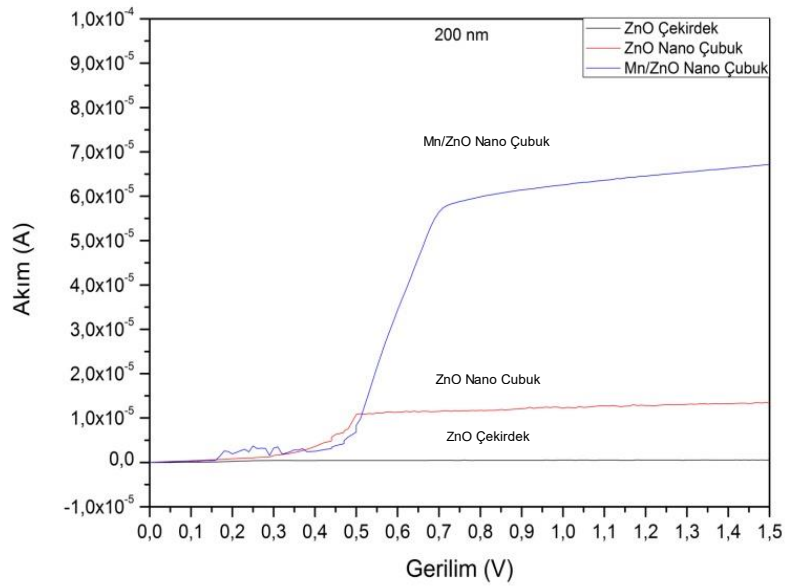
ZnO kaplı alttaşların fırınlama işlemi uygulandıktan sonra yüzeylerinde oluşan çekirdeklerin bulunduğu örneklerin akım-gerilim ölçümleri de gerçekleştirilmiştir. Son olarak aynı kalınlıkta ZnO ince film kaplı alttaşların ZnO çekirdek, ZnO nano çubuk ve Mn/ZnO nano çubuk örneklerinin aydınlık ortamlarda elde edilen akım değerlerini karşılaştırmak üzere aşağıda bulunan grafikler çizdirilmiştir.



Şekil 4.19. 100 nm ZnO ince film kaplı alttaş kullanılarak sentezlenen ZnO nano çekirdeklerin, ZnO nano çubukların ve Mn/ZnO nano çubukların fotoakım değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil 4.20. 150 nm ZnO ince film kaplı alttaş kullanılarak sentezlenen ZnO nano çekirdeklerin, ZnO nano çubukların ve Mn/ZnO nano çubukların fotoakım değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil 4.21. 200 nm ZnO ince film kaplı alttaş kullanılarak sentezlenen ZnO nano çekirdeklerin, ZnO nano çubukların ve Mn/ZnO nano çubukların fotoakım değerlerinin karşılaştırılması.

Literatüre bakıldığında yapılan Mn katkılı ZnO ile ilgili çalışmalarda Mn katkısının %5 olduğu örneklerde yasak enerji aralığının küçüldüğü görülmüştür [6]. Buna bağlı olarak aynı parametrelerle sentezlediğimiz katkısız ve Mn katkılı ZnO nano

ubukların aydınlık ortamda karşılaştırılmaları yapıldığında katkılanmış örneklere ait fotoakım değerlerinin artması beklenen bir sonuçtur.



5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu tez üstün özelliklere sahip yarıiletken malzeme olan ZnO'nun nano çubuk yapısının fotovoltaiik uygulamalarda kullanılabilir olduğunu ve nano çubukların boyutlarının ve ZnO'nun geçiş metali ile katkılanmasının elektro-optik özelliklerini nasıl etkileyeceğini gözlemlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Sentezleme yöntemi olarak hidrotermal yöntemin seçilmesinin sebebi düşük maliyetlerde ve kısa sürelerde amaca uygun nano çubukların elde edilmek istenmesidir.

Başlangıçta sabit kalınlıkta ZnO ince filme sahip Si(100) attaşlar kullanılarak yapılan çalışma sonrasında iyileştirmeye yönelik farklı kalınlıklarda denemeler yapılmış ve üç farklı kalınlıkta çalışmalara devam edilmesine karar verilmiştir. Buna bağlı olarak deneyler, yüzeyleri 100, 150 ve 200 nm kalınlıklarında ZnO ince film kaplanmış Si (100) altaşlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kullanılan yöntem ile istenilen ZnO nano çubukları elde etmek için, yönteme ait parametrelerin optimizasyonları gerçekleştirilmiştir. İlk olarak ZnO nano çubukların yüzey üzerinde büyümelerini başlatacak ve yüzeydeki yoğunluklarını kontrol etmek için fırınlama işlemi gerçekleştirilerek altaş yüzeyinde çekirdeklerin oluşması sağlanmıştır. Bu işlem 350 ve 400 °C'de 10 dakikalık sürelerde gerçekleştirilmiştir. 400 °C'de gerçekleştirilen fırınlama işlemi sonrasında yüzeyde yoğun şekilde çekirdekler oluşmuş bu yüzden nano çubuk yapıları yerine filme yakın bir yapı oluşmuştur. 350 °C'de fırınlama işlemi gerçekleştirilmiş altaşlar kullanılarak yapılan deneyler sonucunda ZnO nano çubuk yapıların oluştuğu görülmüş ve fırınlama parametresi olarak bu sıcaklık tercih edilmiştir. Sentezlenecek nano çubukların yüzeydeki yoğunluğunun ve homojenliğinin çekirdeklere bağlı olduğu bilindiğinden fırınlama sıcaklığı optimize edilirken bu durumlar dikkate alınmıştır.

Farklı molaritelerde çözeltiler kullanılarak yapılan çalışmalarda molarite değerinin artmasının ZnO nano çubuk yapılarının boyutlarını etkilediği görülmüştür [45]. Bu çalışmada 0.10 ve 0.05 M 'ye sahip çözeltiler kullanılmış ve ZnO nano çubukların yapısına etkisi incelenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen ZnO nano çubukların molarite değerinin artmasıyla yapılarında bozulmalar olduğu görülmüştür. Bu yüzden deneylerde 0.05 M'lık çözelti tercih edilmiştir.

ZnO nano çubukları sentezlemek için kullandığımız sistemde iki önemli parametre olduğu bilinmektedir. Bu parametrelerin optimizasyonlarını yapmak için deneyler farklı sıcaklıklarda ve farklı sürelerde tekrar edilmiştir. Deney sıcaklığı olarak literatürdeki çalışmalar göz önüne alınarak 70 ile 90°C arasındaki sıcaklıklarda deneyler gerçekleştirilmiş [54]. 70 ve 80 °C sıcaklıklarda yapılan deneyler sonucunda istenilen düzgün nano çubuk yapılarının oluşmadığı, 90 °C'ye çıkıldığında yapıların oluştuğu görülmüştür (Şekil 4.3).

Deney sıcaklığı belirlendikten sonra deney süresinin nano çubukların boyutlarına ve yapısına nasıl etki ettiğine bakılmıştır. Yapılan çalışmalara bakıldığında sürenin boyutu etkilediği görülmüştür [55]. Bu durum göz önüne alınarak 2, 4, 6 ve 8 saatlik sürelerde gerçekleştirilen deneylerde en iyi ZnO nano çubuk yapılarının 4 saatlik sürelerde oluştuğu tespit edilmiştir (Şekil 4.4).

Yapılan optimizasyonlar sonucunda kullandığımız sistem ile ZnO nano çubukların sentezlenmesinde uygun optimum koşulların aşağıdaki gibi olduğu tespit edilmiştir;

- Fırınlama sıcaklığı: 350 °C
- Çözelti molaritesi: 0,05 M
- Reaksiyon sıcaklığı: 90 °C
- Deney süresi: 4 saat

Farklı kalınlıklarda ZnO ince film ile kaplanmış alttaşlar kullanılarak belirlenen optimum koşullarda gerçekleştirilen deneyler sonucunda farklı boyutlarda nano çubuklar elde edilmiştir. XRD analizleri sonucunda üç örnekte de nano çubukların farklı yönelimler tercih ettiği düzensiz bir topluluk oluşturduğu anlaşılmıştır. ZnO nano çubukların boylarında, kaplanmış ince filmlerin kalınlığı arttıkça dalgalanma, aynı nano çubuklara bakıldığında çaplarında da küçülme olduğu görülmüştür. Çap/boy oranlarının ise azaldığı tespit edilmiştir. Bu örneklerin aydınlık ve karanlık ortamlarda akım gerilim ölçümleri gerçekleştirilmiş ve nano çubukların çap/boy oranının azalmasıyla uygulanan gerilime karşılık karanlık ortamdaki akım değerlerinde ve aydınlık ortamdaki fotoakım değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir. Fotoakım verimliliğine bakıldığında bir dalgalanmanın olduğu aşıkardır. Bunun sebebinin sentezlenen ZnO nano çubukların yüzey üzerindeki yoğunluğunun farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Mangan katkılama işlemi için mangan klorür kullanılmıştır. Kütlece %5 oranında mangan klorür kullanılarak çözeltiler hazırlanmıştır. Yine katkısız ZnO nano çubuk sentezinde kullanılan parametreler kullanılarak Mn/ZnO nano çubuk yapıları sentezlenmiştir. Yapılan XRD analizlerinde önceki yapılarda da olduğu gibi Mn/ZnO nano çubuklarına ait kristalitlerin farklı yönelimleri tercih ettiği görülmüştür. Yine XRD analizleri sonucunda Mn katkılı nano çubukların XRD deseninde bulunan ZnO'ya ait [002] pikinde kayma olduğu görülmüştür. Bu sonucun Mn'in yapıya girmesiyle gerçekleştiği bilinmektedir [56]. Bu gözlem sadece 200 nm'lik kaplama bulunan alttaşlar kullanılarak sentezlenen örnekler karşılaştırıldığında yapılabilmektedir. Diğer örneklerde kaymalar net olarak gözlenememiş bu yüzden EDS ve XPS analizleri gerçekleştirilmiştir. Mn/ZnO nano çubukların EDS analizleri sonucunda manganın yapıda bulunup bulunmadığı anlaşılamamıştır. Bu yüzden aynı örneklerin XPS analizleri gerçekleştirilmiş ve yapıda bulunan manganın atomik % oranları tespit edilmiştir. Bu sonuçlar ile manganın istenildiği gibi yapıya girdiği görülmüştür.

Mn/ZnO nano çubukların akım gerilim ölçümleri dört nokta tekniği kullanılarak aydınlık ve karanlık ortamlarda gerçekleştirilmiş, katkısız ZnO nano çubukların akım değerleriyle karşılaştırıldığında katkılamanın etkisiyle fotoakım değerlerinin arttığı tespit edilmiştir.

Yüzeyinde ZnO çekirdek bulunan, ZnO nano çubuk bulunan ve Mn/ZnO nano çubuk bulunan örneklerin aydınlık ortamdaki fotoakım değerleri karşılaştırıldığında boyutlardaki değişimler ve katkılama sonucunda fotoakım değerlerinde artış olduğu gözlenmiştir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4.: ZnO çekirdek-ZnO nano çubuk-Mn/ZnO nano çubukların 1.2 V gerilime karşılık fotoakım değerleri.

		Fotoakım (A)		
Gerilim (V)	Nano Yapı	100 nm	150 nm	200 nm
1,2	ZnO Çekirdek	$1,62 \times 10^{-7}$	$2,41 \times 10^{-7}$	$5,18 \times 10^{-7}$
	ZnO Nano Çubuk	$2,18 \times 10^{-7}$	$3,85 \times 10^{-6}$	$1,28 \times 10^{-5}$
	Mn/ZnO Nano Çubuk	$2,97 \times 10^{-7}$	$1,96 \times 10^{-5}$	$6,45 \times 10^{-5}$

Literatüre bakıldığında kütlece %5 oranına kadar katkılama yapıldığında yapının bant genişliği azaldığını gösteren çalışma bizim elde ettiğimiz bu sonucu destekler niteliktedir [6].

Bu tez kapsamında, literatürde bir çok farklı yöntem ile sentezlenen nano çubuk yapıları, laboratuvarımızda tasarlanmış olan hidrotermal sentez sistemi kullanarak üretilmiştir. Farklı boyutlarda ZnO nano çubuklar ve Mn/ZnO nano çubuklar sentezlenerek, tezin amacına uygun olarak ZnO nano çubukların boyutlarının ve yapıya Mn katkılamanın elektro-optik özelliklere etkisi incelenmiştir. ZnO nano çubuklarda çap/boy oranındaki azalış ve yapıya Mn katkılanmasıyla iletkenliğin arttığı görülmüştür .

Bu çalışma farklı geçiş metalleri kullanılarak devam ettirilebilir ve farklı geçiş metalleri ile katkılanan ZnO nano çubukların akım değerlerindeki değişimler karşılaştırılarak fotovoltaik uygulamalarda kullanılabilecek daha verimli ZnO nano çubuklar elde edilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Varınca, K.B., Gönüllü, M., T., Türkiye’de Günes Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Arastırma, I.Ulusal Günes ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, 21-23 Haziran, Eskişehir, **2006**.
- [2] Cengiz, M.S., Mamiş, M., S., Termal Güneş Enerjisi Kullanımı ve CSP Sistemlerin Verimlilik Analizi, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 5(1), 1-13, **2016**.
- [3] Mohammad, V., Umar A., Hahn, Y., ZnO Nanoparticles: Growth, Properties and Applications, *ResearchGate*, Chapter 4, 1-36, **2010**.
- [4] Gencyılmaz, O., Atay, F., Akyuz, I., Structural, Optical, Electrical and Surface Properties of Co-doped ZnO Films Prepared by Spray Pyrolysis, *AIP Conf. Proc.*, 1476, 221-226, **2012**.
- [5] Dar, T. A., Agrawal, A., Misra, P., Kukreja, L. M., Sen, P. K., Sen, P., Valence and conduction band offset measurements in Ni_{0.07}Zn_{0.93}O/ZnO heterostructure, *Current Applied Physics*, 14, 171-175, **2014**.
- [6] Venkataprasad Bhat, S., Deepak, F. L., Tuning the bandgap of ZnO by substitution with Mn₂C, Co₂C and Ni₂C, *Solid State Communications*, 135, 345-347, **2005**.
- [7] Kinetik enerji, https://tr.wikipedia.org/wiki/Kinetik_enerji (**Ocak 2017**).
- [8] Aracı, F., Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Termal Enerji Kaynaklarından Yararlanma, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, **2013**.
- [9] Özdemir, E., Bağır, H., E., Güneş Enerjisinden Elektrik Üretiminde Ülkemizde ve AB Ülkelerinde Verilen Teşvikler, http://laboratuar.kocaeli.edu.tr/gucelektronik/sci/gucelektronik20.11.2013_23.08.46sci.pdf (**Aralık, 2016**).
- [10] Öztürk, H., Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Birsan Yayınevi, **2013**.
- [11] Yenilenebilir enerji Kaynaklarının Gelişim Süreci, <http://www.yenilenebilirenerji.org/yenilenebilir-enerji-kaynaklarinin-gelisim-sureci/> (**Aralık, 2016**).
- [12] Kılıç, F.Ç., Güneş Enerjisi, Türkiye’deki Son Durumu ve Üretim Teknolojileri, *Mühendis ve Makina*, cilt 56, sayı 67, 28-40, **2015**.
- [13] Deveci, M., Fotovoltaik Uygulamalar İçin ZnO Nanotel Sentezi ve Elektrooptik Özelliklerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2016**.

- [14] Kayır, Y., Z., Baççıl, E., G., Nanoteknoloji Nedir ?, 15. Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi, 11-13 Kasım, İstanbul, **2010**.
- [15] Gümrükçü, A. E., Silisyum Nanotel Dizileri Üzerine Büyütülen Ge Nanoparçacık Katkılı ZnO Heteroeklem Güneş Gözelerinin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2016**.
- [16] Spanggaard, H., Krebs, F., A brief history of the development of organic and polymeric photovoltaics, *Solar Energy Materials & Solar Energy*, 83, 125-146, **2004**.
- [17] King R. R., Boca A., Hong W., Liu X.-Q., Bhusari D., Larrabee D., Edmondson K. M., Law D. C., Fetzer C. M., Mesropian S., Karam N. H., in 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference (Hamburg, Germany), 55–61, **2009**.
- [18] Kahraman, S., ZnO Yarıiletken Yapıların Üretilmesi Ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, **2010**.
- [19] Metinyurt, D., Salisilik Asit İle Yüzey Modifikasyonu Yapılmış TiO₂ Fotokatalizörü Kullanılarak 4-Nitrofenolün Heterojen Fotokatalitik Degradasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, **2011**.
- [20] Pearton, S.J., Norton, D.P., Ip, K., Heo, Y.W., Steiner, T., Recent progress in processing and properties of ZnO, *Progress in Material Science*, 50, 293-340, **2005**.
- [21] Snoek, J.L., Non-metallic Magnetic Material for High Frequency, *Philips Technical Review*, 8, 353-360, **1946**.
- [22] Brown, H., Zinc Oxide Rediscovered, The New Jersey Zinc Company, New York, **1957**.
- [23] Türkyılmaz, Ş.Ş., Metal Katkılı ZnO Esaslı Nanofotokatalizörlerin Geliştirilmesi ve Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, **2016**.
- [24] Yi, G.C., Wang, C., Park, W.I., ZnO nanorods: synthesis, characterization and applications, *Semiconductor Science and Technology*, 20, 22-34, **2005**.
- [25] Wang, Z.L., Nanostructures of zinc oxide, *Materialstoday*, 7, 26-33, **2004**.
- [26] Özgür, Ü., Alivov, Y. I., Liu, C., Teke, A., Reshchikov, M. A., Doğan, S., Avrutin, V., Cho, S.-J., Morkoç, H., A comprehensive review of ZnO materials and devices, *Applied Physics*, 98, 041301, **2005**.

- [27] Steiner, T., Nanostructures for Optoelectronic Applications, *Artech House Inc.*, London, **2004**.
- [28] Kolodziejczak-Radzimska, A., Jesionowski, T., Zinc Oxide—From Synthesis to Application: A Review, *Materials*, 7, 2833-2881, **2014**.
- [29] Ao, W., Li, J., Yang, H., Zeng, X., Ma, X., Mechanochemical synthesis of zinc oxide nanocrystalline, *Powder Technol*, 168, 128–151, **2006**.
- [30] Jia, W., Dang, S., Liu, H., Zhang, Z., Yu, Ch., Liu, X., Xu, B., Evidence of the formation mechanism of ZnO in aqueous solution, *Mater. Lett.*, 82, 99–101, **2012**.
- [31] Benhebal, H., Chaib, M., Salomon, T., Geens, J., Leonard, A., Lambert, S.D., Crine, M., Heinrichs, B., Photocatalytic degradation of phenol and benzoic acid using zinc oxide powders prepared by sol-gel process, *Alex. Eng. J.*, 52, 517–523, **2013**.
- [32] Chen, S.J., Li, L.H., Chen, X.T., Xue, Z., Hong, J.M., You, X.Z., Preparation and characterization of nanocrystalline zinc oxide by a novel solvothermal oxidation route, *J. Cryst. Growth*, 252, 184–189, **2003**.
- [33] Vorobyova, S.A., Lesnikovich, A.I., Mushinski, V.V., Interphase synthesis and characterization of zinc oxide, *Mater. Lett.*, 58, 863–866, **2004**.
- [34] Lu, C.H., Yeh, C.H., Emulsion precipitation of submicron zinc oxide powder, *Mater. Lett.*, 33, 129–132, **1997**.
- [35] Li, X., He, G., Xiao, G., Liu, H., Wang, M. Synthesis and morphology control of ZnO nanostructures in microemulsions, *J. Colloid Interface Sci.*, 333, 465–473, **2009**.
- [36] Ay, B., Dikarboksilik Asit Grupları İçeren Geçiş Metal Komplekslerinin Hidrotermal Sentezi, UV Etkileşimlerinin ve Katalitik Aktivitelerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, **2011**.
- [37] Laudise, R.A., The Growth of Single Crystals, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 6: 261-265, **1970**.
- [38] Rabenau, A., The Role Hydrothermal Synthesis in Preparative Chemistry, *Angew. Chem. Int. Eng. Ed.*, 24: 1026-1040, **1985**.
- [39] Yoshimura, M., Suda, H., Hydrothermal Processing of Hydroxyapatite: Past, Present and Future, in: Hydroxyapatite and Related Materials, *P.W. Brown and B. Constanz, eds.*, CRC Press, 45-72, **1994**.
- [40] Byrappa, K., Yoshimura, M., Handbook of Hydrothermal Technology, A Technology for Crystal Growth and Materials Processing, *Noyes*, New Jersey, 502s, **2001**.

- [41] Gültekin, D., Kayış, F., Akbulut, H., Hidrotermal Yöntem ile ZnO Nanoçubuk Üretimi, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3, 1, 2148-2330, **2016**.
- [42] Magnetron Sputtering Technology, http://www.directvacuum.com/pdf/what_is_sputtering.pdf (**Aralık 2016**).
- [43] Djurišić, A.B., Chen, X.Y., Lung, Y.H., Recent progress in hydrothermal synthesis of zinc oxide nanomaterials., *Recent Pat. Nanotechnol.*, 6, 124–134, **2012**.
- [44] Tsuzuki, T., Dawkins, H., Dunlop, J., Trotter, G., Nearn, M., McCormick, P.G., Nanotechnology and cosmetic chemist, *Cosmet. Aerosol Toilet. Aust.*, 15, 10–24, **2002**.
- [45] Polsongkram, D., Chamninok, P., Pukird, S., Chow, L., Lupan, O., Chai, G., Khallaf, H., Park, S., Schulte, A., Effect of synthesis conditions on the growth of ZnO nanorods via hydrothermal method, *Physica B*, 403, 3713-3717, **2008**.
- [46] Chen, L.J., Chuang, Y.J., Hydrothermal synthesis and characterization of hexagonal zinc oxide nanorods with a hexamethylenetetramine (HMTA) template-assisted at a low temperature, *Materials Letters*, 68, 460-462, **2012**.
- [47] Amin, G., ZnO and CuO Nanostructures: Low Temperature Growth, Characterization, their Optoelectronic and Sensing Applications, Linköpings Üniversitesi, İsveç, **2012**.
- [48] J. Goldstein, Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis, *Springer*, **2003**.
- [49] Taramalı elektron mikroskobu, <http://www.eng-atoms.msm.cam.ac.uk/RoyalSocDemos/SEM> (**Aralık 2016**).
- [50] Taramalı elektron mikroskobu, <http://merlab.metu.edu.tr/taramal%C4%B1-elektron-mikroskopi-okulu> (**Ocak 2017**)
- [51] Uslu, İ., X-Işını Fotoelektron Spektroskopisi (XPS) ile Yüzey Analizi, https://www.academia.edu/1748531/XI%C5%9F%C4%B1n%C4%B1_Fotoelektron_Spektroskopisi_XPS_ile_Y%C3%BCzey_Analizi (**Aralık 2016**).
- [52] Using X-Ray Photoelectron Spectroscopy to Characterize Low-Emissivity Glass Coatings, <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=12286>, (**Ocak 2017**)
- [53] Lui, S.-Y., Chen, T., Wan, J., Ru, G.-P., Li, B.-Z., Qu, X.-P., The effect of pre-annealing of sputtered ZnO seed layers on growth of ZnO nanorods through a hydrothermal method, *Applied Physics A*, 94, 775-780, **2009**.

- [54] Meen, T.H., Water, W., Chen, Y.S., Chen, W.R., Ji L.W., Huang, C.J., Growth Of ZnO Nanorods by Hydrothermal Method Under Different Temperatures, *IEEE*, 617-620, **2007**.
- [55] Li, Q., Bian, J., Sun, J., Wang, J., Luo, Y., Sun, K., Yu, D., Controllable growth of well-aligned ZnO nanorod arrays by low-temperature wet chemical bath deposition method, *Applied Surface Science*, 256, 1698-1702, **2010**.
- [56] Panda, J., Sasmal, I., Nath, T.K., Magnetic and Optical Properties of Mn-Doped ZnO Vertically Aligned Nanorods Synthesized by Hydrothermal Technique, *AIP Advances*, 6, 2158-3226, **2016**.



ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Ahmet Serhat Dinçer

Doğum Yeri : Samsun

Medeni Hali : Bekar

E-Posta : serhat.dincer@hacettepe.edu.tr

Adresi : Aşağı Öveçler Mahallesi 1293. Sokak 7/17 Çankaya/Ankara

Eğitim

Lise : Samsun Atatürk Anadolu Lisesi 2002-2006

Lisans : Hacettepe Üniversitesi Fizik Müh. 2007-2014

Y. Lisans : Hacettepe Üniversitesi Nanoteknoloji ve Nanotıp Anabilim Dalı 2014-2017

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce (iyi)

İş Deneyimi

Servis Mühendisi - UNAM/Bilkent 2015-2016

Deneyim Alanları

Nanomalzeme Sentez ve Karakterizasyonu

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

Bu çalışma 2210-C Öncelikli Alanlara Yönelik Yurt İçi Yüksek Lisans Burs Programı kapsamında TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

Ahmet Serhat DİNÇER, Mehmet Burak KAYNAR, Abdullah CEYLAN ve Şadan ÖZCAN, Synthesis and I-V Characterization of ZnO Nanorod, Türk Fizik Derneği 32. Uluslararası Fizik Kongresi, 2016 (Sözlü Sunum)

Ahmet Serhat DİNÇER, Mehmet Burak KAYNAR, İbrahim YAVUZ, Telem ŞİMŞEK, Abdullah CEYLAN, Şadan ÖZCAN, ZnO Nano Çubukların Hidrotermal Yöntem ile Sentezlenmesi ve Elektrooptik Özelliklerinin İncelenmesi, 22.Yoğun Madde Fiziği Ankara Toplantısı, 2016 (Poster Sunumu)





HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
NANOTEKNOLOJİ VE NANOTİP ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 14/02/2017

Tez Başlığı / Konusu: Geçiş Metalleri İle Katkılanmış ZnO Nano Çubuk Sentezi Ve I-V Karakterizasyonu

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 60 sayfalık kısmına ilişkin, 13/02/2017 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 2 'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/dâhil
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

14/02/2017

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Ahmet Serhat DİNÇER
Öğrenci No: N14120946
Anabilim Dalı: Nanoteknoloji ve Nanotip
Programı: Yüksek Lisans
Statüsü: ☒ Y.Lisans ☐ Doktora ☐ Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

Doç. Dr. Abdülhak CEYCAN
(Unvan, Ad Soyad, İmza)