T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ İÇİN $CuCoMnO_x$ SEÇİCİ SOĞURUCU KATMAN HAZIRLANMASI VE KARAKTERİZASYONU

Ömer EMİR

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI ANA BİLİMDALI

ŞANLIURFA
2023

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET……..…….. i
ABSTRACT…….…… ii
TEŞEKKÜR……..…... iii
ŞEKİLLER DİZİNİ……..……..……..…….. iv
ÇİZELGELER DİZİNİ…..…… ..…...……..... v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ…… vi
1.GİRİŞ…… 1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR…… 2
2.1. Soğurucu Katmanlar…… 3
2.2. Seçici Soğurucu Katmanlar……... 3
2.3. Spektral Seçicilik Mekanizması…… 5
2.4. Seçici Soğurucu Katman Kaplama……...……10
2.4.1. CuCoMnOx katman özellikleri……...…….. 11
2.5. Nanoçubuk Özellikleri……..…….. 12
2.5.1. ZnO katman ile nanoçubuk elde edilmesi…….. 12
2.6. Sol-gel Yöntemi ve Oluşan Yapılar……..……... 13
3.MATERYAL ve YÖNTEM…… 15
3.1. Materyal…….. 15
3.1.1. Kullanılan cihazlar…….. 15
3.1.2. CuCoMn çözeltisinin hazırlanması…… 20
3.1.3. ZnO çözeltisinin hazırlanması……..… 23
3.1.4. Metal altlıkların temizlenmesi ve hazırlanması……..…. 23
3.2. Yöntem……..... 24
3.2.1. Metal üzerine sol-jel daldırma yöntemiyle (dip coating) ZnO kaplanması…… 24
3.2.2. Metal üzerine sol-jel daldırma yöntemiyle (dip coating) CuCoMnOx kaplanması……..… 25
3.2.3. Kül fırın ile tavlama yapılması……..….... 25
3.2.4. Elde edilen kaplama örneklerinin test için hazırlanması…….. 25
4.ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA…… 27
4.1. Giriş…… 27
4.2. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış Bakır Levhanın Karakterizasyonu……..... 27
4.2.1. Sadece ZnO kaplanan bakır levhanın karakterizasyonu…….. 28
4.2.2. Sadece CuCoMnOx kaplanan bakır levhanın karakterizasyonu…….. 30
4.2.3. ZnO nanoçubuk ve CuCoMnOx kaplanan bakır levhanın karakterizasyonu…….. 34
4.3. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış Alüminyum Levhanın Karakterizasyonu……. 38
4.3.1. Sadece ZnO kaplanan alüminyum levhanın karakterizasyonu……..... 39
4.3.2. Sadece CuCoMnOx kaplanan alüminyum levhanın karakterizasyonu……...…. 41
4.3.3. ZnO nanoçubuk ve CuCoMnOx kaplanmış alüminyum levhanın karakterizasyonu…….. 44
4.4. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış Galvaniz Levhanın Karakterizasyonu…….. 47
4.4.1. Sadece ZnO kaplanan bakır levhanın karakterizasyonu…….. 48
4.4.2. Sadece CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın karakterizasyonu…… 50
4.4.3. ZnO nanoçubuk ve CuCoMnOx kaplanmış galvaniz levhanın karakterizasyonu……... 53
5.SONUÇLAR ve ÖNERİLER…….. 58
5.1. Sonuçlar…… 58
5.2. Öneriler…….. 59
KAYNAKLAR……..…… 60
ÖZGEÇMİŞ……... 63

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ İÇİN $CuCoMnO_x$ SEÇİCİ SOĞURUCU KATMAN HAZIRLANMASI VE KARAKTERİZASYONU

Ömer EMİR

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yenilenebilir Enerji Kaynakları Anabilim Dalı (Disiplinler Arası)

Danışman: Prof. Dr. Ferhat ASLAN
Yıl :2023, Sayfa:63

Bu tez çalışmasında güneş kollektörleri için absorpsiyon verimini artırmak amacıyla üç farklı metal olan galvaniz, bakır ve alüminyum levhaların üzerine, ZnO nanoçubuk ve CuCoMnOx seçici soğurucu katman uygulaması yapılmıştır. ZnO nanoçubuğu ZnCl çözeltisiyle elde edilmiş olup ZnO ve CuCoMnOx katmanları sol-jel daldırma tekniğiyle metal levhalar üzerine kaplanmıştır. ZnO kaplaması tüm metal levhalarda 450 ^{0}C sıcaklıkta ve CuCoMnOx kaplaması 370 ^{0}C sıcaklıkta uygulanmıştır. Alüminyum 510 ^{0}C'de kül fırında tavlanmış olup, tavlama işleminde metalde ve kaplamada korozyon oluştuğu için bakır ve galvaniz levhalar tavlanmamıştır. ZnCl çözeltisi 2:1 molar oranda ve CuCoMn çözeltisi 3:1:3 molar oranda hazırlanmıştır. ZnO ve CuCoMnOx filmlerin yapısal, morfolojik ve optik özellikleri XRD, SEM, EDX ve Uv-Vis ölçümleriyle incelenmiştir. XRD ölçümlerine göre tavlanan örneklerde CuCoMnOx kristalleşmiş, tavlanmayan örneklerde ise bu kristalleşme gerçekleşmemiştir. Uv-Vis ölçümlerine göre üç metalde de ZnO nanoçubuk uygulaması reflektansı düşürerek absorpsiyon oranını arttırmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: CuCoMnOx, ZnO, nanoçubuk, sol-jel

ABSTRACT

MSc Thesis

PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF CuCoMnOx SELECTIVE ABSORBENT LAYER FOR SOLAR COLLECTORS

Ömer Emir

Harran Unıversıty
Instıtute Of Scıences
Department of Renewable Energy Resources (Interdisciplinary)

Advisor: Prof. Dr. Ferhat ASLAN
Year: 2023, Page:63

In this thesis study, ZnO nanorod and CuCoMnOx selective absorber layer were applied on three different metals, galvanized, copper and aluminum sheets, in order to increase the absorption efficiency for solar collectors. ZnO nanorod was obtained with ZnCl solution and ZnO and CuCoMnOx layers were coated on metal sheets by sol gel dipping technique. ZnO coating was applied on all metal sheets at 450 ^{0}C and CuCoMnOx coating was applied at 370 ^{0}C. Aluminum is annealed in an ash furnace at 510 ^{0}C, and copper and galvanized sheets are not annealed because corrosion occurs on the metal and coating during the annealing process. The ZnCl solution was prepared in a 2:1 molar ratio and the CuCoMn solution in a 3:1:3 molar ratio. Structural, morphological and optical properties of ZnO and CuCoMnOx films were investigated by XRD, SEM, EDX and Uv-Vis measurements. According to XRD measurements, CuCoMnOx crystallized in the annealed samples, but this crystallization did not occur in the unannealed samples. According to Uv-Vis measurements, ZnO nanorod application in three metals decreased the reflectance and increased the absorption rate.

KEYWORDS: CuCoMnOx, ZnO, nanorod, sol-gel

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamın gerçekleşmesi sürecinde, lisans ve yüksek lisans eğitim dönemimde her zaman ilgisini esirgemeyen, her daim öğretim üyesinden çok daha fazlasını vererek öğrencilerine rehber olan sayın hocam Prof. Dr. Ferhat ASLAN'a minnettarlığımı sunarak teşekkür ederim. Ayrıca tez sürecinde tüm deneysel çalışmalarımda çok değerli vaktini ayırarak, özverili bir şekilde her daim yardımcı olan sayın Öğr. Gör. Ferit ARSLAN hocama, Harran Üniversitesindeki tüm hocalarıma, bugüne kadar maddi manevi her daim yanımda olan eşim Zeynep ÇİLEK EMİR'e, motivasyon kaynağım olan kızım Enise EMİR'e, aileme ve emeği geçen herkese teşekkür eder saygılarımı sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Kolektör yapısı…… 5
Şekil 2.2. Spektral parlaklık ……...…… 6
Şekil 2.3. Spektral yoğunluk ……..…… 7
Şekil 2.4. Yansıtıcılık ve parlaklık…….... 8
Şekil 2.5. Farklı sol jel yöntemleriyle elde edilen ürünlerin şematik gösterimi …… 14
Şekil 3.1. Uygun ebatta hazırlanmış Al, Cu ve galvaniz altlıklar……..…. 15
Şekil 3.2. PLT-HT marka dip coater cihazı……..…... 16
Şekil 3.3. Wisetherm marka kül tavlama fırını……..…… 17
Şekil 3.4. UV-3600 Plus model UV-VIS-NIR spektrometresi ……..…….. 18
Şekil 3.5. X-ışını kırınımı cihazı ……..... 19
Şekil 3.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)……... 20
Şekil 3.7. CuCoMnOx çözeltisinin hazırlanış şematiği…….. 22
Şekil 3.8. Sırasıyla hazırlanan Cu,Co,Mn ve CuCoMn çözeltileri…… 22
Şekil 3.9. ZnCl çözeltisi hazırlama şematiği…….. 23
Şekil 3.10. Ultrasonik banyo ile altlıkların temizlenmesi……... 24
Şekil 4.1. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış bakır levha…….. 28
Şekil 4.2. Sadece ZnO kaplanmış bakır levhanın XRD grafiği…….. 29
Şekil 4.3. Sadece ZnO kaplanmış bakır levhanın EDX grafiği…….. 29
Şekil 4.4. Sadece ZnO kaplanmış bakır levhanın SEM görüntüsü…… 30
Şekil 4.5. CuCoMnOx kaplanmış bakır levhanın EDX spektrumu…… 31
Şekil 4.6. CuCoMnOx kaplanmış bakır levhanın XRD grafiği…… 32
Şekil 4.7. CuCoMnOx kaplanmış bakır altlığın SEM görüntüsü……... 33
Şekil 4.8. CuCoMnOx kaplanmış bakır levhanın Uv-Vıs grafiği…….. 34
Şekil 4.9. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış bakır levhanın XRD grafiği…… 35
Şekil 4.10. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış bakır levhanın EDX grafiği……... 36
Şekil 4.11. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış bakır levhanın SEM görüntüsü…….. 37
Şekil 4.12. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış bakır levhanın Uv-Vis yansıma grafiği…… 38
Şekil 4.13. ZnO ve CuCoMnOx seçici soğurucu yüzey kaplaması yapılmış Al altlık……... 39
Şekil 4.14. Sadece ZnO kaplanmış ve tavlanmış Al levhaya ait XRD grafiği…… 39
Şekil 4.15. Sadece ZnO kaplanmış ve tavlanmış Al levhaya ait EDX grafiği……..... 40
Şekil 4.16. Sadece ZnO kaplanmış ve tavlanmış Al levhaya ait SEM görüntüsü…….. 41
Şekil 4.17. Sadece CuCoMnOx kaplanmış ve tavlanmış Al levhaya ait XRD grafiği……... 42
Şekil 4.18. Sadece CuCoMnOx kaplanmış Alüminyum levhanın SEM görüntüsü…… 43
Şekil 4.19. Sadece CuCoMnOx kaplanmış Al levhanın EDX grafiği…… 43
Şekil 4.20. Sadece CuCoMnOx kaplanmış Al levhanın Uv-Vıs grafiği…… 44
Şekil 4.21. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış Alüminyum levhanın XRD grafiği……..... 45
Şekil 4.22. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış Alüminyum levhanın SEM görüntüsü…….. 46
Şekil 4.23. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış Alüminyum levhanın Uv-Vıs grafiği…… 47
Şekil 4.24. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış galvaniz levhanın görüntüsü…….. 48
Şekil 4.25. Sadece ZnO kaplanan galvaniz levhanın EDX grafiği…… 48
Şekil 4.26. Sadece ZnO kaplanan galvaniz levhanın XRD grafiği…… 49
Şekil 4.27. Sadece ZnO kaplanan galvaniz levhanın SEM görüntüsü…… 50
Şekil 4.28. Sadece CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın EDX grafiği…… 51
Şekil 4.29. Sadece CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın SEM görüntüsü……... 52
Şekil 4.30. Sadece CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın XRD grafiği…… 53
Şekil 4.31. ZnO ve CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın EDX grafiği…… 54
Şekil 4.32. ZnO ve CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın XRD grafiği…… 54
Şekil 4.33. ZnO ve CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın SEM görüntüsü…….. 56
Şekil 4.34. ZnO ve CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın Uv-Vis grafiği…… 57

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. CuCoMn çözeltisinde kullanılan malzemelerin listesi……... 21
Çizelge 3.2. Zno çözeltisinde kullanılan malzemeler ve kimyasal formülleri…… 23
Çizelge 3.3. Test için hazırlanan metal levhaların kodları ve yapılan işlemler……... 26
Çizelge 4.1. Sadece ZnO kaplanmış bakır levhanın elementel dağılımı……. 30
Çizelge 4.2. Bakır altlık üzerindeki CuCoMnOx kaplamasının elementel dağılımı……. 31
Çizelge 4.3. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış bakır levhanın elementel dağılımı……... 36
Çizelge 4.4. Sadece ZnO kaplanmış ve tavlanmış Al levhaya ait elementel dağılımı…… 40
Çizelge 4.5. CuCoMnOx kaplanmış Alüminyum levha yüzeyinin elementel dağılımı…….. 42
Çizelge 4.6. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış Alüminyum levhanın elementel dağılımı…… 45
Çizelge 4.7. Sadece ZnO kaplanan galvaniz levhanın elementel dağılımı……. 49
Çizelge 4.8. Sadece CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın elementel dağılımı……. 51
Çizelge 4.9. ZnO ve CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın elementel dağılımı…… 55
Çizelge 5.1. Hazırlanan örneklerin reflektans ve soğurma yüzdelerinin karşılaştırılması…….. 58

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Al	Alüminyum
AR	Antireflektif
CCMO	Bakır kobalt mangan oksit
Co	Kobalt
Cu	Bakır
CVD	Kimyasal buhar biriktirme
eV	Elektrovolt
F	Formül
Fe	Demir
Ge	Germanyum
GWh	Cigawatt saat
H	Saat
HfC	hafniyum karbür
IHS	Küresel enerji piyasası araştırma kurumu
IR	Kızılötesi
K	Kelvin Derece
Km/s	hız birimi
M^2	metrekare
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Mo	Molibden
Ni	Nikel
Nm	Nanometre
O	Oksijen
^OC	Celcius derece
PV	Fotovoltaik
PVD	Fiziksel buhar biriktirme
Si	Silisyum
W	Watt
Wt	weight
Zn	Çinko
ZnO	Çinko oksit
Zr	Zirkonyum
α	Alfa-absorpsiyon
ε	epsilon-emisyon
θ	teta
μm	Mikrometre

1.GİRİŞ

Güneşten gelen enerjiden (ısı ve ışık) yararlanmak enerji verimliliği ve sürekliliği için büyük öneme sahiptir. Son on yılda petrol krizleri, savaşlar ve ülkeler arası ambargolar nedeniyle güneşten gelen enerjiden faydalanmanın oldukça büyük öneme sahip olduğu bir kez daha anlaşıldı. Hem temiz enerji olması hem de yeryüzünün çok büyük bir kısmında kolay ulaşılabilir olması nedeniyle oldukça geniş kullanım alanına sahiptir. Güneş enerjisi hem temiz enerji kaynağıdır hem de tükenmezdir. Bugüne kadar güneşin potansiyel enerjisinden faydalanmanın dört temel yolu vardır. Bunlar: foto termal dönüşüm (güneş kolektörleri, yoğunlaştırılmış güneş enerjisi vs.), fotoelektrik dönüşüm (pv hücreler), foto kataliz (arıtma sistemleri) ve foto biyolojidir (ışığın canlılar üzerindeki etkisi, fotosentez vs.). Fotoelektrik olarak faydalanmanın bazı dezavantajları vardır. Bunlar: pv panel verimleri günümüz şartlarında hala düşüktür. Yaklaşık monokristal pv panel verimi hala %20-30 aralığındadır (Yoshikawa ve ark., 2017; Altaş, 1998). Ayrıca pv panellerin verimi dış şartlardan oldukça fazla etkilenir (toz, kir, mikro kırılmalar, elektronik bileşen kayıpları vs.). Buna karşın sıradan çatı kolektörlerinde dahi ortalama %50 nin üzerinde verim sağlanabilmektedir. Ayrıca çok az bakım gerektirmesi, malzeme ömrüne bağlı verim kaybının az olması ve kurulum maliyetinin pv panellere göre düşük olması gibi avantajlarından dolayı güneşin enerjisinden fototermal olarak faydalanmak ciddi kazanımlar sağlayabilir.

Fototermal dönüşümde yüksek soğurma oranı ve düşük emisyon(yayılma) hedeflenir. Bunun için çeşitli uygulamalar mevcuttur (siyah yüzey, tırtıklı yapı, ışığı bir merkeze odaklama vs.). Genel olarak yüksek soğurma değerine sahip siyah cisim katmanları fototermal alanda verimliliği artırıcı bir bileşen olarak kullanılır fakat yüksek soğurmanın yanında yüksek emisyona sahip olmaları bu metodun en büyük dezavantajlarından birisidir. Uygulama yüzeyine bazı işlemler yapılarak bu emisyon değerini düşürmek mümkündür. Güneş ışığındaki enerjinin çok büyük bir kısmı yaklaşık olarak 200 nm ile 2500 nm dalga boyları arasındadır (Şahan ve ark, 2015).

Güneşten gelen enerjinin sadece 200 nm-2500 nm bant aralığındaki kısmını soğurabilirsek hem yüksek soğurma oranını hem de düşük emisyon değerini yakalayabiliriz. Bunu yapabilmek içinde seçici soğurucu katman kullanabiliriz. Yine seçici soğurucu katman içerisinde de verim artışı sağlayabilmek için nanoçubuk gibi yüzey pürüzlülüğünü arttırıcı uygulama yapılabilir. Yüzey pürüzlülüğü artırılması ile gelen ışığın yansıyan kısmı yüzeydeki saçılmalarla önlenebilir. Bu şekilde seçici soğurucu katmanda ışık daha çok soğrulacaktır. Bu tez çalışmasının amacı alüminyum, bakır ve galvanizli sac metallerin yüzeyine sol-jel çözelti yöntemiyle nanoçubuk yapılar oluşturmak ve bu nanoçubuk yapılar üzerine de CuCoMnOx seçici soğurucu katman kaplamaktır.

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Soğurucu Katmanlar

Güneş soğurucular fotovoltaik pillerden farklı olarak gelen enerjiyi elektriğe dönüştürmezler. Güneş soğurucu ya da emiciler gelen ışını ısıya dönüştürür ve bu ısıyı farklı yöntemlerle kullanılabilir enerji elde etmemize olanak sağlar (foto termal elektrik santralleri, sıcak kullanım suyu, pişiriciler vs.). Soğurucu katmanlar ise güneş emicilerin yüzeyine belirli metotlarla uygulandığında soğurma oranını yükselterek sistem verimini pozitif katkı sağlar. Soğurucu katmanların bir diğer görevi de yüksek soğurma oranı elde etmenin yanında düşük emisyon değerinin elde edilmesidir (Zhao ve ark., 2019). Düşük termal yayılım elde etmek için ideal siyah cisim özelliklerine sahip yüzeyler elde etmek gerekir. Bir çalışmada, MgO ve $CaCO_3$ gibi bileşiklerle oluşturulan soğurucu katmanlar incelenmiş olup, MgO'nun soğurma verimliliğine pozitif katkı sağladığı sonucuna varılmıştır (Solanski, 2005).

Diğer bir çalışmada da karbon nanotüplere benzer nanomalzemelerin soğurma performansına etkisi araştırılmış olup, karbon nanotüplerin soğurucunun verimini artırdığı ve dış etkilere karşı dayanıklılığının artmasına olumlu etki sağladığı görülmüştür (Guo, 2009).

Başka bir çalışmada soğurucu kaplama materyallerine Cu, Co, Mn gibi metal oksitler katkılanmış ve elde edilen sonuçlara göre soğurucu katman verimi artmış buna karşın kaplama yapılan malzemelerde mekanik değişim oluşmamıştır (Zhang, 2014).

2.2. Seçici Soğurucu Katmanlar

Kolektörlerde seçici soğurucu katmanlarla kolektörlerin soğurma ve termal emisyon veriminin artırılması için birçok farklı çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu çalışmaların sonucunda farklı materyallerin ve kaplanan malzemelerin uygulanmasıyla seçici soğurucu katmanlar kolektör performansına ve verimine olumlu

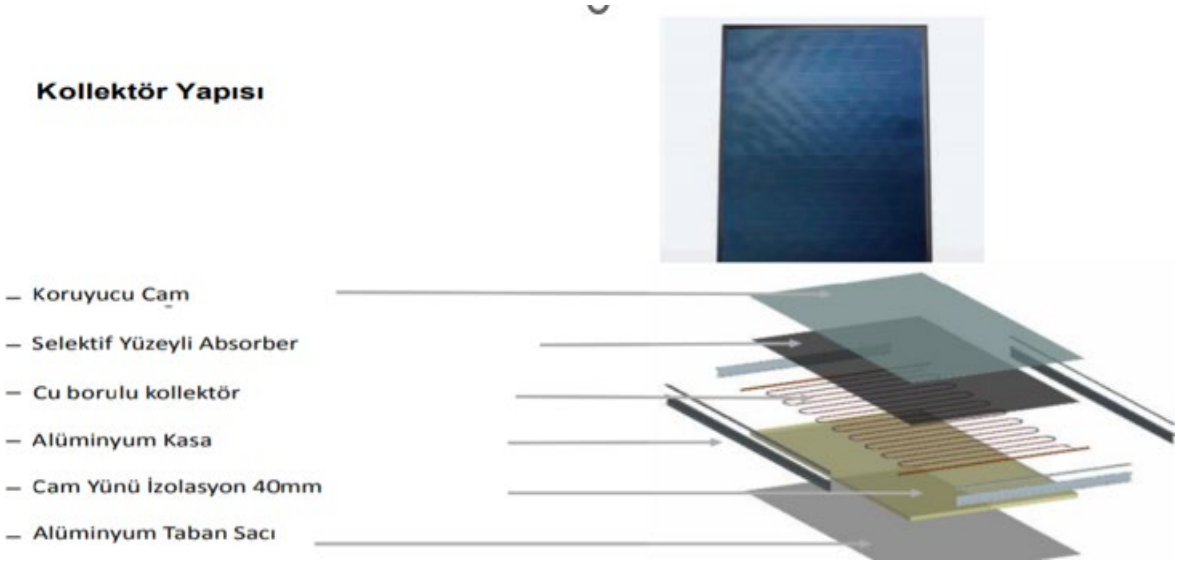
katkılar sunduğu gözlemlenmiştir. Örnek olarak, alüminyum folyo, selektif boyalar, çinko ve bakir oksitle üretilen katmanlar kolektör verimini artırmış olup, bu verim artışı neticesinde güneşten gelen enerjiyi soğurmada %3 ila %10 arası oranda artış elde edilmiştir (Pandey ve ark., 2012).

Seçici soğurucu katman güneşten gelen belli bir dalga boyu aralığındaki enerjinin uygulandığı yüzey tarafından daha yüksek değerde soğurulmasına (absorpsiyonuna) olanak sağlar. Seçici soğurucu katmanlar güneşten radyasyonu mümkün olabilecek en yüksek değerde soğurup en düşük değerde de yaymalıdır. İdeal bir seçici soğurucu yüzey gelen radyasyonu tamamen soğurmalı, ısıya dönüştürmeli ve elde edilen bu ısıyı iletmelidir yani soğurma oranı %100 olmalı ve emisyon değeri %0 olmalıdır (Dufie ve ark., 2013; Rebouta ve ark. 2018). Reel uygulamalarda ise bu oranların yakalanması mümkün değildir ancak bazı geliştirmeler yapılarak ideale yaklaşıla bilinir. Seçici soğurucu katmanlar yüzeye gelen ışımanın ya tamamen emilimini sağlamalı ya da bunu bir akışkan veyahut başka bir yüzeye aktarabilmelidir. Bu sayede emilen radyasyon ısıya dönüştürülüp enerji kaynağı olarak kullanılabilir forma gelecektir.

Süper yansıtıcı sayıla bilinecek altın yüzeyler %98 IR'de reflektans değerine ulaşabilirken, güneşten gelen radyasyonun %98 soğurma değerine sahip siyah cisim benzeri karartılmış ya da kaplanmış yüzeylerde elde etmek mümkün olabilir. Ancak bununla birlikte termal yayılım (emisyon) spektrumunun soğurmayla birlikte paralel artışına neden olur. Bu nedenle enerjisi kullanılacak dalga boyu, güneşten gelen radyasyonun emilimi ve ısıl emisyon değerlerine göre düzenlenmeli ve yeniden optimize edilmelidir (Al-Rjoub ve ark., 2018; Xu ve ark., 2020).

Seçici soğurucu katman kullanılmasının büyük bir avantajı da emisyon ev soğurma değerleri arasındaki ilişkinin daha kolay yönetilmesidir. Bu da uygulanabilirlik ve tasarım yapma adımlarını kolaylaştırmaktadır.

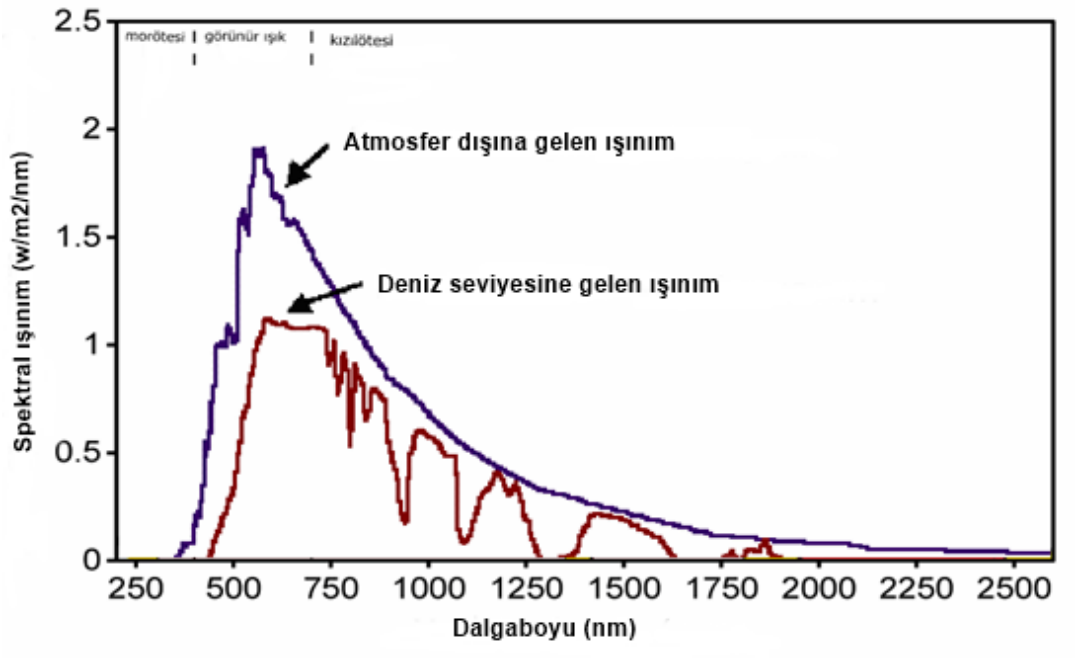
Sonuç olarak, yapılan birçok bilimsel çalışmalarda, seçici soğurucu katmanların soğurma oranını ve termal emisyon verimliliğini artırdığı ispatlanmıştır (Pandey ve ark., 2012). Şekil 2.1.'de kollektör yapısı görünmektedir.



Şekil 2.1. Kolektör yapısı

2.3. Spektral seçicilik mekanizması

Güneş radyasyonun ışınım bant aralığı çok geniş bir aralık olduğu halde, radyasyondan gelen enerjinin çok büyük bir kısmı görünür bölgesinde (380-780nm arası) ve kızıl ötesi spektral bölgesindedir (700nm-1mm arası). Şekilde 2.2.'de görüldüğü gibi enerjinin büyük olduğu bölge 0.25 ile 2.5 μm aralığında yoğunlaşmıştır.



Şekil 2.2. Spektral parlaklık (Bozetti ve ark, 2010)

Bilindiği gibi, mutlak sıfır sıcaklığından (-273.15 ^{O}C) daha yüksek sıcaklıktaki nesneler elektromanyetik enerji yayar (termal radyasyon). Bu termal radyasyon enerjisi nesne sıcaklığının üssel olarak dördüncü kuvvetiyle doğru orantılıdır. Planck'ın kara cisim ışıma yasasına göre, bir siyah cisimden herhangi bir spektral dalga boyunda yayılan ışıma enerjisi aşağıdaki formülle hesaplanır.

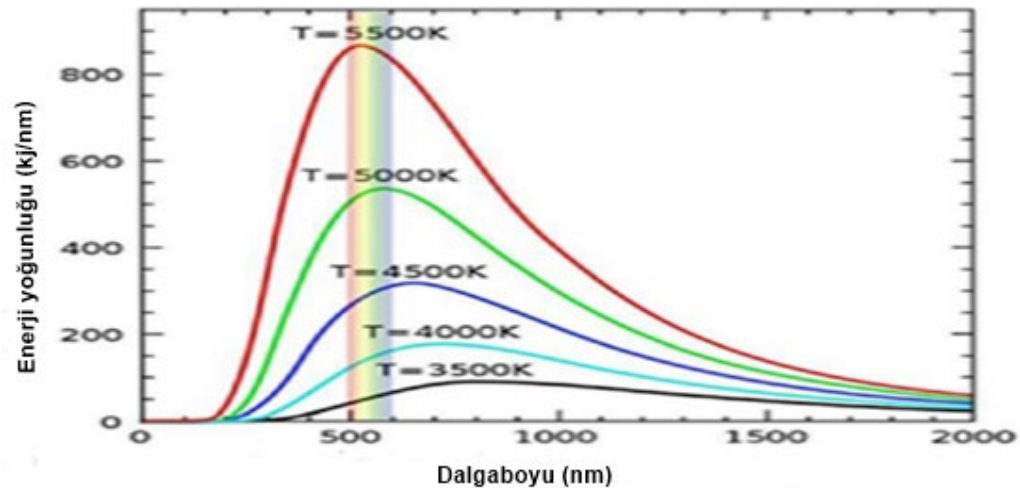
$$E_{b\lambda}(\lambda, T) = \frac{C_1}{\lambda^5 (e^{\left(\frac{C_2}{\lambda T}\right)} - 1)} \tag{2.1}$$

T harfi nesnenin Kelvin derece cinsinden sıcaklığını ve λ ışımanın dalgaboyunu (µm) ifade eder.

$$C_1 = 3.74 * x10^8 (W\mu m^4 / m^2) \tag{2.2}$$

$$C_2 = 1.44 * x10^4 (\mu m * K)\text{'dir.} \tag{2.3}$$

Siyah cisimler yüzeyine gelen ışımayı tamamen absorplayan ideal cisimler olarak kabul edilir. Siyah cisimler aynı zamanda sıcaklığına bağlı olarak bir termal ya da elektromanyetik enerji yayar. Şekil 2.3.'te farklı sıcaklık değerlerinde termal ya da elektromanyetik enerji yayan bir siyah cismin grafiği verilmiştir.



Şekil 2.3. Spektral yoğunluk (Wikimedia, 2022)

Wien yer değiştirme yasasına göre zaman içerisinde sıcaklık değişimi oldukça siyah cisimlerden yayılacak termal ya da elektromanyetik radyasyonun maksimum olduğu dalga boyları da X ekseninde yer değiştirir.

$$\lambda(E_b, \max)T = 2897.8 * 10^{-3} \mu m.K \tag{2.4}$$

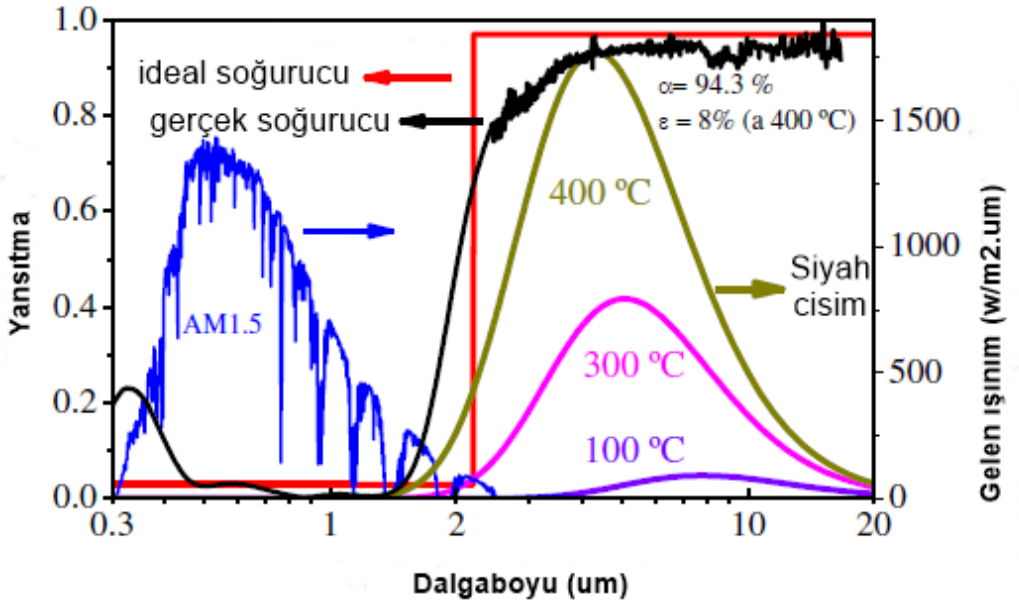
Wien yer değiştirme yasasına göre cismin sıcaklığı arttığında cisimden yayılan radyasyonun gücü ve enerjisi artar. En yüksek dalga boyu değeri de azalmaktadır. Sonuç olarak sıcaklığın artışıyla yayılan radyasyonun en yüksek değerinin enerjisi artar.

Siyah cisimden ortama yayılan termal ya da elektromanyetik radyasyonun toplam gücü Stefan-Boltzman yasasına göre hesaplanır. Stefan-Boltzman yasasına göre siyah cisimden yayılan toplam termal ya da elektromanyetik radyasyonun gücü sıcaklığının üssel olarak dördüncü kuvvetiyle doğru orantılıdır (Khmelinskii ve ark., 2017).

$$E_{b\lambda} = \int_0^{\infty} E_{b\lambda}(\lambda, T)d\lambda = \sigma T^4 \tag{2.5}$$

Seçici soğurucu özellikli ideal bir malzemeden ultraviyole, görünür ve kızılötesi ışıma bölgelerinin tamamını absorplaması beklenir. Şekil 2.4.'te güneşin ışıma

spektrumunun, siyah cisim ışımasının, ideal radyasyon soğurucusunun ve gerçekte üretilmiş olan bir soğurucunun spektral dalga boylarına göre reflektans grafiği görünmektedir.



Şekil 2.4. Yansıtıcılık ve parlaklık (Al-Rjoub,2019)

Güneş radyasyonu seçici yüzeyler, soğurma oranları ve termal yayımlarıyla karakterizedir. Böylece güneş radyasyonu yüksek verimle soğuran yüzeyler, ısıl kararlılıklarıyla birlikte iki tane de önemli şartı sağlamalıdır.

a) Görünür ışınım bölgesinde ve yakın kızılötesi ışınım bölgesinde (0.25 ile 2 µm spektral dalga boyu arasında) yüksek emilim katsayısına (α_{sol}) ya da düşük reflektans katsayısına (R» 0) sahip olması gereklidir.
b) 2 µm ışınım dalga boyundan büyük, kızılötesi ışınım bölgesinde düşük termal yayılım katsayısına (Ɛ), veya yüksek yansıma katsayısı (R» 1) değerlerine sahip olması gerekmektedir. Kızılötesi ışınım bölgesinde düşük termal yayılım olması çok önemlidir, çünkü daha önce bahsettiğimiz gibi sıcaklık artışı oldukça termal yayılım değeri de artacaktır.

Solar seçici soğurucu bir katmanın performansı solar termal soğurma ve emisyon değerleri ile karakterize edilebilir. Termal yayılım (Ɛ) malzemenin yüzey

pürüzlülüğüne bağlı bir parametredir. Işığın yüzeye gelme açısı (Θ) ve malzemenin sıcaklığına (T) bağlı olarak reflektans (yansıma) grafiğinden ve yukarıda belirtilen $E_{b\lambda}$ (T, λ), Planck siyah cisim radyasyonu ifadesinden termal emisyon hesaplanabilir (Xinkang ve ark., 2008).

Solar fototermal çevrimin verimi aşağıdaki formülle belirlenebilir.

$$\eta = \alpha_{sol} - \left(\frac{\sigma * \mathcal{E} * T^4}{C * I_{solar}}\right) \tag{2.6}$$

Burada α_{sol} solar absorbans, e termal emisyon, T sıcaklık, s Stefan-Boltzmann sabiti, C solar konsantrasyon oranı, I_{solar} ise solar akı şiddetidir. Formülden de görüleceği gibi sıcaklık arttıkça verim azalmaktadır. Verimi yüksek tutmak için termal kayıpların (emisyon) mümkün olduğu kadar aza indirilmesi aşikardır.

Genellikle bir malzemenin yansıma grafiği 0.3 ile 2.5 μm aralığında alınır. Solar absorbans (α_{sol}), malzeme tarafından soğurulan toplam radyasyonun gelen radyasyona oranıdır. Solar absorbans 0.3 ile 2.5 μm dalga boyu aralığında deneysel olarak veya hesaplama yöntemiyle elde edilmiş olan reflaktans R (λ) dataları ve solar spektral ışınım I_s (λ) değerleri ile belirlenir (Tang ve ark., 2017).

$$\alpha_{sol} = \frac{\int_{0.3\mu m}^{2.5\mu m} I_s(\lambda)[1-R(\lambda)]d\lambda}{\int_{0.3\mu m}^{2.5\mu m} I_S(\lambda)d\lambda} \tag{2.7}$$

Kirchoff' un termal radyasyon yasasına göre termodinamik denge durumunda keyfi bir cisim için emisyon ve absorbsiyon birbirine eşittir.

$$\mathcal{E}(\lambda, T) = \alpha(\lambda, \Theta) = 1 - R(\lambda, \Theta) \tag{2.8}$$

Burada R (λ,Θ) bir T sıcaklığında Θ açısı ile gelen bir ışının spektral (dalgaboyuna göre) yansımasıdır. Bir yüzeyin emisyonu yüzey sıcaklığına (T), dalga boyuna (λ) ve doğrultuya bağlıdır.

$$\text{Emisyon}(\varepsilon) = \frac{\text{Yüzeyin toplam emisyon gücü(E)}}{\text{Siyah cisim toplam emisyon gücü}(E_b)}$$

$$\varepsilon_b = \frac{E(T)}{E_b(T)} = \frac{\int_0^{\infty} \varepsilon_\lambda(T_0) E_{b\lambda} d\lambda}{\sigma T^4} = \frac{\int_{1.6\mu m}^{25\mu m} E_{b\lambda}(T,\lambda) * [1 - R(\lambda,T)] d\lambda}{\int_{1.6\mu m}^{25\mu m} E_{b\lambda}(T,\lambda) d\lambda} \quad (2.9)$$

Burada $E_{b\lambda}$ (T, λ) sıcaklığa bağlı siyah cisim emisyon gücü ve R (λ, T) ise 1.6 ile 25 μm aralığında ölçülen reflektansdır. Bu formülden de görüldüğü gibi uzun dalga boylarında (1.6 ile 25 μm aralığı) yüksek yansıma özelliğine sahip malzemelerin emisyon katsayıları düşük olacaktır.

2.4. Seçici Soğurucu Katman Kaplama

Bugünkü teknolojik imkanlar ve maliyet şartlarıyla en sık kullanılan solar seçici absorplayıcılar, elektrokimyasal ya da fiziksel buhar biriktirme (PVD) yöntemiyle imal edilen sermet (seramik) yapıdaki malzemelerden imal edilir. Fiyat- performans oranı olarak PVD yöntemi mevcut şartlarda en uygun üretim yöntemi olarak değerlendirilmektedir (Fernandes ve ark, 2017).

Ancak bazı solar seçici soğurucu yüzey üretim şekillerinin düşük aşınma ve dayanıklılık direnci, yüksek üretim maliyeti, düşük ömür gibi dezavantajlı durumları vardır. Seçici yüzey elde etmek için seçici boyalar üretim kolaylığı, nispeten ucuz mal edilmesi, işletme kolaylığı gibi özelliklerinden dolayı termal emilim ve emisyon verimleri düşük olsa dahi avantajlı durumdadır. Fakat bu uygulamanın bir dezavantajı da kalınlığa duyarlı emisyon değerinin artmasıdır. Buda soğurma oranı ve emisyon değerinde olumsuz etkiye sahiptir (Konttinen ve ark., 2003).

Seçici yüzey katman oluşturmanın en önemli ortak amacı güneş soğurucularında verim artışının elde edilmesidir. Seçici yüzey katman kaplama işlemleri kabaca aşağıda numaralandığı gibi altı farklı şekildedir.

a) Doğal seçici soğurucu katman kaplamalarında amaçlanan solar seçiciliği sağlanması için doğal solar seçici özellikleri olan malzeme kullanılır.

b) Yarı yalıtkan metal çiftleri ise soğurma bant aralıklarından dolayı düşük emisyon değerleri elde edilebildiği için kısa dalga boyu aralıklarındaki güneş radyasyonunu emerler.
c) Çok katmanlı kaplamalarda, katlar arasında yansıma oluşur. Bu yansımadan kaynaklı daha fazla radyasyon hapsedilerek soğrulmasından dolayı verimi yüksek seçici yüzey kaplaması oluşur.
d) Metal-dielektrik kompozitler, içeriğinde metal parçacıkları barındıran yalıtkan veya sermet bileşenlerin bulunduğu kaplama şeklidir.
e) Doku yüzeyli katman kaplamaları, dallı ve boşluklu mikro yapıların içinden ışık süzülmesinden dolayı çoklu radyasyon geçirgenliği yüksektir (Srinivasan ve ark., 1984).
f) Düşük sıcaklık uygulamalarında ise genellikle kara cisim yapıları üzerine solar seçici özelliğindeki kaplamalar yapılır.

2.4.1. CuCoMnOx katman özellikleri

CuCoMnOx bileşiğini kullanım amacına göre uygun çözücülerle çözelti haline getirilip bazı yöntemlerle metal ya da cam altlık üzerine uygun sıcaklıkta kaplama işlemi yapılırsa metal ve cam yüzeyinde metal oksit tabakası (katmanı) oluşur. Oluşan bu metal oksit tabakasını daha sağlam ve korozyona dirençli hale getirmek için tavlama işlemi yapılır. Bu şekilde CuCoMnOx çözeltisinden siyah yüzey elde edilmiş olunur. Oluşan bu siyah yüzey güneşten gelen radyasyonun soğrulmasında kullanılır. Bu sayede güneş radyasyonundan daha yüksek soğurma oranıyla faydalanmamıza olanak sağlar (El Mahallawy ve ark., 2014; Chen ve ark., 2023).

Daha önceki çalışmalarda $CoCuMnO_x$ 'le kaplanmış filmlerle ilgili çalışmalarından, bu filmlerin yüksek spektral seçicilikleri sayesinde seçici güneş soğurucu katman kaplamaları için iyi bir seçenek olduğu bilinmektedir. Çok iyi bir spektral seçicilik özelliği sayesinde, yüksek verimle güneş emiliminde ($\alpha s \geqslant 0.85$) *ve* düşük bir termal emisyon ($\varepsilon_T \leqslant 0.40$) değerlerine ulaşıldı. Yüksek solar soğurma, oluşturulmuş nano seçici katmanın bir özelliği iken, düşük termal emisyon, CoCuMnO

filmlerinin oluşturduğu nispeten zayıf ışıma soğurmalarının doğal sonucudur (J. Vince ve ark., 2003).

Mevcut çalışmalar, güneş soğurucuları için spektral olarak seçici siyah kaplamaların, daldırmalı kaplama veya püskürtme teknikleri ile birleştirilmiş sol-jel yöntemi kullanılarak yapılabileceğini doğrulamaktadır (Kaluza ve ark., 2001).

2.5. Nanoçubuk Özellikleri

Nanoçubuk ya da nanoçubuklar farklı işlevler için altlık olarak kullanılan bir malzeme yüzeyinde doğrudan kimyasal yollarla 1nm-100nm arasında boyutları değişebilen çeşitli yüzey kaplamaları sayesinde oluşturulan parçacıklardır. Bu oluşumlar optik, tekstil, soğurucu kaplamalar, ısıl uygulamalar vs. gibi nanoteknolojinin birçok alanında kullanılır. Kullanım alanlarında dayanıklılığın artırılması, ürün performans artışına pozitif etki sağlaması, verimlilik artışı sağlaması, ticari kazanç sağlaması, uygulanabilirliğin kolay olması gibi birçok sebeplerin yanı sıra fiyat performans oranının yüksek olmasından dolayı avantajlı bir uygulamadır (Akhavan ve ark., 2010; Yi ve ark., 2005). Nanoçubuk yapılar, seçici solar yüzeylerin elde edilmesinde ve verimlerinin artırılmasında da büyük öneme sahiptir..

2.5.1. ZnO katman ile nanoçubuk elde edilmesi

Çinko oksit nanoçubuk 3.37 eV bant aralığı enerjisi ve 60 meV bağlama enerjisine sahiptir. Çinko oksit nanoçubuğun optiksel bant aralığı, yüzey görünümü (morfolojisi), eğim yönü ve boyutu gibi temel özellikleri ayarlanabilir. Son zamanlarda FET (alan etkili transistör), uv dedektörlerinin, bazı diyotların (ör: schottky diyot, led) ve nano boyuttaki elektronik malzemelerin imalatında kullanılmıştır (Wang ve ark, 2006).

ZnO buharı oluşturulup daha sonra PVD (fiziksel buhar biriktirme) yöntemiyle nanoçubuk oluşması istenen substrat üzerinde yoğunlaştırılır. ZnO buharı üç şekilde: termal buharlaştırma, kimyasal indirgeme veya katı-sıvı-buhar (VLS) yöntemleriyle

üretilir. ZnO nanoçubukları, altlık üzerine epitaksiyel olarak oluşumu sağlanır ve tek katman yapılı diziler olarak birleşimi sağlanır (Wang ve ark, 2006; Yi ve ark, 2005).

ZnO nanoçubukların oluşumu için 400-500 °C aralığında biriktirme işleminin yapılması gereklidir. Bu özelliği de ZnO nanoçubuğunu laboratuvar uygulamalarında oluşumunun kolaylığından dolayı sıklıkça tercih edilir. Ayrıca ZnO buharı sol jel daldırarak kaplama yöntemiyle metal yüzeylere oldukça iyi tutunma sağlar. ZnO nanoçubuklar kimyasal yöntemle hazırlanırken genellikle sol-jel ve hidrotermal yöntemler birlikte kullanılır. Önce sol-jel yöntemiyle tohum tabaka denen ince ve düz bir ZnO katman oluşturulur. Daha sonra da hidrotermal yöntemle nanoçubuklar oluşturulur. Bununla birlikte yakın zamanda Aslan ve ark. sol-jel daldırma yöntemiyle hidrotermal yöntem kullanılmadan tek seferde ZnO nanoçubuk yapıların oluşturulabileceğini göstermişlerdir (Aslan ve ark, 2016). Bu tez çalışmasında ZnO nanoçubukların oluşturulması için bu yöntem kullanılacaktır.

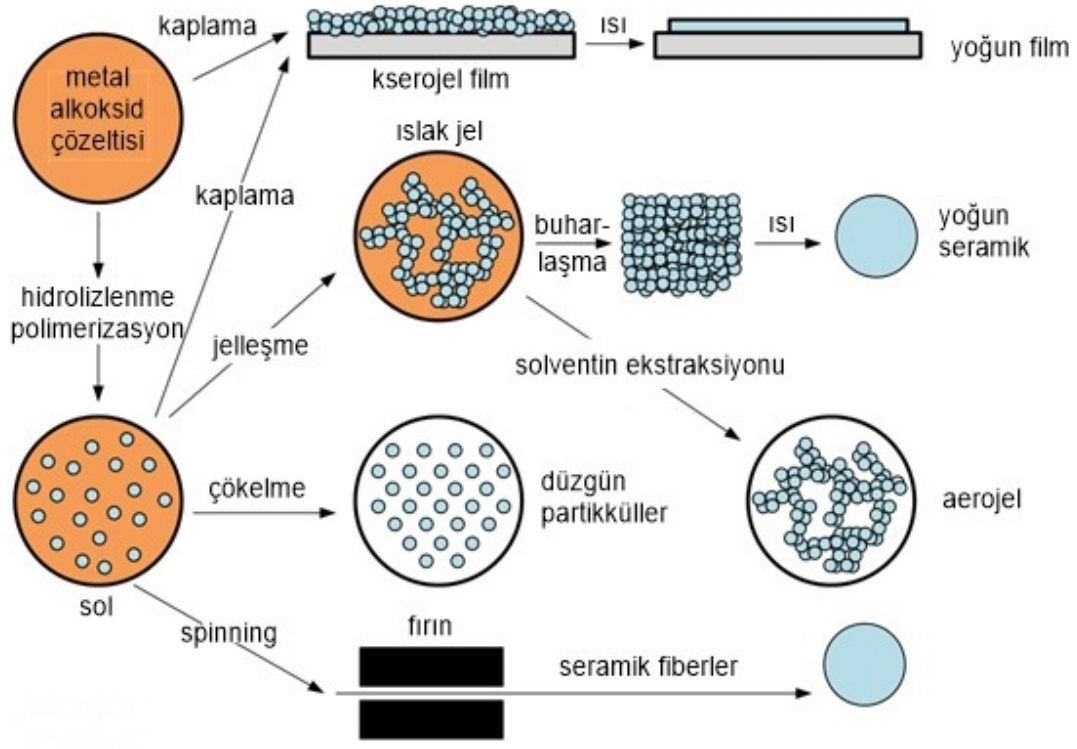
2.6. Sol-jel Yöntemi ve Oluşan Yapılar

Sol-jel yöntemi bir dizi kimyasal ve fiziksel işlemlerle küçük moleküllerden (toz, polimer, monomer, fiber) katı cisimler ya da yüzey birikintileri oluşturma yöntemidir. Sol (çözelti) jel (jelleşme) yani içerisinde moleküller veya bileşiklerin uygun çözücü kullanılarak elde edilen çözelti formundaki yapısından bir dizi aşamalarla jel kıvamı elde edilir. Elde edilen bu jelimsi (kolloid) yapı sol-jel kaplama yöntemleriyle substrata uygulanarak substrat yüzeyinde camsı veya ağ iplikçiği benzeri yapılar oluşturulur (Hasancebi, 2006; Özbey, 2004).

Sol jel yönteminin avantajlarından birisi pürüzlü, pürüzsüz, delikli vb. yüzeylerde birçok çeşit farklı altlık (tekstil, metal, cam, seramik vb.) üzerine tek katmanlı kaplamanın yanında çok katmanlı kaplamalar yapılmasına da izin vermesidir. Ancak çözeltinin çözücü-çözünen oranındaki değişimden kaynaklı sürekli olarak jel kıvamında değişim olacaktır. Buda kaplanan altlık, aynı substrat olsa dahi her örnekte farklı morfolojide kaplamalar oluşabilir (CJ Brinker ve ark, 1982).

Sol-jel yönteminde çözeltinin uygun koşullarda bekletilmesi, yaşlandırılması (ageing) ve işlem sırasında jelleşmenin sağlanması çok önemlidir.Sol-jel kaplama yöntemi diğer kaplama yöntemlerinden farklı olarak düşük sıcaklık koşullarında kolayca uygulanabilen bir prosestir. Bundan dolayı bu yöntem, fiber, filmler, toz tanecikler, partiküller, monomerler ve monolitler gibi farklı boyut, şekil, gözenekli porozif yapılı ürünler üretebilmek için kullanılabilir (Locher ve ark., 2008; Keshmiri ve ark., 2006).

Sol jel ile kaplama yöntemlerinin en çok kullanılanları daldırma (dip caoting), püskürtme, döndürerek kaplama (spin coating) yöntemleridir. Bu çalışmada daldırma yoluyla kaplama yöntemi kullanılmıştır. Şekil 2.5.'te farklı sol jel yöntemleriyle elde edilen yapı ve ürün oluşumları gösterilmiştir.



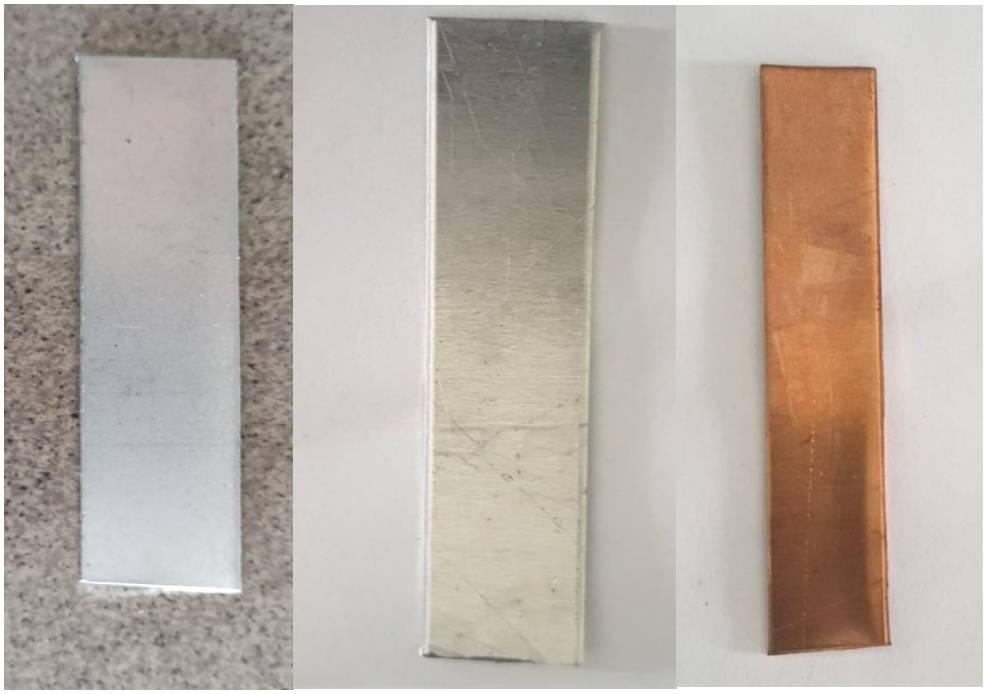
Şekil 2.5. Farklı sol-jel yöntemleriyle elde edilen ürünlerin şematik gösterimi (Zuhal, 2011)

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Kullanılan cihazlar ve malzemeler

Bakır, alüminyum ve galvaniz altlıklar: dip coater cihazında ZnO ve CuCoMnOx katmanlarının kaplanabilmesi için 1,5cm x 8cm ebatlarında saf bakır levhadan metal makasıyla kesilerek elde edildi. Şekil 3.1.'de ultrasonik banyo yaptırılan galvaniz, bakır ve alüminyum çubukların resmi verilmiştir.

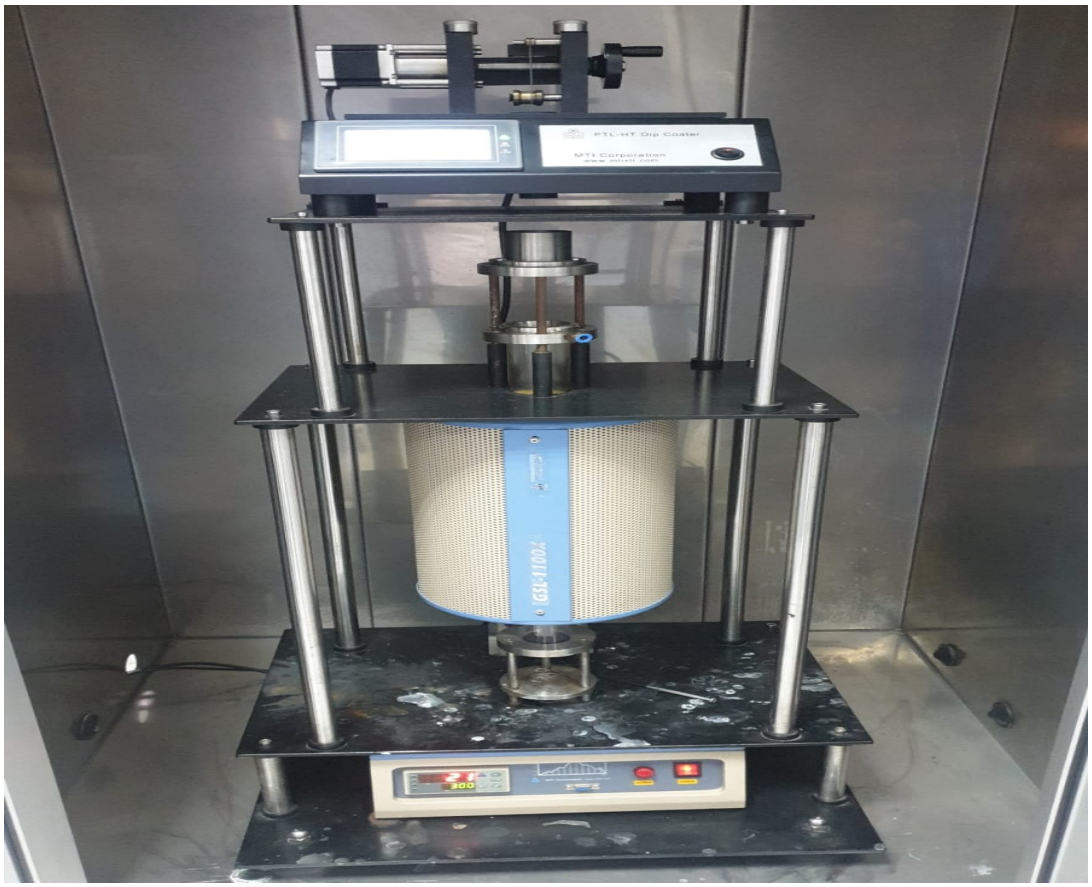


Şekil 3.1. Uygun ebatta hazırlanmış galvaniz, alüminyum ve bakır altlıklar

Ultrasonik banyo: Temizleme çözücüsü kullanılarak, nesne üzerindeki partikülleri tamamen ve hızlı bir şekilde çıkarmak için ultrasonik dalganın kullanıldığı işlemdir. Ultrasonik banyo genellikle sadece su ile yapılır fakat arındırılacak nesneye göre farklı çözücülerin kullanılması ve kirlenmenin çeşidi temizlenme etkisini değiştirebilir. Ultrasonik temizlenmeme işlemi genellikle 3 ile 6 dakikadır. Sert ve pürüzlü olduğu için temizlenmesi zor olan materyallerin temizliği için uygun bir

metottur. Cerrahide kullanılan aletler, elektronikteki bazı parçalar, elektrik kabloları, cam ya da alüminyumdan imal edilmiş nesnelerin temizliği için ultrasonik banyo kullanılabilir. Endüstriyel alanda ultrasonik temizleyiciler çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Otomotiv sanayii, ilaç sektörü, depolama aygıtlarının yapım süreci, çeşitli mühendislik ve ARGE alanlarında kullanılır (Rotalab, 2023).

Dip coater: Şekil 3.2.'de görünen PLT-HT marka dip coater kaplama cihazı kullanılmıştır. Daha önceki aşamalarda hazırlanmış olan metal altlıklar sol-jel daldırma yöntemiyle kaplama yapılmak üzere dip coater cihazı kullanılmıştır. Dip coaterda her biri 20cm/dakika daldırma ve geri çekme hızında, 20 dip sayısında sol-jel daldırma yöntemiyle kaplanmış bakır, alüminyum ve galvaniz örnekler elde edildi.



Şekil 3.2. PLT-HT marka dip coater cihazı

Kül fırın: Üzerine kaplama yapılan nesnelerin ya da materyallerin dış ortamdan izole bir şekilde önemli ölçüde yüksek sıcaklık değerlerine kadar ısıtma işlemine tavlama denir. Deneysel araştırmam boyunca oksitlene bilirlik etkisi ve kaplama

yüzeyinin daha dirençli hale gelmesi için wisetherm marka kül fırını kullanıldı. Şekil 3.3.'te kullanılan kül fırının resmi verilmiştir.



Şekil 3.3. Wisetherm marka kül tavlama fırını

UV-VIS-NIR spektrometre cihazı: Ultraviyole ve görünür ışık (UV-VIS) soğurma spektroskopisi, bir foton demetinin herhangi bir malzemeden geçirildikten sonra veya bir malzeme yüzeyinden yansıtılmasından sonra fotonun negatif farkını ölçme işlemidir.. Işığın şiddetinin azalması soğrulmanın arttığını gösterir. Örnek olarak derişimi bilinen bir dalga boyundaki soğurma değerini ölçerek bulunabilir. UV-VIS-NIR spektroskopisi genel olarak hazırlanan çözeltideki moleküller veya inorganik iyon ve komplekslerin tespit edilmesi için kullanılır. Birçok farklı kimyasal molekül UV ya da VIS dalga boylarını farklı değerlerde soğurur. Buda molekülün yapısı hakkında bilgi verir. Bir soğurma spektrumunda molekül yapısı ile özdeşleşen birçok soğurma bantlarından oluşmaktadır. Bizim ölçümlerimiz ise Erzurum Atatürk Üniversitesi Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde

(DAYTAM) UV-3600 Plus model cihazda 185-3300nm dalga boyu aralığında alındı. Şekil 3.4.'te kullanılan Uv-Vis cihazının resmi verilmiştir.



Şekil 3.4. UV-3600 Plus model UV-VIS-NIR spektrometresi (DAYTAM)

Enerji Dağılımlı X Işını Spektroskopisi (EDX): Enerji Dağılımlı X Işını Spektroskopisi, yapı ya da oluşumdaki elementel analizin yapılmasına imkân veren bir analitik yöntemdir. Öncelikle analiz yapılacak malzeme yüzeyine elektron demeti gönderilir. Üzerinde ya da içeriğinde bulunan elementlerin karakteristik emisyon özelliğinden faydalanarak malzeme içeriğinde bulunan elementlerin tespitini sağlamamıza olanak sağlar. Enerji yoğunluğu arttırıldıkça malzemenin iç kabuğundaki elementlerde emisyona neden olur. Bu şekilde soğurucu katmanlarında elementel içerik bilgisi elde edilir. Bu elde edilen bilgiler yapılan soğurucu kaplama özelliğinin testine ve kaplamanın değerlendirilmesine olanak sağlanır.

XRD (X Işını Kırınımı) yöntemi ile ölçüm: X-Işını Kırınım yöntemi (XRD), kristal yapı fazının kendine özel atomik dizilimine bağlı olarak, X-ışınlarının maddeye özgü bir düzen şekliyle kırılması prensibine dayanır. Her madde ve kristalde farklı kırınım profili oluşur. Oluşan bu kırınım eğrisi madde ya da kristalin kimliğini belirtir. X-Işını Kırınım cihazıyla kristallerin, kayaç ya da taş oluşumların, ince filmlerin ve polimerlerin karakteristik özelliklerini inceleyebiliriz.

X-Işını Kırınım cihazı farklı amaçlar için geniş kullanım alanına sahiptir. Bunlar;

- Jeolojide minerallerin ve kayaçların kimliğinin araştırılmasında,
- Metal ve alaşımların analizlerinde,
- İnce filmlerin spektral özelliklerinin tayininde,
- Polimer yapıların analizinde,
- Farmakoloji endüstrisinde polimorfların tespitinde,
- Arkeolojide, tarihi yapıların yapıldığı malzemelerin tespitinde,

şeklinde sıralanabilir.

Çalışmamızda seçici katmanlarımızın oluşup oluşmadığını ve spektral karakteristik davranışlarını incelemek için Harran Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (HÜBTAM)'ndeki XRD cihazını kullanıldı. Şekil 3.5.'te kullanılan XRD cihazının resmi verilmiştir.



Şekil 3.5. X-ışını kırınımı cihazı (HÜBTAM)

SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) ile ölçüm: Taramalı elektron mikroskobu yani SEM, bir elektron demetini odaklayarak ve bu elektron demetini numune

yüzeyine göndererek(bombardıman) görüntü elde edilmesini sağlayan elektron mikroskoplarıdır. Gönderilen elektronlar, yüzeydeki atomlarla etkileşime girerek altlık yüzeyinin topografi ve morfolojisi hakkında malzemeye özel bilgilerin içerildiği farklı görünümde sinyaller üretir. Bu sinyallerden, cihaz içerisinde bulunan özel dedektörler tarafından toplanıp analiz edilerek bilgisayar ekranında görüntü elde edilir.

Üretilen seçici solar ve nanoçubuk oluşumlu numunelerin morfolojik yapısı ve topografik özellikleri HÜBTAM'daki Zeiss EVO50 marka Taramalı Elektron Mikroskobu kullanılarak elde edilmiştir. Şekil 3.6.'da SEM cihazına ait görsel verilmiştir.



Şekil 3.6. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

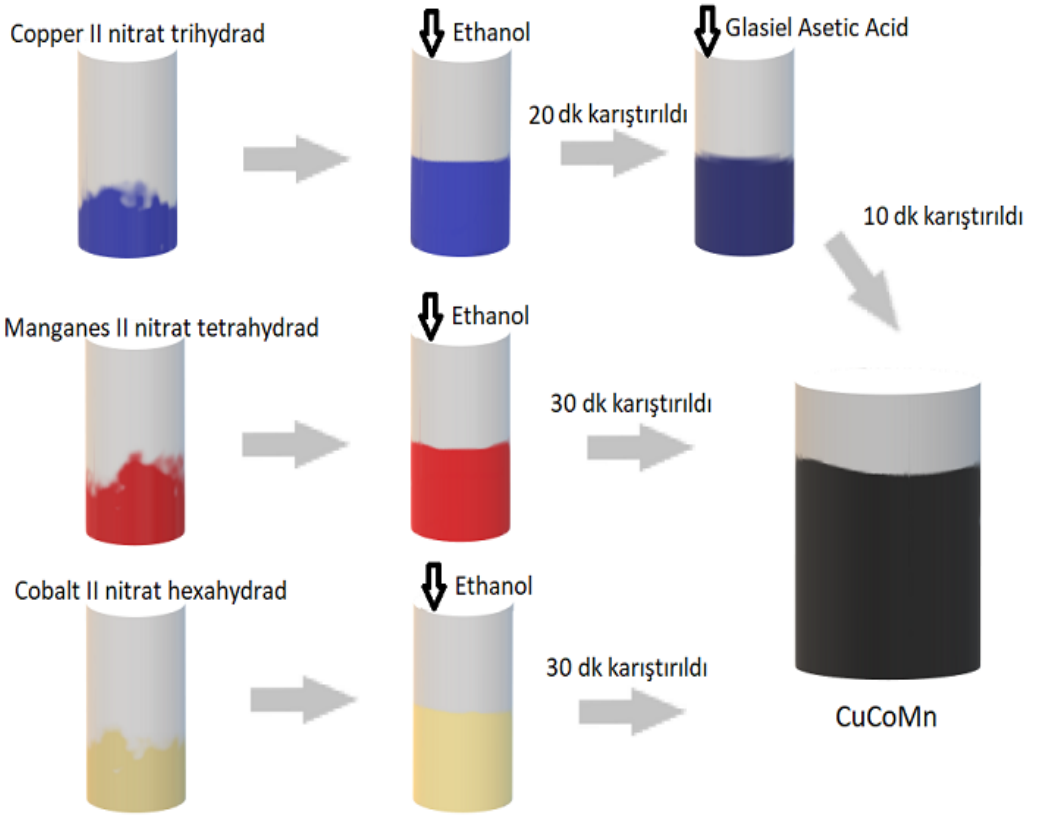
3.1.2. CuCoMn çözeltisinin hazırlanması

CuCoMn çözeltisi elde etmek için kullanılan malzemeler Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

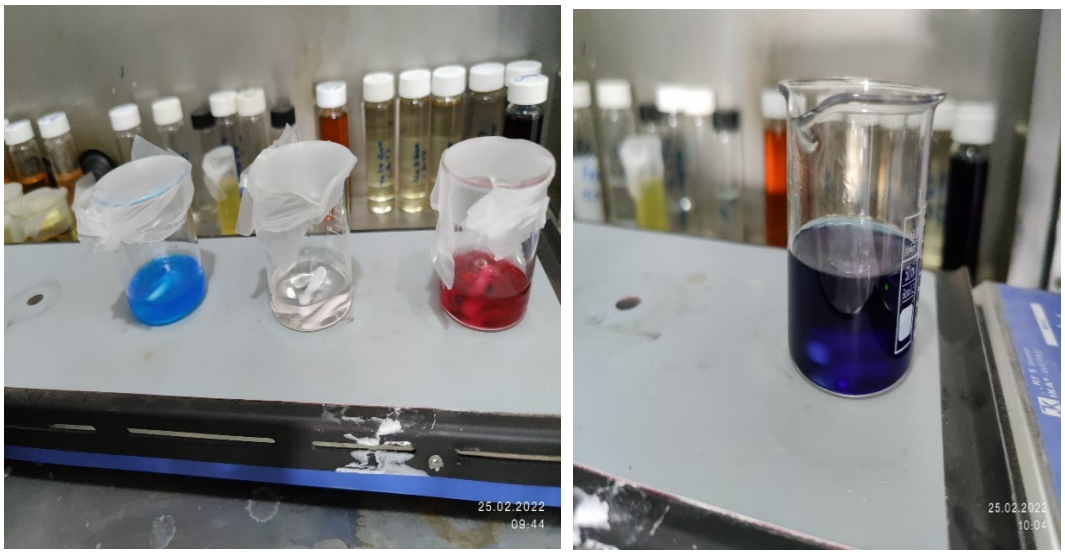
Çizelge 3.1. CuCoMn çözeltisinde kullanılan malzemelerin listesi

Malzeme adı	**Kimyasal formülü**
Cooper (II) nitrat trihidrat	$Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$
Kobalt nitrat hekzahidrat	$Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$
Manganez nitrat trihidrat	$Mn(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$
GAA (Glasiyel asetik asit)	CH_3CO_2H
Triethanolamine	$(HOCH_2CH_2)_3N$
Ethanol	CH_3CH_2OH

Hassas terazi ile tartılıp 3 birim Cu nitrat (II) trihidrat tozu üzerine manyetik karıştırıcıda ethanol eklendi. Karışımın üzerine 20 dakika sonra GAA eklendi ve 10 dakika boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırıldı. Hassas terazi ile tartılıp 1 birim Co nitrat hekzahidrat tozu üzerine ethanol eklendi. 30 dakika boyunca Kobalt nitrat hekzahidrat çözeltisi manyetik karıştırıcı üzerinde karıştırılmaya devam edildi. Hassas terazi ile tartılıp 3 birim Mn nitrat trihidrat tozu üzerine ethanol eklendi. 30 dakika boyunca Mn nitrat trihidrat çözeltisi manyetik karıştırıcı ile karıştırılmaya devam edildi. Çözeltiler ayrı ayrı 30 dakika boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırıldıktan sonra Mn nitrat trihidrat çözeltisi Cu (II) nitrat trihidrat çözeltisine eklendi. Bu iki çözelti yaklaşık 5 dakika karıştırıldıktan sonra Co nitrat hekzahidrat çözeltisi eklendi. Üç çözelti birleştirildikten 10 dakika sonra enjektörle triethanolamine eklendi. Bu işlemlerden sonra elde edilen CuCoMn çözeltisi 24 saat süre boyunca 25 ^{0}C sıcaklıkta manyetik karıştırıcı kullanılarak karışımı sağlanmıştır. CuCoMn çözeltisi 24 saatin sonunda sol jel daldırarak kaplama yöntemiyle kaplama yapılmak üzere hazır hale jeldi. Şekil 3.7.'de CuCoMn çözeltisinin hazırlanış şematiği verilmiştir.



Şekil 3.7. CuCoMn çözeltisinin hazırlanış şematiği



Şekil 3.8. Sırasıyla hazırlanan Cu,Co,Mn ve CuCoMn çözeltileri

Şekil 3.8.'de hazırlanan Cu, Co, Mn ve CCMO çözeltilerinin resmi verilmiştir.

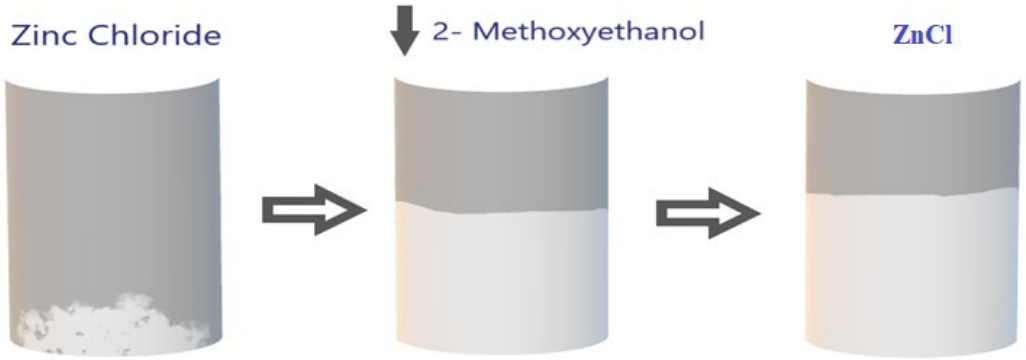
3.1.3. ZnO çözeltisinin hazırlanması

ZnO çözeltisi hazırlanırken kullanılan malzemeler Çizelge 3.2.'de liste halinde verilmiştir. Şekil 3.9.'da da ZnO çözeltisinin hazırlanış şematiği verilmiştir.

Çizelge 3.2. ZnO çözeltisinde kullanılan malzemeler ve kimyasal formülleri

Kullanılan malzemeler	Kimyasal formülü
Zinc chloride	$ZnCl_2$
2-methoxyethanol	$CH_3OCH_2CH_2OH$

Hassas terazi yardımıyla tartılarak uygun miktarda ZnO tozu üzerine 2-methoxyethanol çözücü olarak eklendi. Manyetik karıştırıcı ile 24 saat boyunca oda sıcaklığında karışması sağlandı. Zinc chloride çözeltisi 24 saat karıştıktan sonra sol jel daldırma yöntemiyle kaplama için hazır hale jeldi.



Şekil 3.9. ZnO çözeltisi hazırlama şematiği

3.1.4. Metal altlıkların temizlenmesi ve hazırlanması

Tez çalışması boyunca metal altlık olarak uygun ebatta kesilmiş Cu ve Al levhalar kullanıldı. Bu metal altlıklar öncelikle su ve deterjan yardımıyla üzerindeki kaba kirlerin temizlenmesi sağlandı. Kaba kirleri uzaklaştırılan metal altlıklar saf sudan geçirilerek ultrasonik banyoda sırasıyla aseton ve metoprolol ile mikron düzeyindeki (9-11 dk.) partiküllerden arınması sağlandı. Daha sonraki aşamada ise kuru hava tabancası ile çeker ocak içerisinde kurutma işlemi yapıldı. Bu işlemlerden sonra artık metal altlıklarımız sol-jel daldırma yöntemiyle kaplamaya hazır hale getirildi. Şekil 3.10.'da örnek malzemenin ultrasonik banyodaki görüntüsü mevcuttur.



Şekil 3.10. Ultrasonik banyo ile altlıkların temizlenmesi

3.2. Yöntem

Tez araştırmasının deneysel kısmında dip coater cihazı kullanılarak sol-jel daldırma yöntemi kullanıldı. Uygun ebatta kesilmiş ve hazırlığı yapılmış metal altlıklar dip coater cihazında uygun sıcaklık ve uygun daldırma-çekme-bekleme süreleri ayarlanarak CCMO ve ZnO seçici soğurucu katman kaplamaları yapıldı.

3.2.1. Metal üzerine sol-jel daldırma yöntemiyle (dip coating) ZnO kaplanması

Cu, Al veya galvaniz metal altlıklar ve kaplama için ZnO çözeltisi dip coaterin ilgili yerlerine yerleştirildikten sonra cihazın değer girişleri yapıldı. Cihaz ısısı 350-450 ^{O}C derece aralığında ayarlandı. 350 ^{O}C dereceden düşük sıcaklıklarda ZnO katmanının çok az oluştuğu ya da hiç oluşmadığı, ancak 450 ^{O}C dereceden yüksek sıcaklıklarda ise hem oluşan katmanın hem de metal altlıkların korozyondan dolayı deforme oldukları gözlemlendi. Metal altlıklar ZnO çözeltisi ile 20'şer dip olarak kaplandı. Dip coaterda ZnO ile nanoçubuk kaplaması yapılan her bir altlık en az 24 saat kapalı hazne içerisinde bekletilerek tavlama işlemine hazır hale getirilmesi sağlandı. ZnO nanoçubuk katman kaplamasından sonra altlıkların üzerinde mat çökelti tabakası oluşumu gözlendi.

3.2.2. Metal üzerine sol-jel daldırma yöntemiyle (dip coating) CuCoMnOx kaplanması

Cu, Al veya galvaniz metal altlıklar ve kaplama için CuCoMn çözeltisi dip coaterin ilgili yerlerine yerleştirildikten sonra cihazın değer girişleri yapıldı. Cihaz ısıtma ısısı 350-400 ºC derece aralığında ayarlandı. 400 ºC dereceden daha yüksek sıcaklıklarda CuCoMn çözeltisinin metal altlıklardan döküldüğü ve yanma benzeri durumların oluştuğu gözlemlendi. Metal altlıklar 7'şer dip olarak sol-jel daldırma yöntemiyle kaplandı. 350 ºC dereceden daha düşük sıcaklıklarda ise altlıkların üzerinde siyah soğurucu katman oluşumu ya çok az oluştu ya da hiç oluşmadı. Belirtilen sıcaklık aralığında 7 dip olarak kaplanan altlıklar kapalı bir hazne içerisinde tavlama işlemine hazır olmak üzere 24 saat dinlendirildi.

3.2.3. Kül fırın ile tavlama yapılması

Önceki aşamalarda ZnO nanoçubuk ve CuCoMnOx seçici soğurucu katman kaplaması yapılan altlıklar korozyona karşı daha dirençli olmalarının sağlanması amacıyla Wisetherm marka kül fırın tavlama cihazı kullanılarak tavlamaları yapılmıştır. Öncelikle Alüminyum altlıklar kül fırın içerisine yerleştirildi. Kapağı iyice kapatıldıktan sonra 510 ºC derece sıcaklığa erişinceye kadar ısınması beklendi (yaklaşık 14-15 dakika). Daha sonra 45 dakika boyunca 510 ºC derecede tavlanması sağlandı. Kül fırın ısıtıcısının kapatılmasından sonra altlıklar 24 saat boyunca kül fırın içerisinde soğumaya bırakıldı. Çıkarılan örnekler test ve ölçümler için sonraki aşamada işleme tabi tutuldu.

3.2.4. Elde edilen kaplama örneklerinin test için hazırlanması

ZnO nanoçubuk ve CuCoMnOx seçici soğurucu katman kaplaması yapılan altlıklar XRD ve SEM cihazlarında reflektans ve soğurma ölçüm değerlerinin alınabilmesi için 1 cm x 1 cm kesitler halinde metal makasıyla kesitlere ayrıldı. Örnek kesitleri tamamen kapalı ve dış etkilerden korunacağı bir şeklide muhafaza edilerek test işlemine hazırlığı tamamlandı. Çizelge 3.3.'te test için hazırlanan metal levhaların listesi verilmiştir.

Çizelge 3.3. Test için hazırlanan metal levhaların kodları ve yapılan işlemler

Malzemenin cinsi ve kodu	Kaplamanın çeşidi	Isıl işlem durumu
E1- Bakır	Sadece ZnO	Tavlanmadı
E2- Bakır	Sadece CCMO	Tavlanmadı
E4- Bakır	ZnO ve CCMO	Tavlanmadı
E5- Bakır	ZnO ve CCMO	Tavlanmadı
E6- Alüminyum	Sadece CCMO	Tavlanmadı
E7- Alüminyum	Sadece ZnO	Tavlandı
E8- Alüminyum	ZnO ve CCMO	Tavlanmadı
E9- Alüminyum	Sadece CCMO	Tavlandı
E10- Alüminyum	ZnO ve CCMO	Tavlandı
E11- Alüminyum	ZnO ve CCMO	Tavlandı
E12- Galvaniz	Sadece CCMO	Tavlanmadı
E13- Galvaniz	ZnO ve CCMO	Tavlanmadı
E14- Galvaniz	ZnO ve CCMO	Tavlanmadı
E15- Galvaniz	Sadece ZnO	Tavlanmadı

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Giriş

Bu çalışmamızda örneklerimizin karakterizasyonunu belirlemek için morfolojik özellikleri, yapısal özellikleri ve optik özellikleri incelendi. Bu özelliklerin tespiti için sırasıyla SEM, XRD ve Uv-Vıs cihazları kullanıldı. Tüm ölçümler bakır, alüminyum ve galvaniz metal levhalarından ayrı ayrı yapılmış olup bu sayede farklı metallerin CuCoMnOx seçici soğurucu kaplamasının ışınım soğurma oranına etkisi değerlendirildi. ZnO ve CuCoMnOx uygulaması yapılan örneklerle, ZnO nanoçubuk uygulanmadan sadece CuCoMnOx uygulanarak hazırlanan örneklerin karakterizasyon değerlendirilmeleri ayrı ayrı yapılmıştır. Bu sayede ZnO nanoçubuk oluşumunun seçici soğurucu katman uygulaması üzerindeki soğurma oranına katkısı değerlendirildi.

4.2. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış Bakır Levhanın Karakterizasyonu

Bu bölümde ZnO nanoçubuk katmanı üzerine CuCoMnOx seçici soğurucu katmanı oluşumunun yapısal, morfolojik ve optik değerlendirmelerini yaptık. ZnO nanoçubuk uygulamasının, CuCoMnOx soğurucu katmanının soğurma ve emisyon oranlarına etkisini değerlendirilmesi için sadece CuCoMnOx kaplaması yapılmış örneklerin ölçümleri ile ZnO nanoçubuk ve CuCoMnOx kaplanmış örneklerin ölçümlerinin karşılaştırılması yapıldı. Bu sayede ZnO nanoçubuk oluşumunun bakır levhalar üzerine kaplanan CuCoMnOx seçici katmanına etkisi karakterize edilmiş oldu. Şekil 4.1.'de ZnO ve CCMO kaplanmış bakır levha görünmektedir.

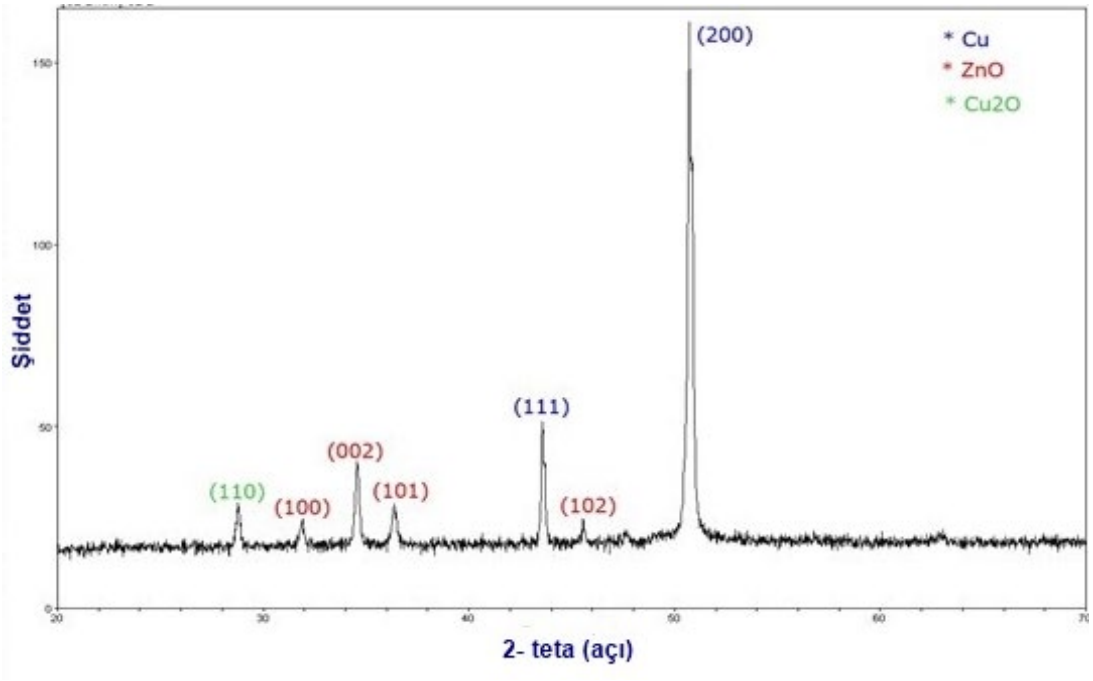


Şekil 4.1. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış bakır levha

4.2.1. Sadece ZnO kaplanan bakır levhanın karakterizasyonu

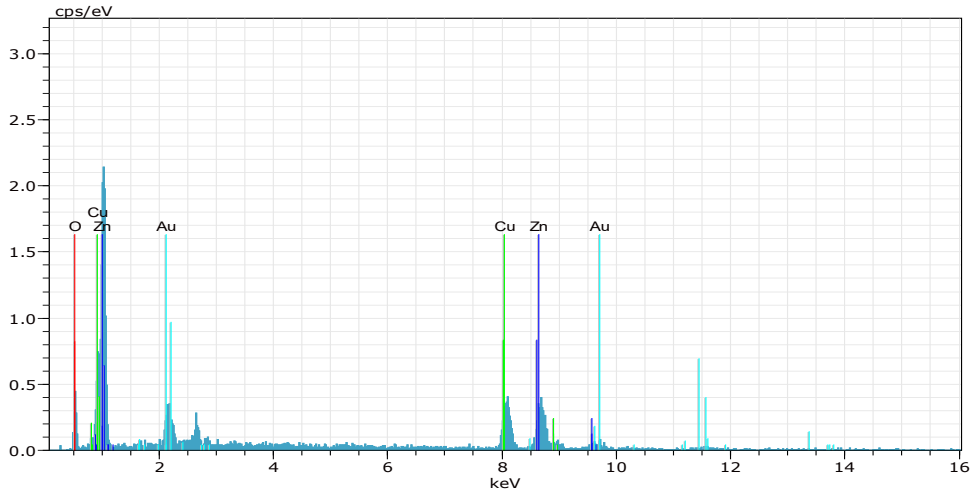
XRD yöntemi katıhal fiziğindeki Bragg yasasına göre çalışmaktadır. Burada x ekseni 2 teta açıya karşılık gelir. Bunun yarısı olan teta açısı $2.d.\sin\theta = n.\lambda$ Bragg bağıntısındaki Bragg açısını temsil ediyor. Bu şart sağlandığından grafikte de görünen pikler elde edildi. Her bir pik kristaldeki bir düzlemi temsil eder ve her bir düzlem ise Miller indisleri (hkl) ile belirlenir. Grafikte kırmızı renkli Miller indisli pikler çinko oksite aittir. Çinko oksit hekzagonal yapıda kristalleşir. Mavi renkli olan pikler ise bakır levhaya aittir. Bu da bakır altlığa ZnO nanoçuğunu başarılı bir şekilde kapladığımızı gösterir.

Cu üzerine ZnO kaplanmış örnek her ne kadar tavlanmamış olsa da daha hazırlanma aşamasında dahi altlıkta oksitlenme başlamıştır. Bakır altlığın oksitlendiğinin göstergesi de yeşil renkli Cu_2O' ya ait XRD pikidir. Şekil 4.2.'de görünen grafik X ışını kırınım cihazından elde edilmiştir.



Şekil 4.2. Sadece ZnO kaplanmış bakır levhanın XRD grafiği

Şekil 4.3.'te görünen EDX grafiği sadece ZnO kaplanan bakır levhaya aittir. EDX Spektrumunda da görüldüğü gibi Cu, Zn, O, Au atomlarına ait X-ışını dalgalarının pikleri bulunmaktadır. Bu sonuca göre, bakır üzerine ZnO kaplanmıştır. Burada Au elementi SEM görüntüsü alımı için yüzeye kaplanan altından gelmektedir.



Şekil 4.3. Sadece ZnO kaplanmış bakır levhanın EDX grafiği

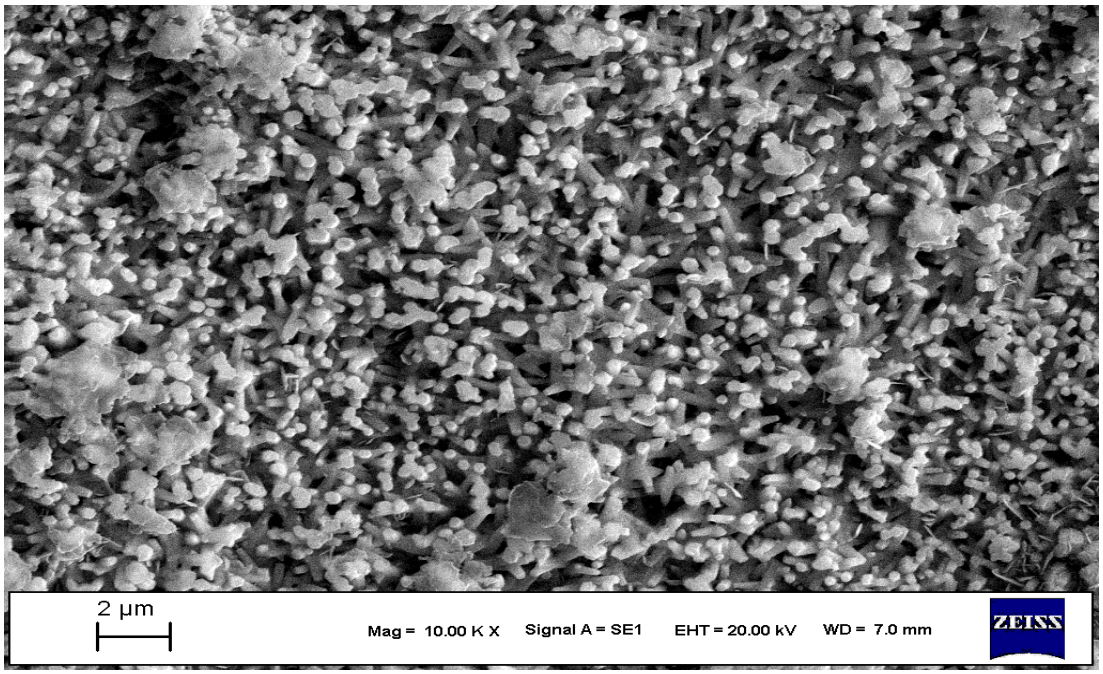
Çizelge 4.1.'deki tabloya göre, oksijenle (30.62) çinko (31.57) oranı birbirine çok yakın yani ZnO bileşiği ideal orana yakın görünüyor. Öte yandan bakır %31.24 çıkmıştır. Çünkü altlığımız bakır, yani biz bakıra kapladığımız için bakırın sinyalleri

de görünüyor. Tablodaki altın oranı ise SEM görüntüsü elde etmek için kapladığımız altın filimden gelmektedir.

Çizelge 4.1. Sadece ZnO kaplanmış bakır levhanın elementel dağılımı

Element	Ölçüm değeri (wt. %)	Normalize değer (wt. %)	Atom sayısı (%)	Hata oranı (%)
Bakır	39.27	34.03	31.24	1.8
Çinko	40.84	35.39	31.57	2.0
Altın	25.59	22.18	6.57	1.4
Oksijen	9.69	8.40	30.62	3.2
Toplam	115.40	100.00	100.00	

Şekil 4.4.'te ZnO nanoçubuğun bakır altlık üzerinde oluşumunun SEM görüntüsü verilmiştir. Nanoçubuk yapılar farklı açı ve yönlerde sütunlar şeklinde oluşmuştur.



Şekil 4.4. Sadece ZnO kaplanmış bakır levhanın SEM görüntüsü

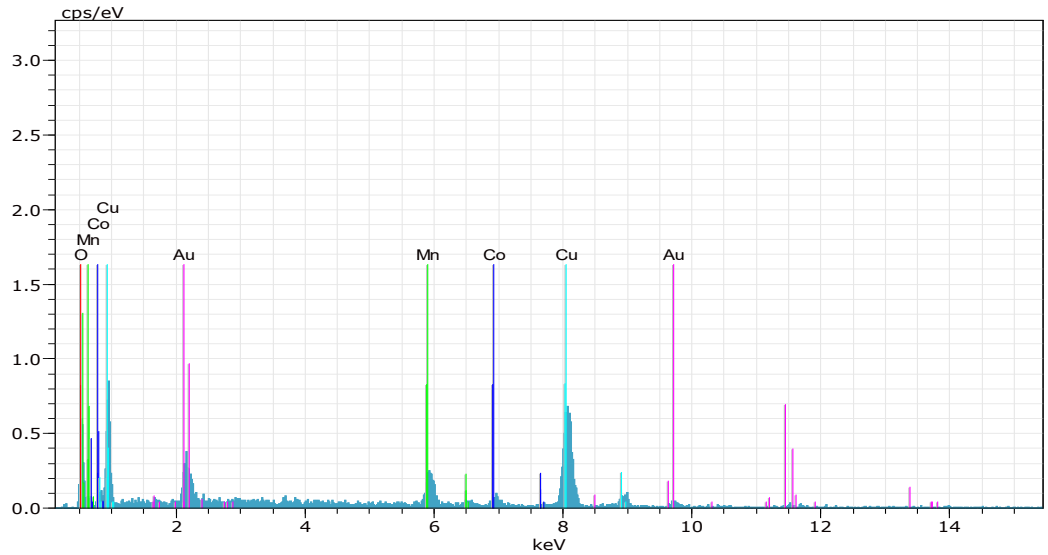
4.2.2. Sadece CuCoMnOx kaplanan bakır levhanın karakterizasyonu

Şekil 4.5.'teki EDX spektrumu ve Çizelge 4.2.'deki elementel dağılım tablosu bakır levha üzerinde Mn, Co, Cu, O elementlerinin varlığını doğrulamaktadır. Bu da yüzeye CuCoMnOx kapladığımızın göstergesidir. Tablodaki altın oranı SEM görüntüsü alabilmek için örneklere uygulanan altın film kaplamasından kaynaklanmaktadır. Bakır altlık tavlanmadığı halde oldukça iyi düzeyde oksitlenme

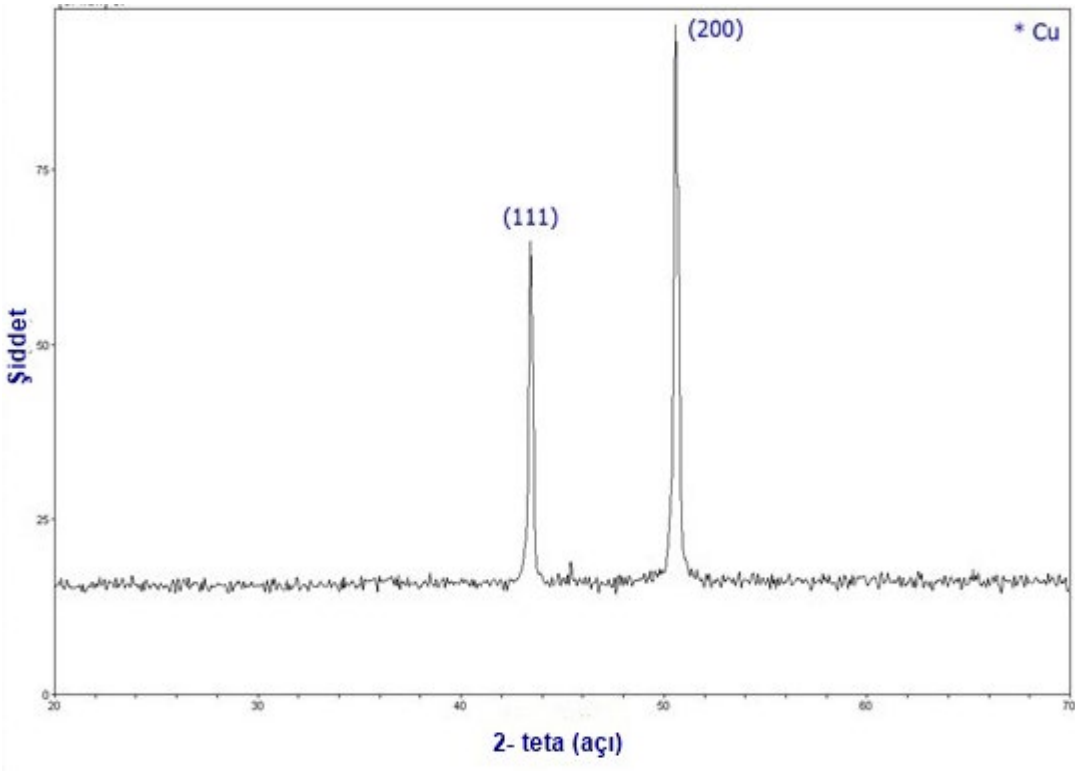
gerçekleşmiştir. Elementel dağılımda bakırın yüksek oranda görünmesinin sebebi altlığında bakır olmasından kaynaklıdır.

Çizelge 4.2. Bakır altlık üzerindeki CuCoMnOx kaplamasının elementel dağılımı

Element	Ölçüm değeri (wt.- %)	Normalize değer (wt.- %)	Atom sayısı (%)	Hata oranı (%)
Manganez	11.24	9.88	9.14	0.6
Kobalt	4.29	3.77	3.25	0.4
Bakır	70.56	62.01	49.57	2.6
Altın	15.30	13.45	3.47	0.9
Oksijen	12.39	10.89	34.58	3.4
Toplam	113.80	100.00	100.00	

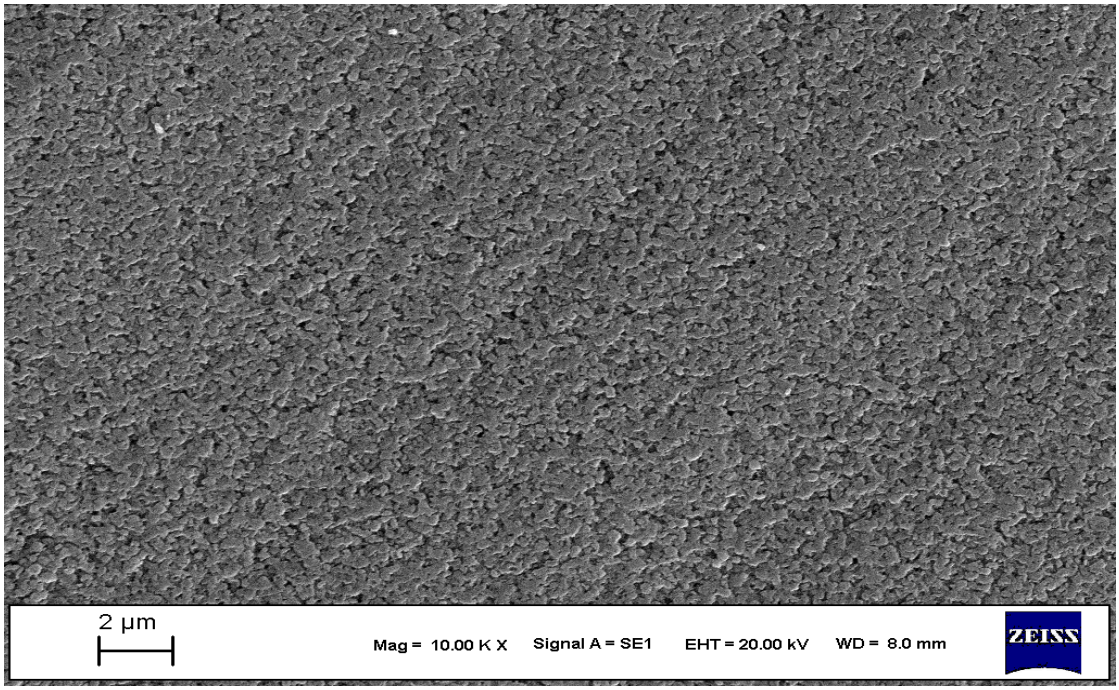


Şekil 4.5. CuCoMnOx kaplanmış bakır levhanın EDX spektrumu



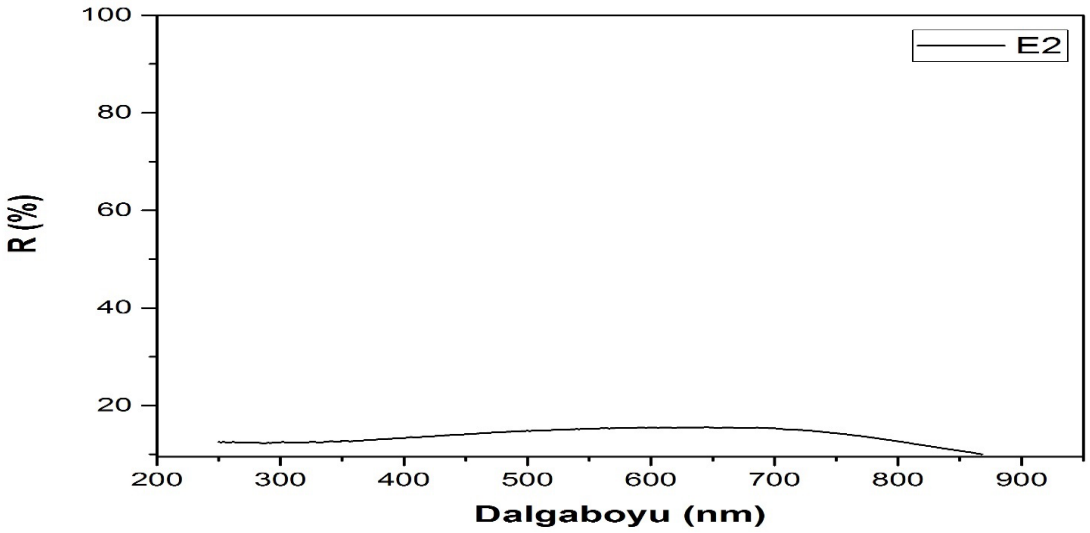
Şekil 4.6. CuCoMnOx kaplanmış bakır levhanın XRD grafiği

Şekil 4.6.'daki XRD grafiğinde ise CuCoMnOx gözlenmemiştir. Çünkü malzeme bakır levha üzerinde henüz amorf yapıdadır. Kristalleşme olsaydı XRD pikleri gözlenirdi. CuCoMnOx seçici soğurucu malzemesinin kristalleşebilmesi için yüksek sıcaklıklarda tavlamak gerekir. Biz bakır altlığa tavlama yapamadık çünkü malzeme yapısında bozulmalar ve kaplamalarımızın dökülmesine sebep oldu.



Şekil 4.7. CuCoMnOx kaplanmış bakır altlığın SEM görüntüsü

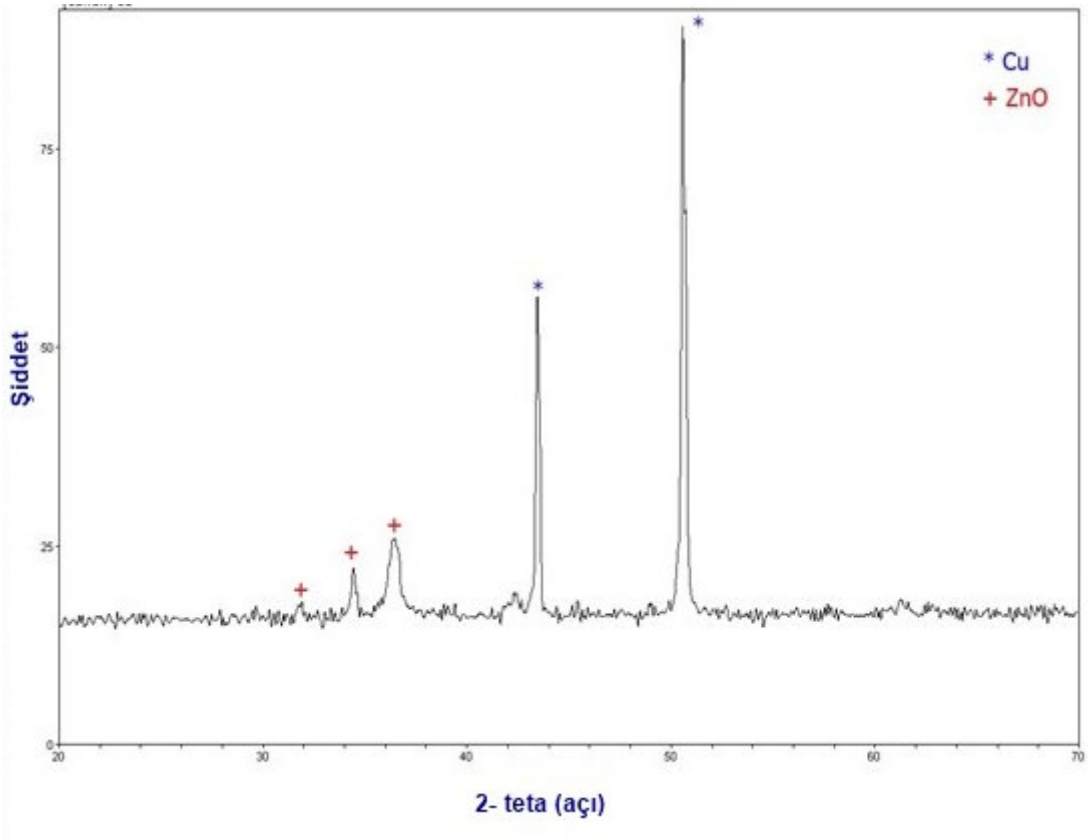
Şekil 4.7.'deki görsel CuCoMnOx kaplanmış fakat tavlanmamış Cu levhanın SEM görüntüsüne aittir. SEM cihazıyla elde edilen görüntüde bakır levha üzerinde CuCoMnOx seçici soğurucu katmanının oluştuğu görünmektedir. Bakır levhalar üzerine yapılan CuCoMnOx seçici soğurucu kaplamasının optik yansıma ölçümleri Uv-Vis cihazından alınarak soğurma katsayıları hesaplanmıştır. 200 nm ile 868 nm dalgaboyları arasındaki yansıma spektrumuna göre bakır üzerine kaplı CuCoMnOx soğurucu katmanının ortalama soğurma oranı Şekil 4.8.'de göründüğü gibi %86.14 olarak hesaplandı.



Şekil 4.8. CuCoMnOx kaplanmış bakır levhanın Uv-Vıs grafiği

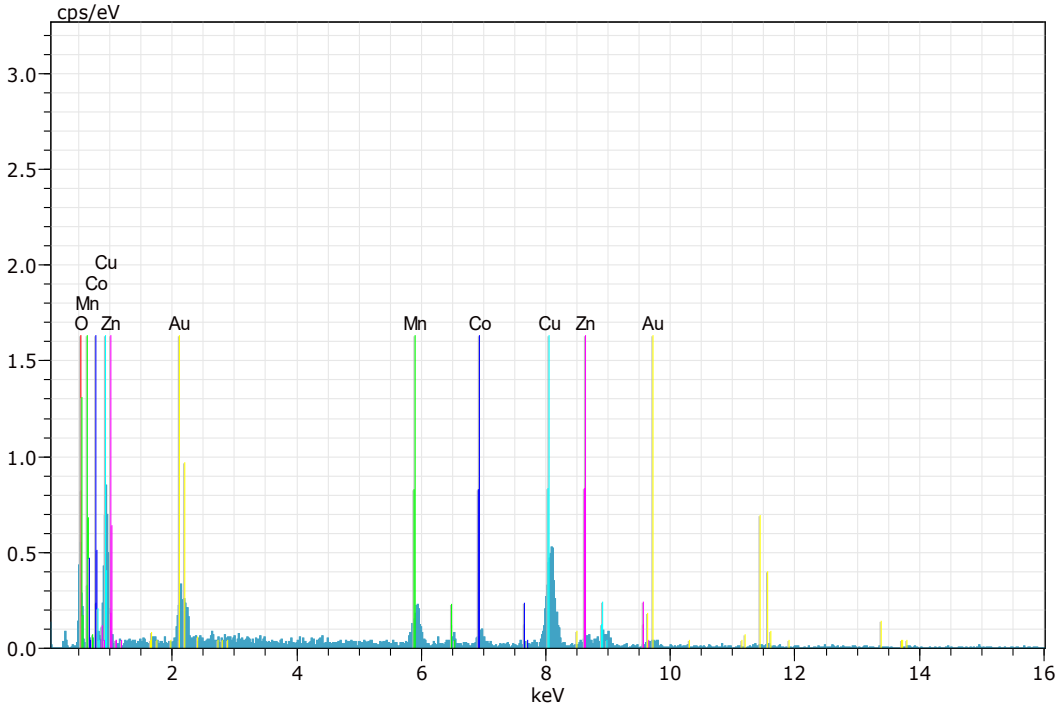
4.2.3. ZnO nanoçubuk ve CuCoMnOx kaplanmış bakır levhanın karakterizasyonu

Şekil 4.9.'daki ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış bakır levhaya ait XRD grafiğinde göründüğü gibi bakır levhanın yüzeyinde ZnO nanoçubuk pikleri görünmektedir. CuCoMnOx'e ait piklerin görünmemesinin sebebi bakır levhalara tavlama işleminin yapılmamış olmasıdır. Eğer ki tavlama işlemi yapılmış olsaydı CuCoMnOx kristalleşir ve XRD grafiğinde pikleri görünürdü.



Şekil 4.9. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış bakır levhanın XRD grafiği

Şekil 4.10.'daki ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış bakır levhanın EDX grafiğinde kobalt, mangan, bakır, oksijen, çinko atomlarına ait pikler bulunmaktadır. Bu piklerin varlığı bakır levhanın hem ZnO hem de CCMO ile başarılı bir şekilde kaplandığını gösteriyor.



Şekil 4.10. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış bakır levhanın EDX grafiği

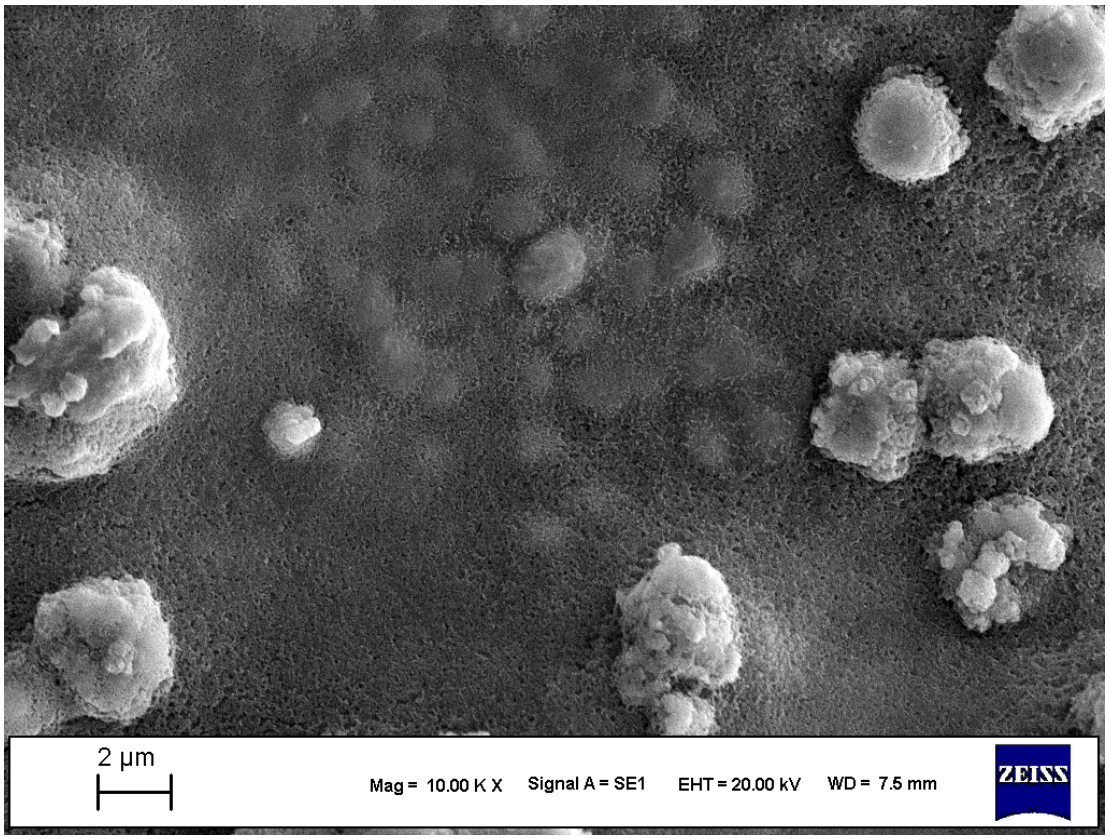
Çizelge 4.3. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış bakır levhanın elementel dağılımı

Element	Ölçülen değer (wt. -%)	Normalize değer (wt.- %)	Atom sayısı (%)	Hata oranı (%)
Manganez	10.96	9.02	8.76	0.6
Kobalt	5.40	4.44	4.02	0.5
Bakır	66.82	54.98	46.14	2.8
Çinko	9.12	7.50	6.12	1.0
Altın	17.94	14.76	4.00	1.1
Oksijen	11.29	9.29	30.97	3.7
Toplam	121.54	100.00	100.00	

Çizelge 4.3.'teki EDX grafiğinde görünen mangan, kobalt, bakır, oksijen elementleri bakır levhanın CuCoMnOx seçici soğurucu katman kaplandığının, çinko ve oksijen elementlerinin varlığı ise ZnO nanoçubuk kaplandığının göstergesidir. Bakır altlık tavlanmamış olmasına rağmen yüzeyde oksitlenme kaplama aşamasında oluşmuştur. Altın elementinin görünmesi ise SEM görüntüsü almak için yapılan filmden kaynaklıdır. Kobalt, mangan, çinko oranları kullanmış olduğumuz çözeltinin molarite dağılımına uygundur.

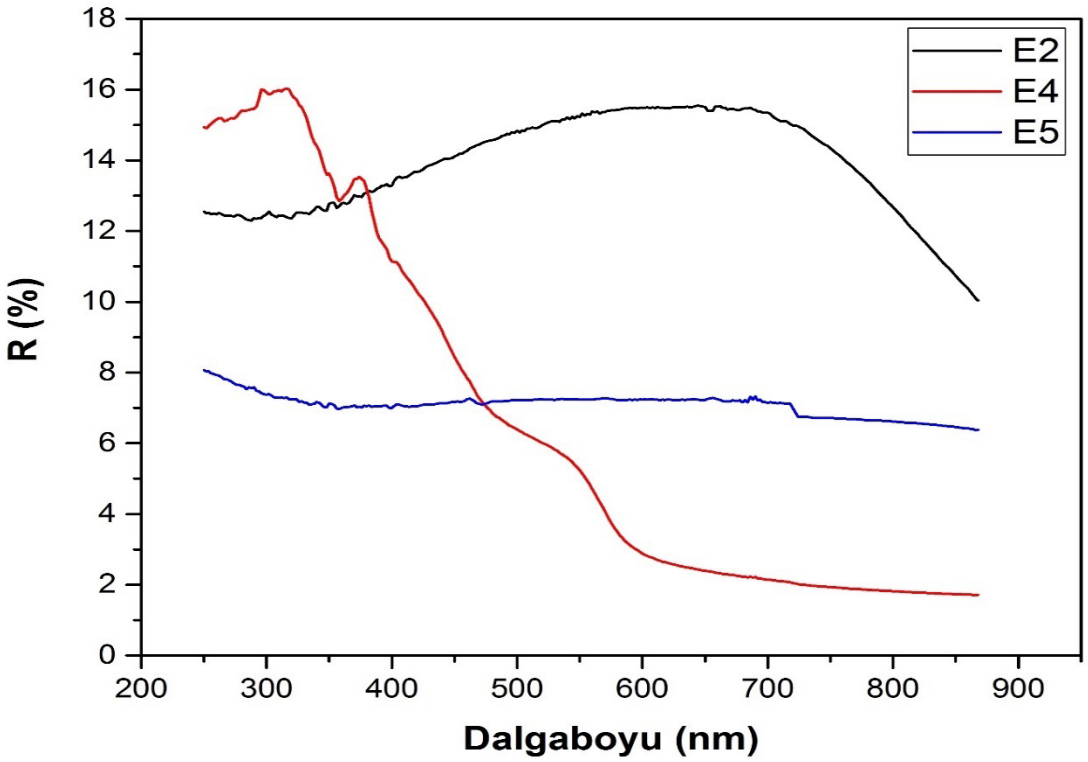
Şekil 4.11.'de ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış bakır levhaya ait SEM görüntüsünde ZnO nanoçubuğa ait beyazımsı kümeler görünmektedir. ZnO

nanoçubuklar baca şekline benzer yığınlar halinde oluştu. Buda örneğimizde ZnO nanoçubuk oluşumunun bir başka ispatıdır. Genel olarak yüzey CuCoMnOx kaplaması, nanoçubuk yığınlar arasında örgü şeklinde görünmektedir.



Şekil 4.11. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış bakır levhanın SEM görüntüsü

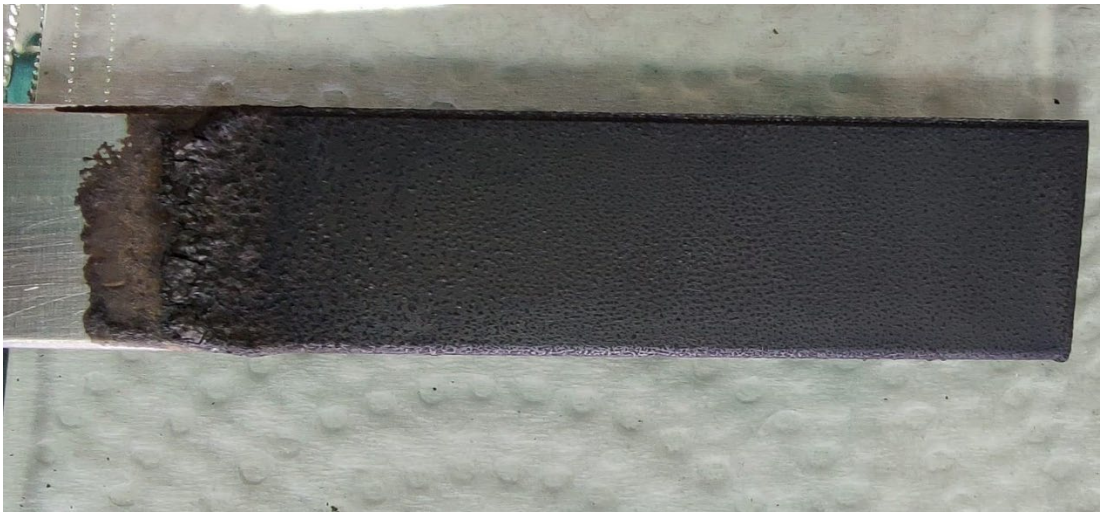
Optiksel özelliklerin tespiti için Uv-Vis kullanılarak Şekil 4.12.'deki Uv-Vis grafiği elde edilmiştir. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış bakır levhanın Uv-Vis cihazından ölçülen %R (reflektans) grafiğinde E2, E4 ve E5 örneklerinin yansıtma karakterizasyonu incelenmiştir. E2 örneği sadece CuCoMnOx kaplanmış diğer iki örnek ise ZnO nanoçubuk ve CuCoMnOx kaplanmış örneklere aittir. Bu grafikte göründüğü gibi ZnO nanoçubuk oluşturduğumuz örneğin gelen ışınımı yansıtma oranı sadece CuCoMnOx örneğinin yansıtma oranından daha düşüktür. Buda bize ZnO nanoçubuk oluşumunun CuCoMnOx seçici soğurucu katmanının 250nm ve 860nm dalga boyları arasında soğurma değerini artırdığını göstermektedir. Soğurma oranı sadece CCMO kaplanan örnekte %86.14 iken ZnO ve CCMO kaplanan örnekte %94.05 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.12. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış bakır levhanın Uv-Vis yansıma grafiği

4.3. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış Alüminyum Levhanın Karakterizasyonu

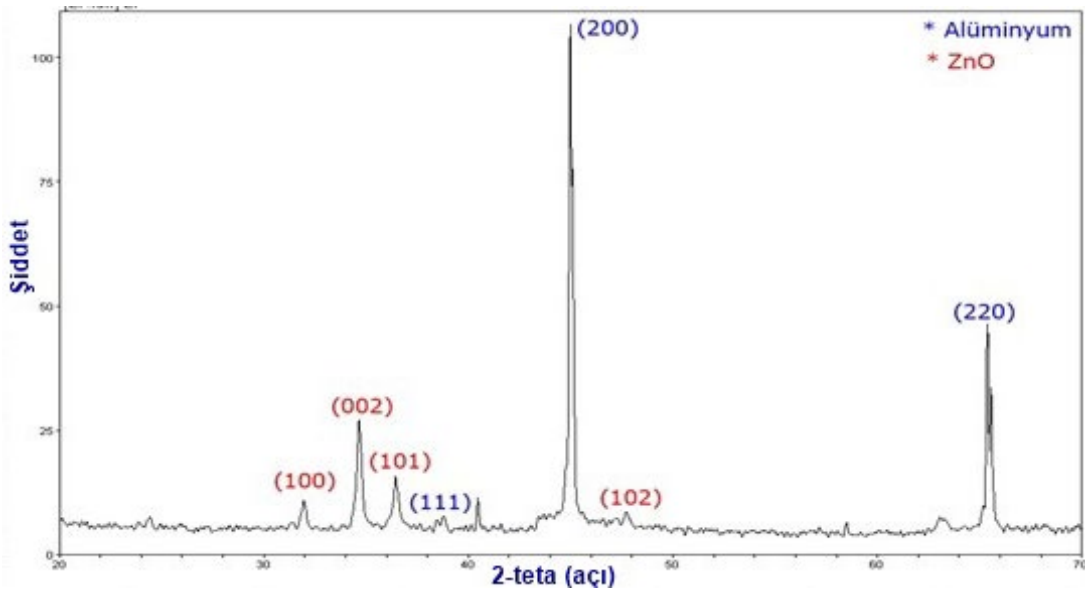
Al levhaların materyal ve yöntem kısmında belirtildiği şekilde CuCoMnOx seçici soğurucu katman kaplaması yapıldı. Bu kaplama sonucunda hedeflendiği gibi homojen ve siyah renkte görünümlü soğurucu yüzey elde edildi. Şekil 4.13.'te ZnO ve CCMO kaplanmış alüminyum levha görünmektedir.



Şekil 4.13. ZnO ve CuCoMnOx seçici soğurucu yüzey kaplaması yapılmış Al altlık

4.3.1. Sadece ZnO kaplanan alüminyum levhanın karakterizasyonu

Şekil 4.14.'te sadece ZnO kaplanmış alüminyum levhanın XRD cihazında elde ettiğimiz grafiği görünmektedir. Grafikte Bragg açı şartının sağlandığı ZnO ve Al'ye ait pikler görünmektedir. Buda bizim alüminyum levhayı başarılı bir şekilde ZnO kapladığımızı gösterir. Bakır ve galvaniz altlığımızdan farklı olarak alüminyum altlığımızı yüksek sıcaklıkta tavladık.

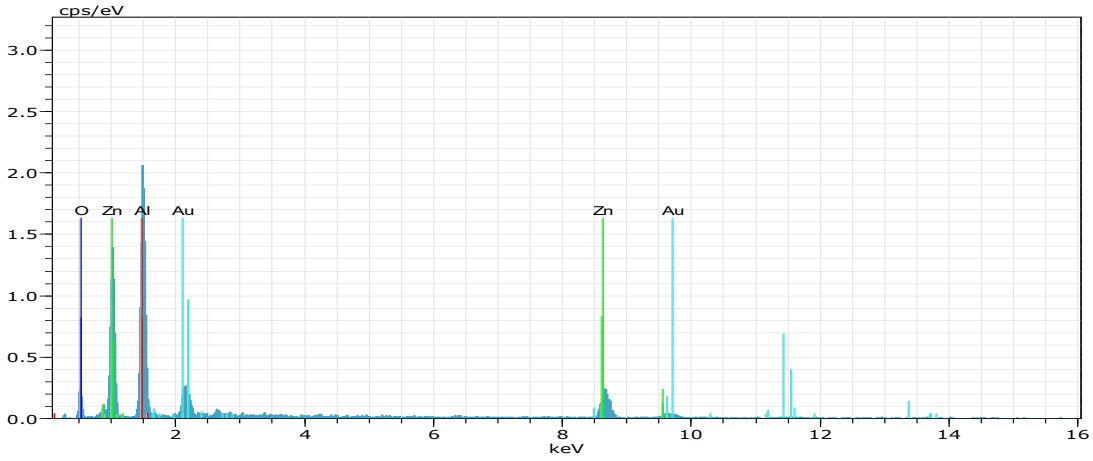


Şekil 4.14. Sadece ZnO kaplanmış ve tavlanmış Al levhaya ait XRD grafiği

Şekil 4.15.'te ZnO kaplanmış Al levhaya ait EDX grafiği görünmektedir. EDX grafiğinde çinko, oksijen ve alüminyuma ait yansımalar mevcuttur. Altın elementinin görünmesi, ölçümler için levha yüzeyine yapılan film kaplamasından kaynaklıdır.

Çizelge 4.4. Sadece ZnO kaplanmış ve tavlanmış Al levhaya ait elementel dağılımı

Element	Ölçüm değeri (wt. -%)	Normalize değer (wt.-%)	Atom sayısı (%)	Hata oranı (%)
Alüminyum	45.07	36.10	47.89	2.4
Çinko	43.44	34.79	19.05	1.9
Altın	19.49	15.61	2.84	1.1
Oksijen	16.86	13.51	30.22	5.2
Toplam	124.87	100.00	100.00	



Şekil 4.15. Sadece ZnO kaplanmış ve tavlanmış Al levhaya ait EDX grafiği

Çizelge 4.4.'teki ZnO kaplanmış ve tavlanmış Al levhaya ait elementel dağılım tablosunda çinko (43.44), oksijen (16.86) oranları görünmektedir. Çinko ve oksijen elementlerinin varlığı, alüminyum levha yüzeyinde çinko oksit nanoçubuğunun başarılı bir şekilde oluştuğunu göstermektedir. Alüminyum elementi kullanmış olduğumuz altlıktan, altın elementi ise SEM ölçümü için yapılan ince film kaplamasındandır.

Şekil 4.16.'da sadece ZnO kaplanmış ve tavlanmış Al levhaya ait SEM görüntüsü analizi nanoçubuk kaplanmış alüminyum levhanın morfolojisi hakkında bilgi vermektedir. Beyaz renkte ağcık yapılar ZnO nanoçubuğun görüntüleridir.

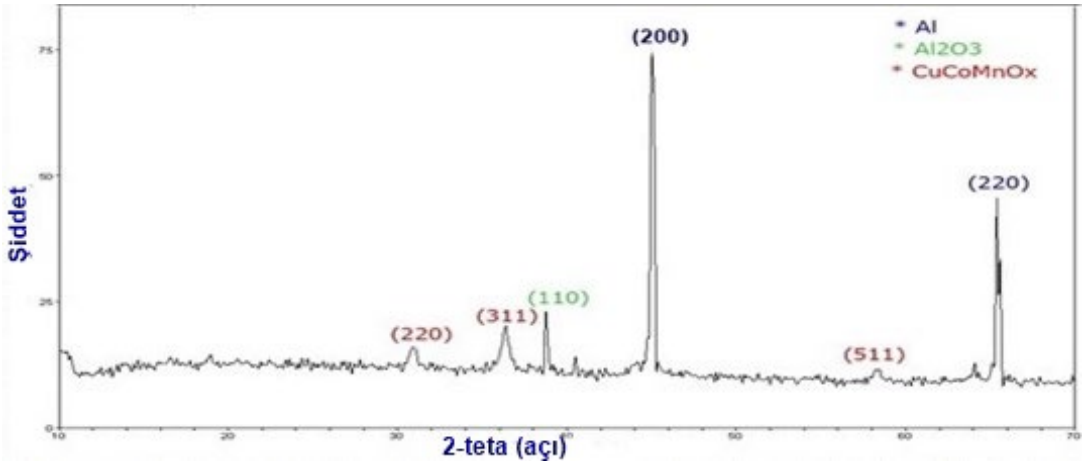
Alüminyum levha üzerinde bakır levhada da olduğu gibi sol jel daldırma tekniği ile nanoçubuk yapılar oluşturduk.



Şekil 4.16. Sadece ZnO kaplanmış ve tavlanmış Al levhaya ait SEM görüntüsü

4.3.2. Sadece CuCoMnOx kaplanan alüminyum levhanın karakterizasyonu

Yapısal özellik karakterizasyonu için XRD cihazı grafiği kullanıldı. Şekil 4.17.'deki grafik, CuCoMnOx seçici soğurucu katman kaplaması ve yüksek ısıda tavlama yapılmış Al örneğe ait XRD grafiğidir. Al üzerine sadece CuCoMnOx kaplı filmlerin XRD grafiğinde Al' ye ait XRD pikleri, CuCoMnOx' ya ait XRD pikleri ve Al_2O_3 fazına ait XRD pikleri görülmektedir. Bakır levhadan farklı olarak Al üzerine kaplı CuCoMnOx pikleri ortaya çıkmıştır. Yani CuCoMnOx kristalleşmiştir. Çünkü bu örneğin yüksek sıcaklıkta tavlaması yapıldı. Bununla birlikte grafikte görüldüğü gibi Alüminyum levha yüzeyinde oksitlenme oluşmuş ve Al_2O_3 fazı da ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.17. Sadece CuCoMnOx kaplanmış ve tavlanmış Al levhaya ait XRD grafiği

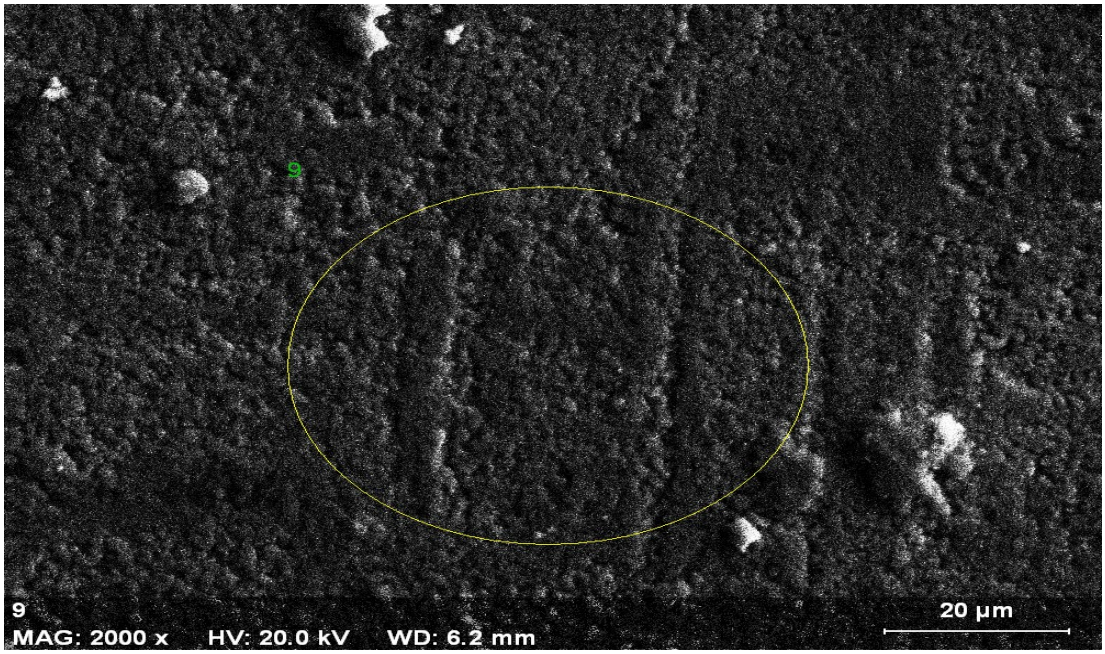
Çizelge 4.5.'teki tablo CuCoMnOx seçici soğurucusu kaplanmış Al levhaya aittir. Tabloda CuCoMnOx kaplama içeriğinin elementel dağılımı görünmektedir. Mn, Co, Cu, O elementlerinin varlığı alüminyum levhanın CuCoMnOx kaplama yapıldığını doğrulmaktadır. Alüminyum elementinin varlığı kullanılan altlığın alüminyum metali olmasından ve altın elementinin varlığı ise SEM görüntüsü alınması için örnek yüzeyinin film kaplanmasından kaynaklıdır.

Tabloda görünen Mn (%15.47), Co (%4.61), Cu (%17.04) yüzdelik oranları kullanılan çözeltideki molarite dağılımına uygundur.

Çizelge 4.5. CuCoMnOx kaplanmış Alüminyum levha yüzeyinin elementel dağılımı

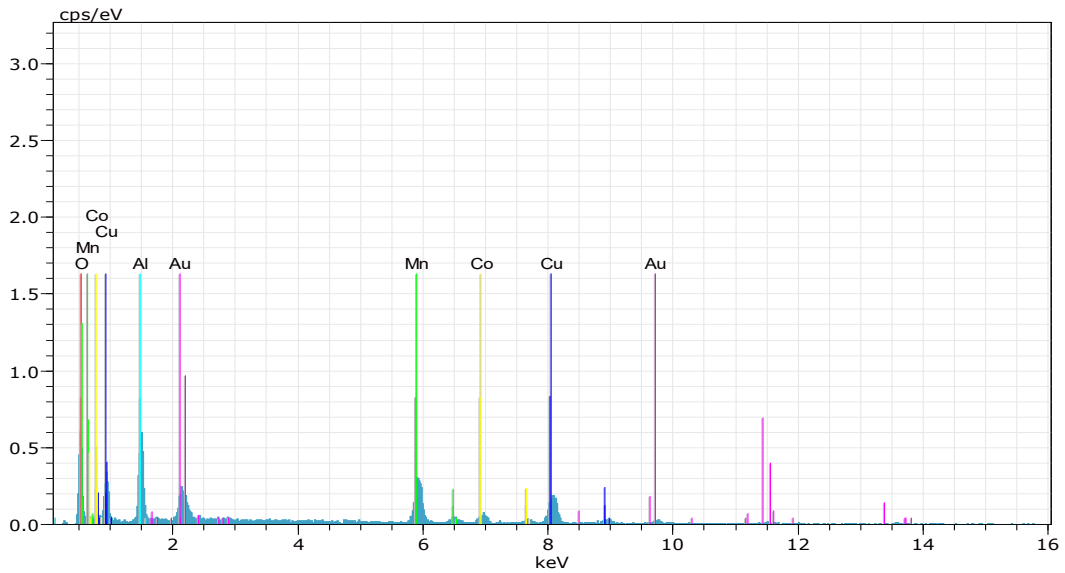
Element	Ölçüm değeri (wt.- %)	Normalize değer (wt. -%)	Atom sayısı (%)	Hata oranı (%)
Manganez	23.75	21.93	15.47	0.9
Bakır	30.25	27.94	17.04	1.3
Alüminyum	13.75	12.70	18.24	0.8
Altın	14.15	13.06	2.57	0.8
Kobalt	7.59	7.01	4.61	0.5
Oksijen	18.80	17.36	42.06	4.1
Toplam	108.28	100.00	100.00	

CuCoMnOx kaplaması yapılmış alüminyum levhanın morfolojik özelliklerinin belirlenmesi için SEM cihazı ölçümleri kullanılmıştır. Şekil 4.18.'deki SEM cihazına ait görselde göründüğü gibi Al levha üzerinde pürüzlü bir katman oluşmuştur. Bu katman, sol jel daldırma tekniğiyle kaplamış olduğumuz CuCoMnOx seçici soğurucu katmanıdır.



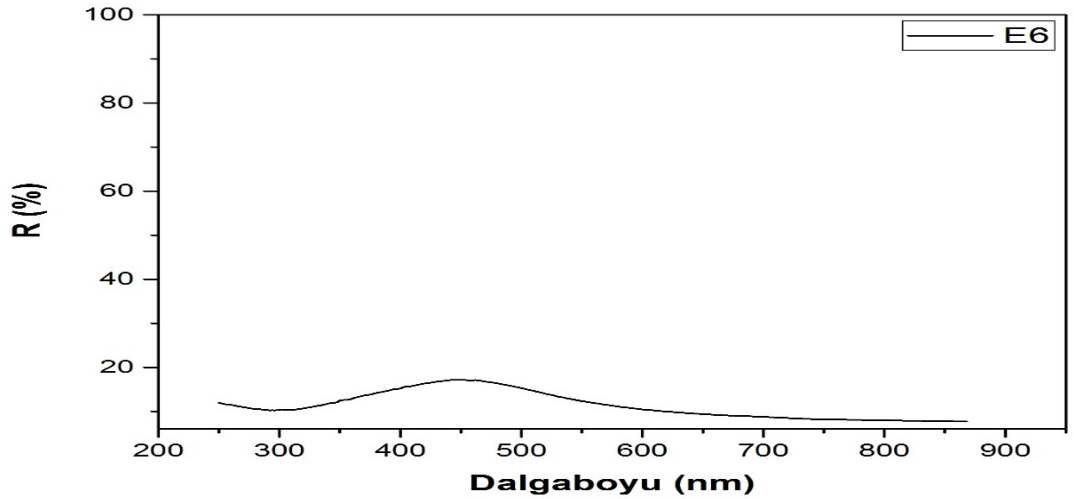
Şekil 4.18. Sadece CuCoMnOx kaplanmış Alüminyum levhanın SEM görüntüsü

Şekil 4.19.'daki EDX grafiğinde mangan, kobalt, bakır ve oksijene ait elementel yansımalar görünmektedir. Buda CuCoMnOx seçici soğurucu katmanının başarılı bir şekilde Alüminyum levha üzerinde oluştuğunu gösterir. Grafikte görünen altın elementi ise SEM görüntüsü alabilmek için örneklerimizin üzerine kaplanan altın filmden gelmektedir.



Şekil 4.19. Sadece CuCoMnOx kaplanmış Al levhanın EDX grafiği

Sadece CuCoMnOx kaplanmış alüminyum levhanın optik özelliklerinin tespiti için Uv-Vis ölçümleri kullanıldı (Şekil 4.20.). Al levhalar üzerine yapılan CuCoMnOx kaplamanın optik yansıma ölçümleri Uv-Vis cihazından alınarak soğurma katsayıları hesaplanmıştır. 250 nm ile 860 nm dalgaboyları arasındaki yansıma spektrumuna göre alüminyum üzerine kaplı CuCoMnOx katmanının ortalama soğurma oranı %88.69 olarak hesaplandı.



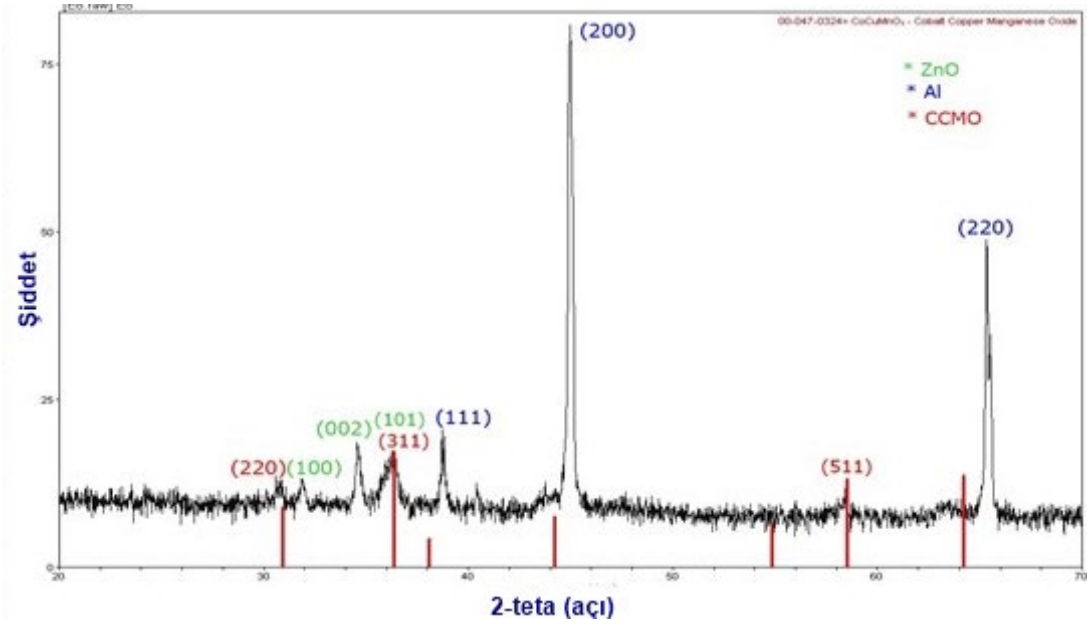
Şekil 4.20. Sadece CuCoMnOx kaplanmış Al levhanın Uv-Vıs grafiği

4.3.3. ZnO nanoçubuk ve CuCoMnOx kaplanmış alüminyum levhanın karakterizasyonu

Yapısal özellik karakterizasyonunu belirlemek için XRD ölçümlerinin sonuçları kullanılmıştır. Şekil 4.21.'deki grafik, ZnO nanoçubuk ve CuCoMnOx seçici soğurucu kaplaması yapılmış ve yüksek ısıda tavlanmış Alüminyum örneğe ait XRD grafiğidir. Al üzerine ZnO ve CuCoMnOx kaplı filmlerin XRD grafiğinde Alüminyuma ait XRD pikleri, ZnO' ya ait XRD pikleri, CuCoMnOx' ya ait XRD pikleri ve Al_2O_3 fazına ait XRD pikleri görülmektedir.

Bakır levhadan farklı olarak Alüminyum levha üzerine kaplanan CuCoMnOx'in pikleri ortaya çıkmıştır. Yüksek ısıda tavlama işlemi yapıldığından dolayı CuCoMnOx kristalleşmiştir. Bununla birlikte grafikte görüldüğü gibi Alüminyum levha yüzeyinde

oksitlenme oluşmuş ve Al_2O_3 fazı da ortaya çıkmıştır. Buda hem ZnO nanoçubuk hem de CuCoMnOx kaplanma yapıldığını doğrulamaktadır.



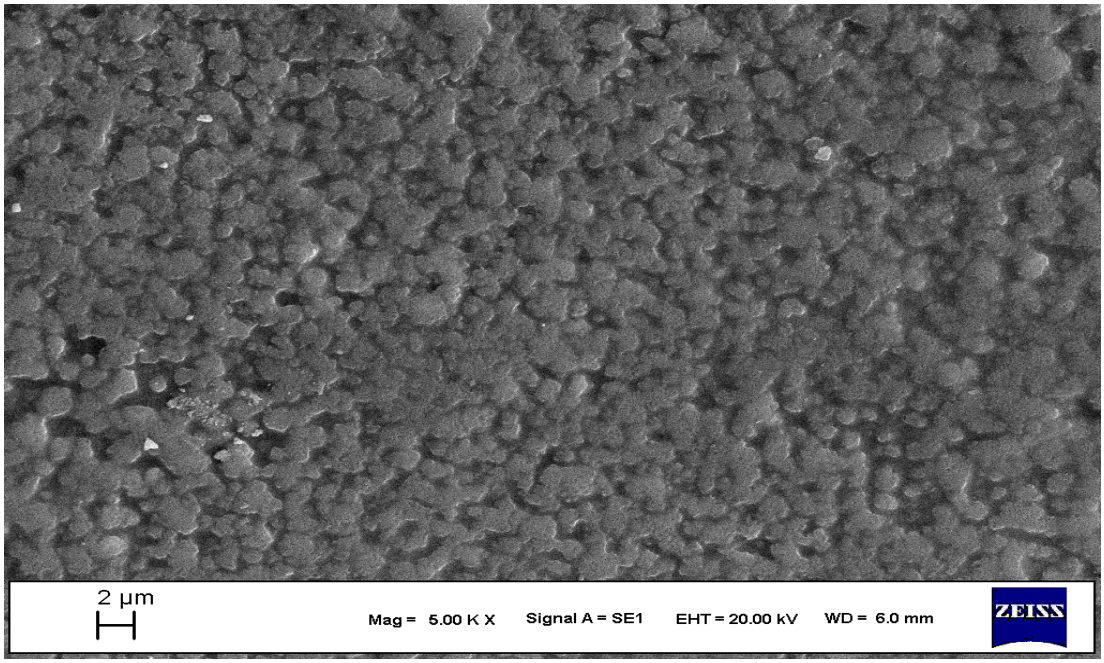
Şekil 4.21. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış Alüminyum levhanın XRD grafiği

Çizelge 4.6.'da ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış Alüminyum levhanın elementel dağılım tablosu görünmektedir. Bakır, kobalt, manganez, oksijen elementlerinin varlığı CuCoMnOx katmanından çinko elementinin varlığı ise ZnO nanoçubuk kaplamasından gelmektedir. Kobalt, bakır ve mangan elementel dağılımın bakır levhadan farklı olmasının sebebi alüminyum levhanın yüksek ısıda tavlanmasından kaynaklı olabilir. Çinko elementinin %9,12 olması ise kullandığımız ZnO çözeltisinin molarite değeriyle örtüşüyor.

Çizelge 4.6. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış Alüminyum levhanın elementel dağılımı

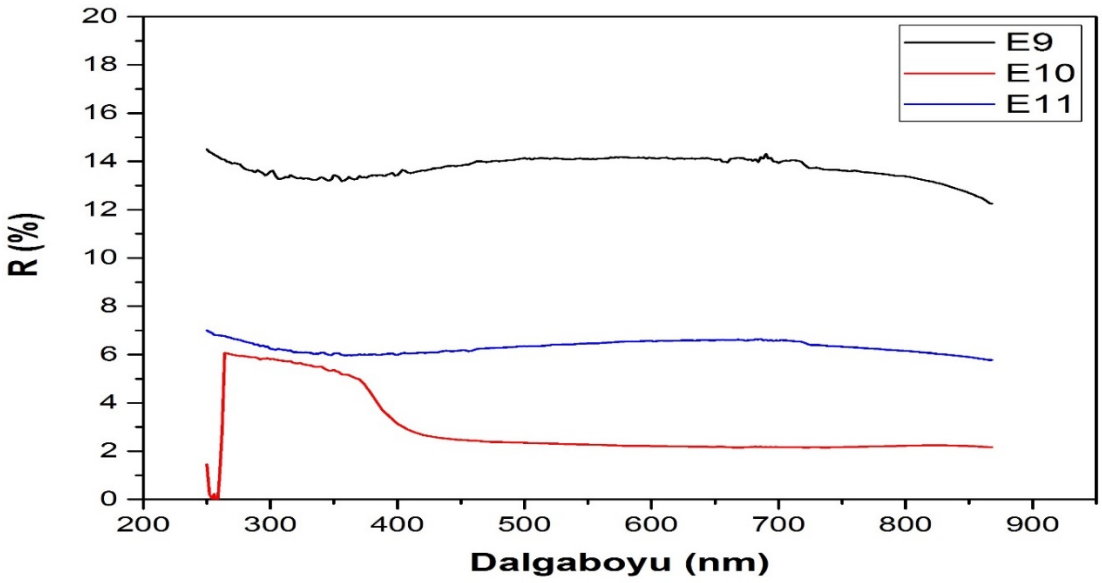
Element	Ölçüm değeri (wt. -%)	Normalize değer (wt.-%)	Atom sayısı (%)	Hata oranı (%)
Bakır	29.34	30.72	18.73	1.2
Alüminyum	8.13	9.07	10.96	0.6
Kobalt	4.39	4.89	3.20	0.3
Altın	16.11	15.97	3.52	0.9
Çinko	9.12	7.50	6.12	1.0
Manganez	12.96	14.45	10.14	0.6
Oksijen	18.73	17.40	47.33	4.7
Toplam	98.77	100.00	100.00	

ZnO nanoçubuk ve CuCoMnOx kaplanmış alüminyum levhanın morfolojik özelliği hakkında bilgi edinmek ve levha yüzeyini incelemek için SEM cihazı görüntüsü kullanılmıştır. Şekil 4.22.'deki ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış Alüminyum levhanın SEM görüntüsünde yüzeyde oluşan ZnO nanoçubuk yapının çıkıntıları görünmektedir. Nanoçubuk yapıların aralarını kaplayan örtü benzeri yapı ise CCMO kaplamasından kaynaklıdır. Buda alüminyum levhada hem nanoçubuk hem de seçici soğurucu katman uygulamasının başarılı olduğunu gösteriyor.



Şekil 4.22. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış Alüminyum levhanın SEM görüntüsü

ZnO ve CuCoMnOx kaplaması yapılan alüminyum levhanın optiksel özelliğini karakterize etmek için Uv-Vis cihazı kullanılmıştır. Şekil 4.23.' teki 250 nm ve 860 nm dalga boyları arasında alınan Uv-Vis grafinde E9, E10, E11 örneklerine ait reflektans değeri görünmektedir. E9 örneği sadece CuCoMnOx kaplaması ve diğer iki örnek ise ZnO ve CuCoMnOx kaplamaları yapılmış örneklerdir. Grafikte göründüğü gibi ZnO nanoçubuk katmanı reflektans oranını düşürerek soğurma değerine pozitif katkı sağlamıştır. Sadece CuCoMnOx soğurucu katmanı kaplanan örneğin soğurma ortalama soğurma oranları %88.69 (tavlanmış) ve %86.28 (tavlanmamış) iken hem ZnO hem de CCMO kaplı örneklerin soğurma oranları % 93.69 (tavlanmamış) ve %94.05 (tavlanmış)'tir. Burada tavlama işleminin de soğurma oranını arttırdığı görünmektedir.



Şekil 4.23. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış Alüminyum levhanın Uv-Vıs grafiği

4.4. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış Galvaniz Levhanın Karakterizasyonu

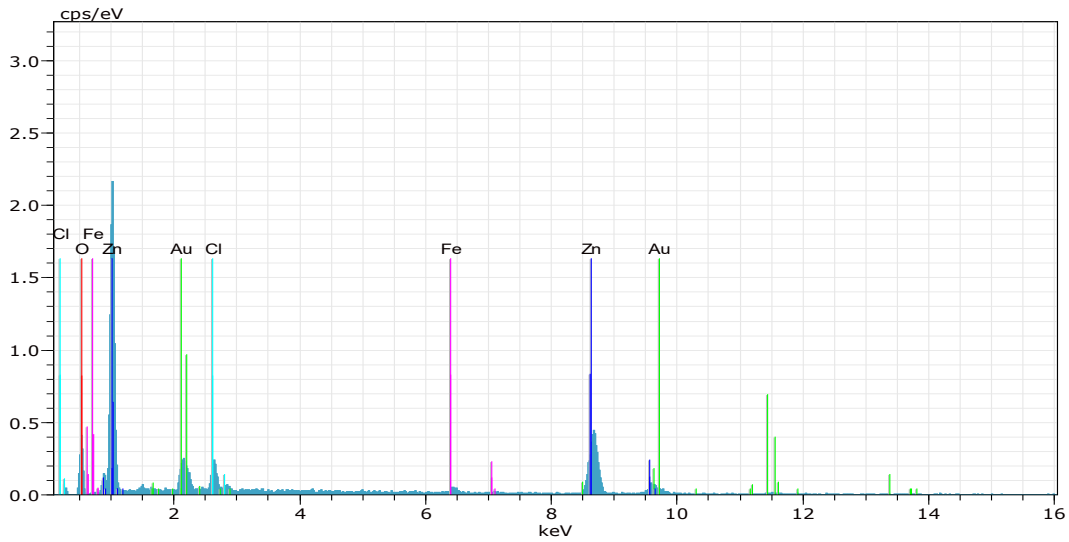
Çalışmamızda galvaniz metal levha üzerine bakır ve alüminyum metal levhalarına yapıldığı gibi ZnO nanoçubuk ve CuCoMnOx seçici soğurucu katman kaplamaları sol jel daldırarak kaplama tekniğiyle uygulanmıştır. Yapısal özelliklerinin karakterizasyonu XRD, morfolojik özelliklerinin karakterizasyonu SEM ve optik özelliklerinin karakterizasyonu Uv-Vis ölçümleriyle incelenmiştir. Galvaniz levha üzerine ZnO ve CuCoMnOx kaplandıktan sonra elde edilen örneğin yüzey görüntüsü mevcuttur. Şekil 4.24.'te ZnO ve CCMO kaplanmış galvaniz levha görünmektedir.



Şekil 4.24. ZnO ve CuCoMnOx kaplanmış galvaniz levhanın görüntüsü

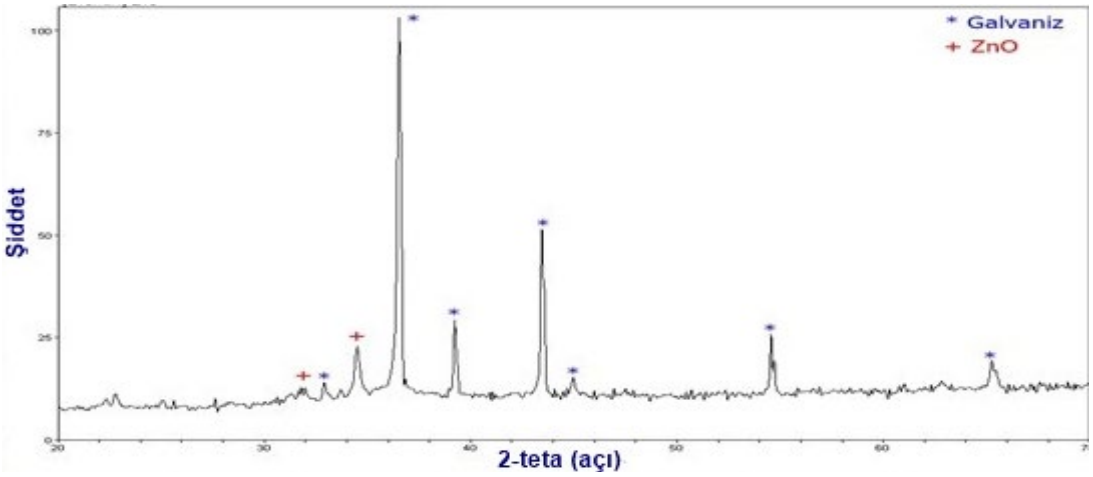
4.4.1. Sadece ZnO kaplanan galvaniz levhanın karakterizasyonu

Sadece ZnO nanoçubuk kaplaması yapılan galvaniz levhanın Şekil 4.25.'te EDX grafiği görünmektedir. Yapısal olarak değerlendirildiğinde EDX grafiğinde çinko, oksijen, klora ait yansımalar galvaniz levhanın ZnO ile kaplandığını gösteriyor. Demir ise galvaniz metal levhanın içeriğinden kaynaklanmakla birlikte altın varlığı da SEM'den görüntü alabilmek için yapılan film kaplamadan kaynaklıdır. Çinko oksit nanoçubuğunu ZnO çözeltisiyle elde ettiğimizden bakır ve alüminyum levhadan farklı olarak az miktarda klor element varlığı EDX ölçümünde görüldü.



Şekil 4.25. Sadece ZnO kaplanan galvaniz levhanın EDX grafiği

Şekil 4.26.'da ZnO kaplanan galvaniz levhanın XRD grafiği görünmektedir. ZnO kaplanan galvaniz levhaya nanoçubuk katmanı uygulaması yapısal olarak değerlendirildiğinde çinko oksit varlığı levhayı ZnO kapladığımızı gösteriyor. Grafikte de göründüğü gibi galvaniz levha yüzeyine ZnO nanoçubuğunun başarılı bir şekilde oluşumu mevcuttur.



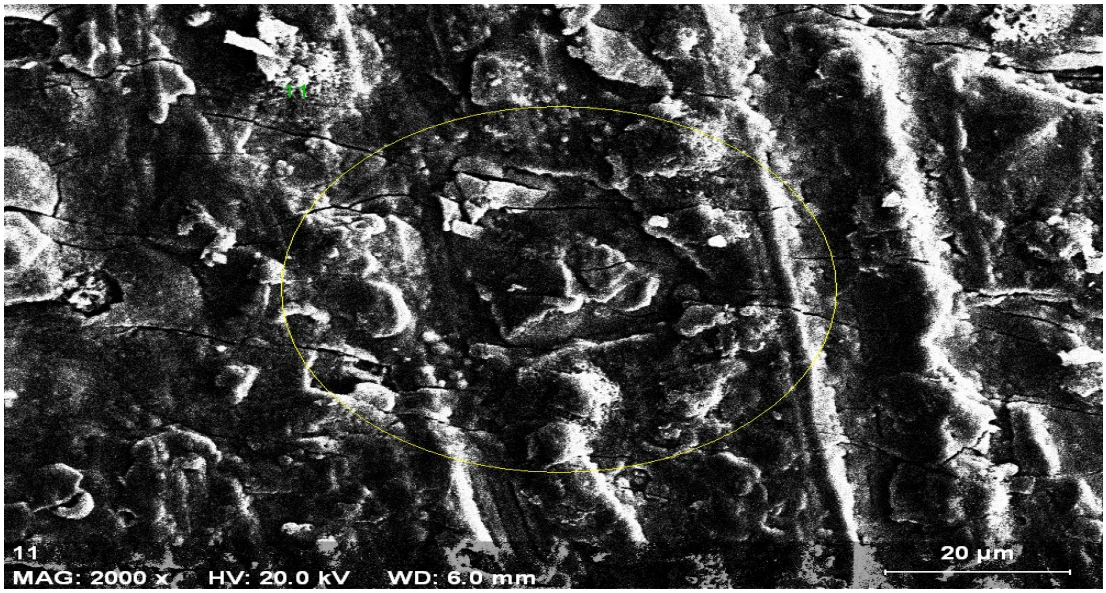
Şekil 4.26. Sadece ZnO kaplanan galvaniz levhanın XRD grafiği

Çizelge 4.7.'deki tabloda ZnO kaplanan galvaniz levhanın elementel dağılım oranları verilmiştir. Çinko (%73.74), klor (4.92), oksijen (15.26) oranları galvaniz altlık üzerinde ZnO nanoçubuk oluşumuna aittir.

Çizelge 4.7. Sadece ZnO kaplanan galvaniz levhanın elementel dağılımı

Element	Ölçüm değeri (wt. -%)	Normalize değer (wt. -%)	Atom sayısı (%)	Hata oranı (%)
Altın	15.05	13.42	3.25	0.7
Çinko	73.74	65.75	47.91	2.4
Klor	4.92	4.39	5.90	0.3
Demir	3.18	2.84	2.42	0.2
Oksijen	15.26	13.60	40.52	3.2
Toplam	112.15	100.00	100.00	

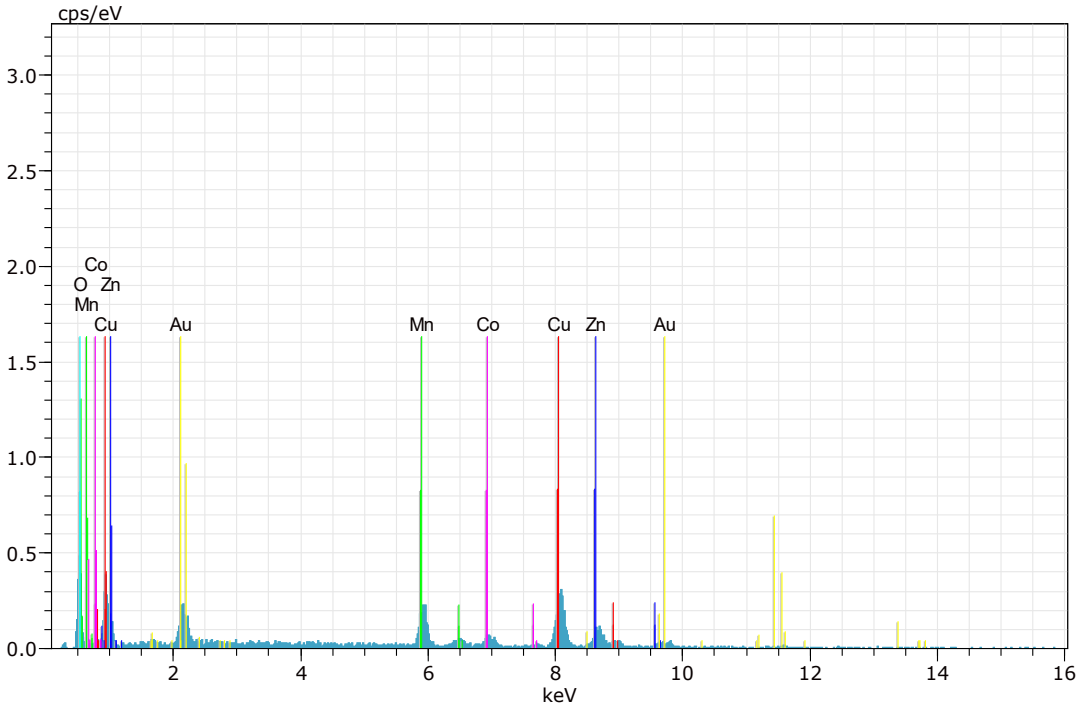
Şekil 4.27.'deki SEM ölçümünde ZnO kaplı galvaniz levhanın yüzey morfolojisi görünmektedir. Bakır ve alüminyum altlıklardan farklı olarak galvaniz levha yüzeyindeki nanoçubuk yapılar yığın benzeri şekillerde oluşmuştur. Galvaniz levhada da bakır levha gibi benzer sorunlar oluştuğu için tavlama işlemi yapılmamıştır.



Şekil 4.27. Sadece ZnO kaplanan galvaniz levhanın SEM görüntüsü

4.4.2. Sadece CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın karakterizasyonu

Şekil 4.28.'deki CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın yapısal özellik karakterizasyonu için yapılan EDX ölçüm grafiğinde bakır, kobalt, mangan, oksijen atomları görünmüş olup bu da galvaniz levhayı CCMO kapladığımızı gösteriyor. Grafikte demir ve çinko elementlerinin görünme sebebi galvanizin yapısından kaynaklıdır. Altım atomunun görünme sebebi ise SEM testi öncesi yapılan ince film kaplamadır.



Şekil 4.28. Sadece CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın EDX grafiği

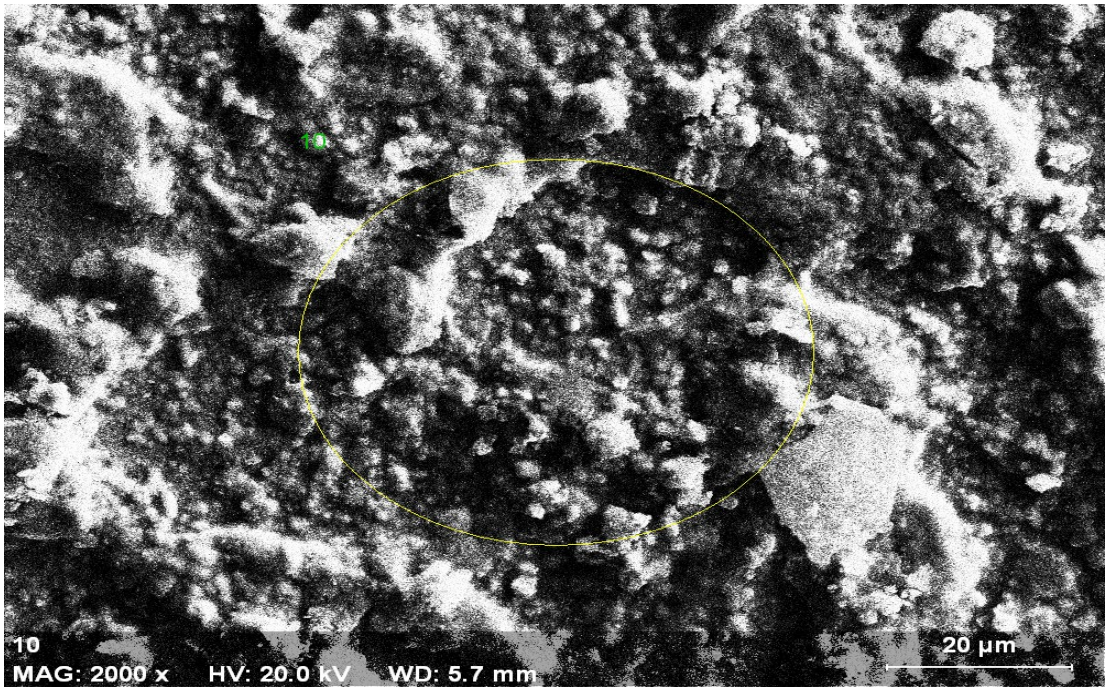
Çizelge 4.8.'deki CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın elementel dağılım tablosunda bakır (42.52), kobalt (6.40), mangan (15.78) ve oksijen (14.41) yüzdesel elementel dağılımı galvaniz levhanın başarılı bir şekilde CCMO kapladığımızı ispatlamaktadır. Bakır oranının molarite oranından yüksek çıkması ise galvaniz metal levha yüzeyinde, bakır oksit tabakasının iyi tutunduğunu gösterir. Kaplama çözeltisinde çinko olmamasına rağmen ölçümlerde görünmesi galvaniz levhanın yapısıyla ilişkilidir.

Çizelge 4.8. Sadece CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın elementel dağılımı

Element	Ölçüm değeri (wt.- %)	Normalize değer (wt. -%)	Atom sayısı (%)	Hata oranı (%)
Bakır	42.52	36.31	28.72	1.7
Manganez	15.78	13.47	12.33	0.7
Çinko	16.73	14.29	10.98	1.0
Kobalt	6.40	5.47	4.66	0.4
Altın	21.26	18.16	4.63	1.2
Oksijen	14.41	12.31	38.67	3.5
Toplam	117.11	100.00	100.00	

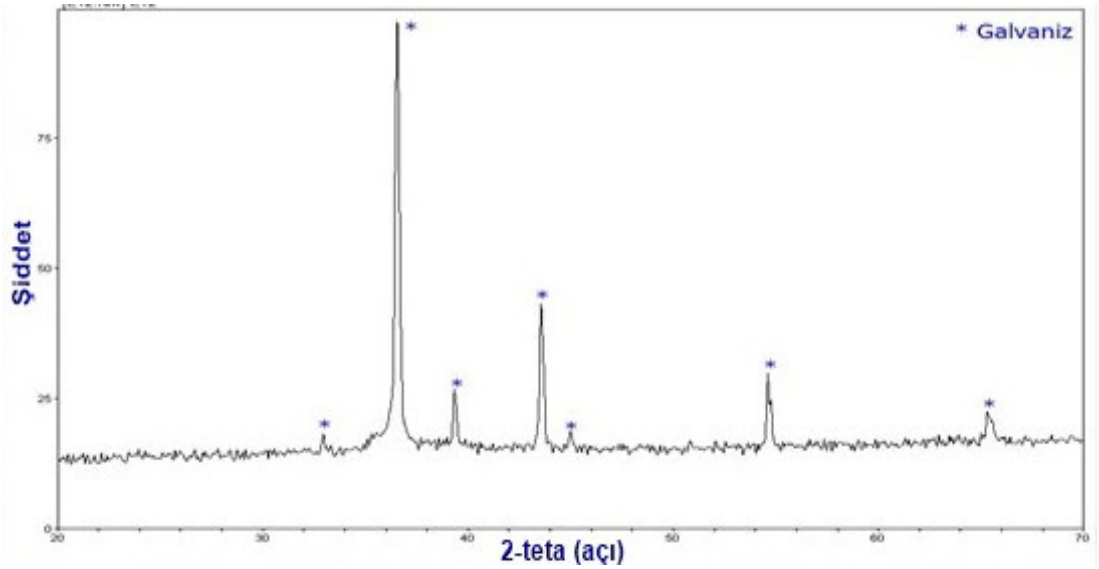
Şekil 4.29.'daki CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın yüzeyinin SEM görüntüsünde CCMO kaplamanın oluşumu esnasında yığınlar meydana gelmiştir. Morfolojik olarak bakıldığında, ZnO nanoçubuk kaplanmamış galvaniz levha yüzeyindeki bu yığınların sebebi galvaniz levhanın kimyasal özelliğinden

kaynaklanmaktadır. Bakır ve alüminyum levhalarından farklı olarak galvaniz levhaların yüzeyi yapısal olarak pütürlü yüzeydedir. Bu özelliği sebebiyle galvaniz levhadaki CCMO oluşumu bakır ve alüminyum levhadan farklı olarak yığınlar şeklinde olmuştur.



Şekil 4.29. Sadece CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın SEM görüntüsü

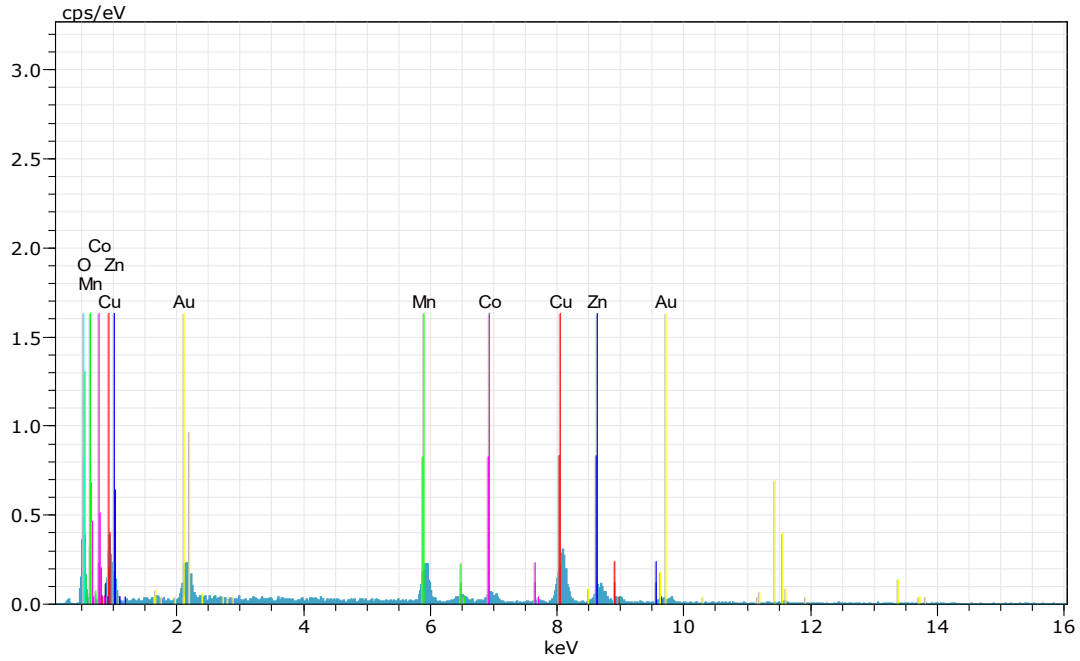
Şekil 4.30.'da sadece CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın XRD grafiğinde, sadece galvanizin spektral yansıması görünmektedir. CCMO'ya ait spektral yansımanın olmama nedeni galvaniz örneklerin tavlanmamış olmasıdır. Galvaniz örnekler bozunma sebebiyle tavlanmadığı için CCMO kaplamasında kristalleşme gerçekleşmemiştir.



Şekil 4.30. Sadece CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın XRD grafiği

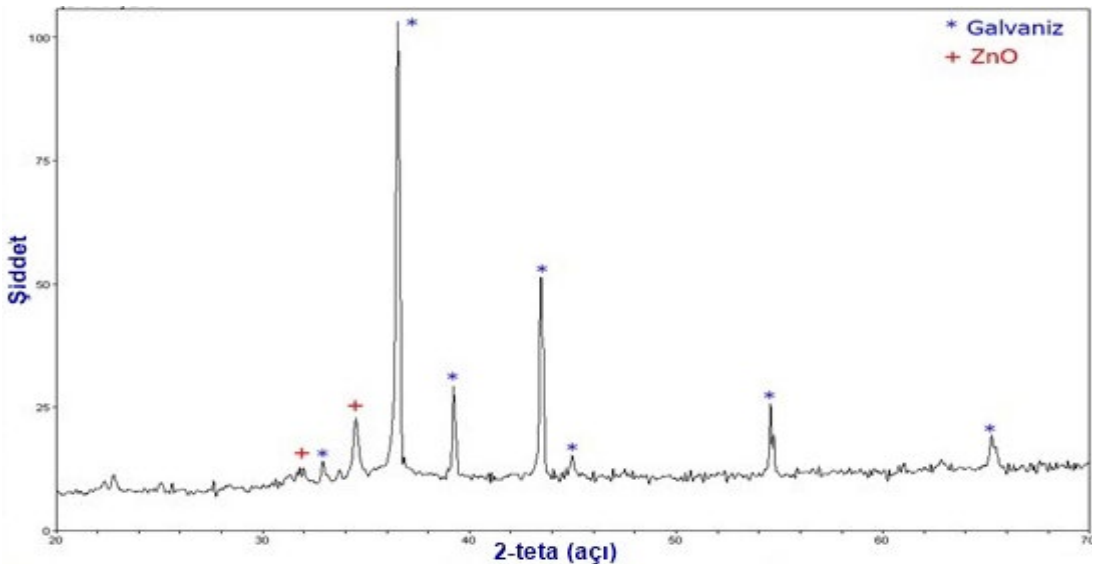
4.4.3. ZnO nanoçubuk ve CuCoMnOx kaplanmış galvaniz levhanın karakterizasyonu

Şekil 4.31.'de ZnO ve CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın EDX grafiği görünmektedir. EDX ölçümünde çinko, bakır, mangan, klor, kobalt elementlerine ait yansıma pikleri görülmüş olup bu da galvaniz levhayı ZnO ve CuCoMnOx kapladığımızı doğrular niteliktedir. Altın atom varlığı SEM görüntüsü için ince film kaplamasından kaynaklıdır.



Şekil 4.31. ZnO ve CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın EDX grafiği

Nanoçubuk ve seçici soğurucu kaplanmış galvaniz altlığın tavlama işlemi olmadığı için kristalleşme olmamıştır. Bundan dolayı Şekil 4.32.'deki XRD grafiğinde CCMO görünmemektedir. Buna karşın ZnO görünmektedir. Isıl işleme tabi olmasa bile henüz kaplama aşamasına galvaniz metal yüzeyinde çinko oksit oluşmuştur. Galvanizin ısıl işleme tabi tutulmama sebebi, malzeme yapısının tıpkı bakır gibi deforme olması veya kaplamaların dökülmesidir.



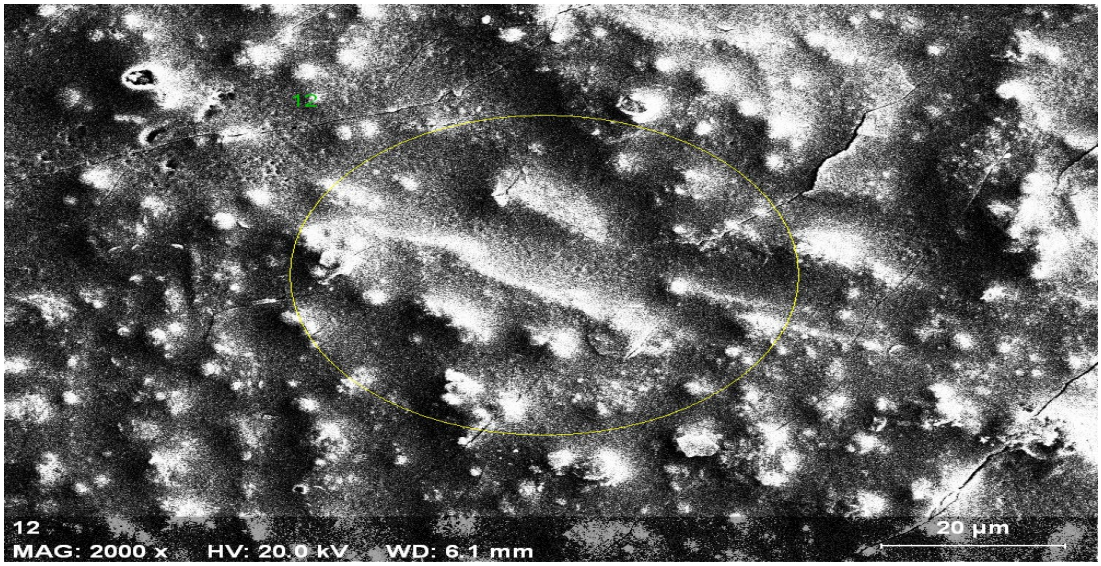
Şekil 4.32. ZnO ve CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın XRD grafiği

Çizelge 4.9.'da ZnO ve CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın elementel dağılım tablosu verilmiştir. Bakır (22.76), mangan (11.97), kobalt (6.40) oranları kullanmış olduğumuz CuCoMnOx çözeltisinin molarite dağılımından farklı sonuç elde edilmiş olup kobalt miktarının çözelti molaritesinden düşük olmasının sebebi galvaniz kaplama yüzeyinden kaynaklanıyor olabilir. Klor elementinin varlığı ise nanoçubuk için kullandığımız ZnO çözeltisinden çok az miktarda klorun buharlaşmaması ve galvaniz levha yüzeyinde kalıntı oluşturmasındandır. Demir elementinin varlığı galvanizden gelmektedir.

Çizelge 4.9. ZnO ve CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın elementel dağılımı

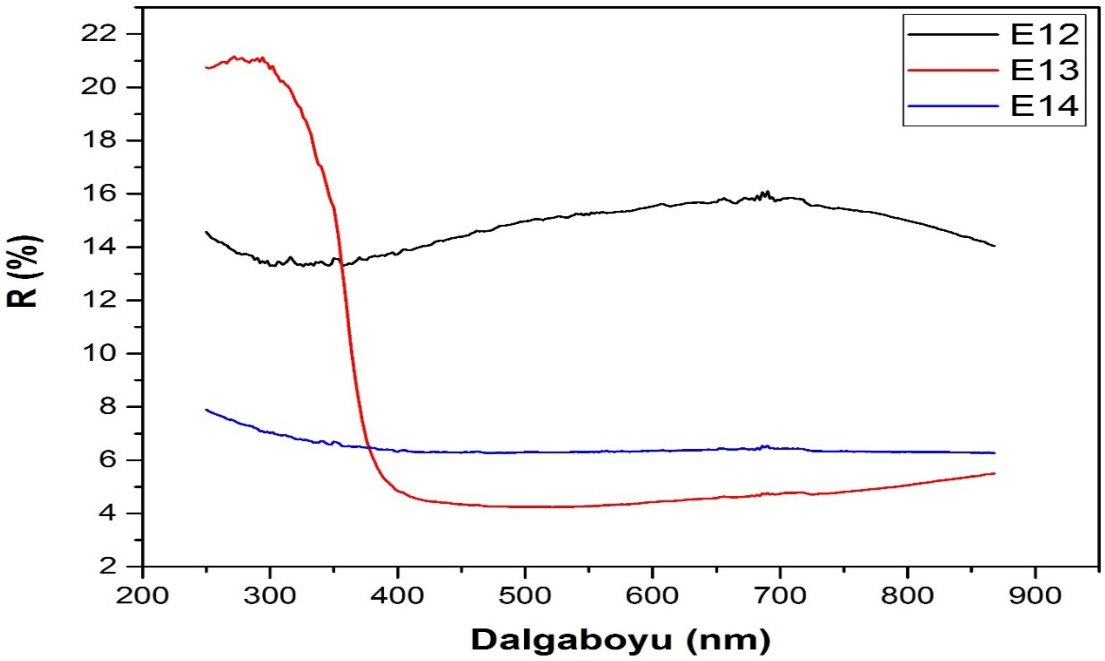
Element	Ölçüm değeri (wt. -%)	Normalize değer (wt.-%)	Atom sayısı (%)	Hata oranı (%)
Bakır	22.76	20.36	14.62	0.9
Çinko	31.72	27.19	19.61	1.1
Manganez	11.97	11.40	9.26	0.5
Klor	1.99	1.80	2.39	0.2
Kobalt	6.40	5.47	4.60	0.3
Demir	5.66	5.31	4.30	0.3
Altın	13.95	12.27	3.01	0.6
Oksijen	17.02	16.20	42.20	3.2
Toplam	111.46	100.00	100.00	

Şekil 4.33.'teki ZnO ve CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın SEM görüntüsü bize yapmış olduğumuz kaplamaların morfolojisi hakkında bilgi vermektedir. Üstteki siyah tabaka CCMO katmanından, altta belirgin olan çıkıntılar ise ZnO nanoçubuk yapılardan gelmektedir. Buda galvaniz levhaya hem ZnO nanoçubuğu hem de CuCoMnOx seçici katmanının başarılı bir şekilde uygulanabileceğini gösteriyor.



Şekil 4.33. ZnO ve CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın SEM görüntüsü

Şekil 4.34. ZnO ve CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın Uv-Vis grafiği optiksel özelliği hakkında bilgi vermektedir. E13 eğrisi ZnO ve CCMO kaplanmış, E12 ve E14 eğrileri ise sadece CCMO kaplanmış galvaniz levhaya aittir. E13'te göründüğü üzere ZnO ve CCMO kaplanan örneğin reflektansı sadece CCMO kaplanan örneklere göre oldukça düşüktür. Bu sebeple ZnO nanoçubuk oluşumu, galvaniz levhaya uygulanan CCMO seçici soğurucu yüzeyinin gelen radyasyonu daha çok absorplamasına olanak sağlıyor. Sadece CCMO kaplanan örneğin soğurma oranı %85.27 iken hem ZnO hem de CCMO kaplanan örneklerin ortalama soğurma oranı %93.53 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.34. ZnO ve CuCoMnOx kaplanan galvaniz levhanın Uv-Vis grafiği

5.SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Çizelge 5.1. Hazırlanan örneklerin reflektans ve soğurma yüzdelerinin karşılaştırılması

Kullanılan metal levha	Örnek kodu	Ortalama reflektans (%)	Ortalama soğurma (%)	Artış (%)
Bakır	E2	13.86	86.14	9.2
	E5	7.08	94.05	
Alüminyum Tavlanmış	E6	11.31	88.69	6.0
	E8	5.95	94.05	
Alüminyum Tavlanmamış	E9	13.72	86.28	8.6
	E11	6.31	93.69	
Galvaniz	E12	14.73	85.27	9.7
	E14	6.47	93.53	

250 nm ile 868 nm dalga boyu aralığında örneklerin reflektans (yansıma) grafikleri alındı. Bu dalga boyu aralığında bakır, galvaniz ve alüminyum üzerine ZnO nanoçubuk kaplanmış ve kaplanmamış örneklerden CCMO kaplı örneklerin ortalama reflektans değerleri belirlendi. Örnekler metallere kaplandığı için geçirgenlik ihmal edildi. Dolayısıyla gelen ışığın şiddeti, yansıyan ve soğrulan ışığın toplamına eşit kabul edildi. Bu şekilde ortalama yansıma ve ortalama soğurma değerleri belirlenmiştir. Bakır, alüminyum (tavlanmış), alüminyum (tavlanmamış) ve galvaniz altlıklar üzerine kaplı CCMO soğurucu katmanların ortalama soğurma değerleri sırasıyla %9.2, %6.0, %8.6 ve %9.7 oranında artmıştır (Çizelge 5.1.). Buradan şu sonuç çıkarılmaktadır, metal üzerine kaplı ZnO nano çubuklar yüzeyde pürüzlü bir yapı oluşturmakta ve gelen ışığın yüzeyde daha çok saçılarak soğrulmasını sağlamaktadır. ZnO kaplı her üç metalde de belirgin bir şekilde soğurmada artış gözlenmiştir. Galvaniz üzerine kaplı örneklerde en yüksek artış gözlenmiştir. Galvaniz ve bakır metalleri yüksek sıcaklıklarda oksitlendiği için tavlama işlemi yapılmamıştır. Bununla birlikte alüminyum üzerine kaplı örneklerin bir kısmı tavlanmıştır. Tavlanmamış ZnO nanoçubuksuz CCMO kaplı alüminyum örneklerin ortalama soğurma değerleri %86.28 iken tavlanmış nanoçubuksuz CCMO kaplı alüminyum örneklerin ortalama soğurma değerleri ise %88.28 olarak belirlenmiştir. Fakat bununla

birlikte ZnO ve CCMO kaplı alüminyum örneklerin tavlanmamış ve tavlanmış olanlarının ortalama soğurma değerleri ise %93.69 ve %94.05 olarak belirlenmiştir.

SEM ve EDX ölçüm sonuçlarına göre galvaniz, alüminyum ve bakır olmak üzere üç metal levhada da hem ZnO nanoçubuk yapının hem de CCMO seçici soğurucu katmanın başarı ile oluştuğu gözlemlenmiştir. ZnO nanoçubuğun, seçici soğurucu yüzeyin spektral soğurma oranını artırdığı ve bu artışın en çok galvaniz metal levhasında gerçekleştiği tespit edilmiştir. Ayrıca tavlanmış alüminyum levhanın soğurma oranının, tavlanmamış alüminyuma göre daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

5.2. Öneriler

Bu çalışmamızda alüminyum metal levhalar 510 ^{0}C sıcaklıkta kül fırında tavlandığı için CuCoMnOx katmanında kristalleşme gerçekleşmiştir. Ancak bakır ve galvaniz metal levhaları, tavlama sırasında yapısal bozulmalar ve kaplamanın dökülmesinden dolayı tavlama işlemi yapılamadı. Bundan dolayı galvaniz ve bakır levhaya kaplanan CCMO'da kristalleşme gerçekleşmemiştir. CCMO'nun galvaniz ve bakır metal levhalarında kristalleşmesi için yüksek ısıda tavlama işlemi yapmak iyi sonuç elde edilmesini sağlayabilir. Bundan dolayı ilerleyen çalışmalarda, galvaniz ve bakır levhalara uygulanan ısıl işlemin başarılı olabilmesi için vakum ortamında tavlama işlemi yapılabilir.

KAYNAKLAR

AKHAVAN, O. 2010. Graphene nanomesh by ZnO nanorod photocatalysts. ACS nano, 4(7):4174-4180 Yi, G. C., Wang, C., and Park, W. I. 2005. ZnO nanorods: synthesis, characterization and applications. Semiconductor science and technology, 20(4): S22.

ALTAŞ, İ. H. 1998. Fotovoltaj güneş pilleri: yapısal özellikleri ve karakteristikleri. Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e, 47: 66-71.

AL-RJOUB, A. 2019. Design, fabrication, characterization and aging studies of solar selective absorber surfaces.

AL-RJOUB, A., REBOUTA, L., COSTA, P. and VİEİRA, L. G. 2018. Multi-layer solar selective absorber coatings based on W/WSiAlNx/WSiAlOyNx/SiAlOx for high temperature applications. Solar Energy Materials and Solar Cells, 186: 300-308.

ASLAN, F., TUMBUL, A., GÖKTAŞ, A., BUDAKOĞLU, R. and MUTLU, İ. H. Growth of ZnO nanorod arrays by one-step sol–gel process. Journal of Sol-Gel Science and Technology, 80 2016: 389-395.

BOZZETTİ, MİCHELE and CANDİA, G. and GALLO, MİCHELE and LOSİTO, ONOFRİO and MESCİA, LUCİANO and PRUDENZANO, F.. 2010. Analysis and design of a solar rectenna. IEEE International Symposium on Industrial Electronics. 10.1109/ISIE.2010.5637486.

BRİNKER, C. J., KEEFER, K. D., SCHAEFER, D. W., and ASHLEY, C. S. 1982. Sol-gel transition in simple silicates. Journal of Non-Crystalline Solids, 48(1): 47-64.

CHEN, Z. A., ZHOU, A., LİN, S., KANG, Q., JİN, D., FAN, M. and MA, T. 2023. Photothermal CO-PROX reaction over ternary CuCoMnO x spinel oxide catalysts: the effect of the copper dopant and thermal treatment. Physical Chemistry Chemical Physics, 25(11): 8064-8073.

DUFFİE, J. A. and BECKMAN, W. A. 2013. Solar engineering of thermal processes. John Wiley & Sons.

EL MAHALLAWY, N., SHOEİB, M. and ALİ, Y. 2014. Application of CuCoMnO x coat by sol gel technique on aluminum and copper substrates for solar absorber application. Journal of Coatings Technology and Research, 11: 979-991.

FERNANDES, J. C., NUNES, A., CARVALHO, M. J. and DİAMANTİNO, T. C. 2017. Degradation of selective solar absorber surfaces in solar thermal collectors An EIS study. Solar Energy Materials and Solar Cells, 160: 149-163.

GUO, Q., et al. "Enhancement of solar energy absorption of Mo thin film by carbon nanotube inclusion." Carbon 47.12 2009: 2838-2843.

HASANCEBİ, Ö. 2006. Sol-gel yöntemiyle hazırlanan bakır oksit ince filmlerin elektriksel, yapısal ve optiksel özelliklerinin incelenmesi (Master's thesis, Fen Bilimler Enstitüsü).

KALUZA, L., OREL, B., DRAZİC, G. and KOHL, M., “Sol-Gel Derived $CuCoMnO_x$ Spinel Coatings for Solar Absorbers: Structural and Optical Properties.” Solar Energy Mater. Solar Cells, 70:187–201 2001

KESHMIRI, M., TROCZYNSKI, T. and MOHSENI, M., 2006. Oxidation of gas phase trichloroethylene and tolüene using composite sol-gel TIO2 coatings. Journal of hazardous materials, 128:130-137.

KHMELİNSKİİ, I., GOLUBEVA, T., KORNEEVA, E., INYUSHİN, M., ZUEVA, L. and MAKAROV, V. 2017. Spectral selectivity model for light transmission by the intermediate filaments in Müller cells. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, 173: 282-290.

KONTTİNEN, P., LUND, P. D. and KİLPİ, R. J. 2003. Mechanically manufactured selective solar absorber surfaces. Solar energy materials and solar cells, 79(3): 273-283.

ÖZBEY, E. P. 2004. Sol-gel yöntemiyle hazırlanan SiO2-TiO2 esaslı yansıtmayıcı kaplamalar (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

PANDEY, A.K. and DAS, M.K. 2012. Solar collector with selective cooling: areview. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16(8): 5690-5697.

REBOUTA, L., SOUSA, A., ANDRİTSCHKY, M., CERQUEİRA, F., TAVARES,C. J., SANTİLLİ, P. and PİSCHOW, K. 2015. Solar selective absorbing coatings based on AlSiN/AlSiON/AlSiOy layers. Applied surface science, 356: 203-212.

SOLANKİ, S. C., et al. "Characterization of MgO and CaCO3 as potential additives to selective absorber coatings for high temperature solar thermal systems." Solar Energy Materials and Solar Cells 89.3 2005: 341-349.

SRİNİVASAN, K. N., SHANMUGAM, N. V., SELVAM, M., JOHN, S. and SHENOİ, B. A. 1984. Nickel-black solar absorber coatings. Energy conversion and management, 24(4): 255-258.

ŞAHAN, M., TOKAT, Ö. and YÜKSEL, O. K. U. R. 2015. Osmaniye'de Günlük Toplam Güneş Işınım Ölçümleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi, 10(2): 97-105.

TANG, S., SUN, J., HONG, H. and LİU, Q. 2017. Solar fuel from photo-thermal Catalytic reactions with spectrum-selectivity: a review. Frontiers in Energy, 11: 437-451.

VİNCE, J., SURCA VUK, A., OPARA KRASOVEC, U., OREL, B., KOHL, M. and HECK, M., "Solar Absorber Coatings Based on $CoCuMnO_x$ Spinels Prepared via the Sol-Gel Process: Structural and Optical Properties." Solar Energy Mater. Solar Cells, 79:313–330, 2003.

WANG, J. X., SUN, X. W., YANG, Y., HUANG, H., LEE, Y. C., TAN, O. K. and VAYSSİERES, L. 2006. Hydrothermally grown oriented ZnO nanorod arrays for gas sensing applications. Nanotechnology, 17(19): 4995.

WU, L., WU, Y., PAN, X. and KONG, F. 2006. Synthesis of ZnO nanorod and the annealing effect on its photoluminescence property. Optical Materials, 28(4): 418-422.

XİNKANG, D., CONG, W., TİANMİN, W., LONG, Z., BULİANG, C. and NİNG, R. 2008. Microstructure and spectral selectivity of Mo–Al2O3 solar selective absorbing coatings after annealing. Thin Solid Films, 516(12): 3971-3977.

XU, K., DU, M., HAO, L., Mİ, J., YU, Q. And Lİ, S. 2020. A review of high-temperature selective absorbing coatings for solar thermal applications. Journal of Materiomics, 6(1): 167-182.

Yİ, G. C., WANG, C. and PARK, W. I. 2005. ZnO nanorods: synthesis, characterization and applications. Semiconductor science and technology, 20(4): S22.

YOSHİKAWA, K., KAWASAKİ, H., YOSHİDA, W., IRİE, T., KONİSHi, K., NAKANO, K. and YAMAMOTO, K. 2017. Silicon heterojunction solar cell

with interdigitated back contacts for a photoconversion efficiency over 26%. Nature energy, 2(5): 1-8.
ZHANG, Y., et al. "Effect of metal oxide additives on the optical properties and microstructure of WAlN selective solar absorbing coatings." Applied Surface Science 303 2014: 19-25.
ZHAO, Z., WANG, J., XU, C., YANG, K., ZHAO, F., WANG, K. and ZHANG, F. 2019. Photomultiplication type broad response organic photodetectors with one absorber layer and one multiplication layer. The journal of physical chemistry letters, 11(2): 366-373.
ZUHAL H., 2011. Fosin Oksit İçeren Poliüreten-Silika Nanokompozitler ve Kaplama Performanslarının İncelenmesi. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Edirne, 112s.
"VAİLLANT". https://www.vaillant.it/home/prodotti/gamma-prodotti/ solare-termico/, Erişim Tarihi: 07.05.2023.
“WİKİMEDİA”.‘https://commons.m.wikimedia.org/wiki/File:Wiens_law.svg’. Erişim Tarihi: 12.12.2022.