

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Boğaçhan MİSDİK

**GÜNEŞ PİLİ UYGULAMALARINDA POTANSİYEL
OLARAK KULLANILABİLECEK TEK/ÇİFT PEROVSKİT
YAPILARIN HİDROTERMAL SENTEZİ**

KİMYA ANA BİLİM DALI

ADANA-2021

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜNEŞ PİLİ UYGULAMALARINDA POTANSİYEL OLARAK KULLANILABİLECEK TEK/ÇİFT PEROVSKİT YAPILARIN HİDROTERMAL SENTEZİ

Boğaçhan MİSDİK

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANA BİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Emel YILDIZ
Yıl: 2021, Sayfa: 47
Jüri : Prof. Dr. Emel YILDIZ
: Prof. Dr. Bilgehan GÜZEL
: Prof. Dr. Hakan ARSLAN

Güneş pilleri, yenilenebilir enerji kaynakları için öne çıkan alternatifler arasında yer almaktadır. Güneş pillerinin üretim maliyetlerini azaltmak ve yeni uygulamalara uyumlu teknolojiler geliştirmek için farklı malzemeler araştırılmıştır.

Bu çalışmanın amacı güneş pili uygulamalarında kullanım potansiyeline sahip olabilecek, mevcut verimi artırabilecek perovskit yapıların sentezlenmesidir. Farklı sıcaklık/süre kombinasyonlarında tek perovskit (ABO_3) ve çift perovskit (A_2BCO_6) yapılar hidrotermal yöntemle elde edilmiştir. TiO_2 CeO_2 , La_2O_3 ve Sm_2O_3 ile 1:1, 1:2 ve 2:1 oranında 150°C de 24 saat süre ile reaksiyon ortamı sağlanmıştır. Yapılar XRD, AFM ve SEM cihazları ile karakterize edilmiş ve morfolojik özellikleri belirlenmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde elde edilen perovskit yapılar güneş pili uygulamalarında kullanılabileceği düşünülmektedir. Titanyum dioksit'in doplanması sonucunda elde edilen XRD grafiklerinde farklı pikler vermesi doplamanın başarılı bir şekilde yapıldığını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Hidrotermal sentez, tek ve çift perovskitler, TiO_2 , lantanitler.



ABSTRACT

MSc. THESIS

HYDROTHERMAL SYNTHESIS OF SINGLE/DOUBLE PEROVSKITE STRUCTURES THAT CAN BE POTENTIALLY USED IN SOLAR CELL APPLICATIONS

Boğaçhan MİSDİK

**DEPARTMENT OF CHEMISTRY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA**

Supervisor: Prof. Dr. Emel YILDIZ

Year: 2021, Page: 47

Jury : Prof. Dr. Emel YILDIZ

Prof. Dr. Bilgehan GÜZEL

Prof. Dr. Hakan ARSLAN

Solar cells are among the prominent ones for energy sources. Solar cells are special designs for maintenance and new applications technologies.

The aim of this study is to synthesize perovskite structures that may have the potential to be used in solar cell applications and to increase the current efficiency. Single perovskite (ABO_3) and double perovskite (A_2BCO_6) structures were obtained by hydrothermal method at different temperature/time combinations. The reaction medium was provided with TiO_2 , CeO_2 , La_2O_3 and Sm_2O_3 at a ratio of 1:1, 1:2, and 2:1 at 150 °C for 24 hours. The structures were characterized by XRD, AFM and SEM devices and their morphological features were determined. When the results are evaluated, it is thought that the obtained perovskite structures can be used in solar cell applications. The different peaks in the XRD graphics obtained as a result of doping of titanium dioxide show that the doping was done successfully.

Keywords: Hydrothermal synthesis, single and double perovskites, TiO_2 , lanthanides.



GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Güneş ışınlarından yararlanmak için pek çok teknoloji geliştirilmiştir. Bu teknolojilerin bir kısmı Güneş enerjisini ışık ya da ısı enerjisi şeklinde direk olarak kullanırken, diğer teknolojiler Güneş enerjisinden elektrik elde etmek şeklinde kullanılmaktadır. Son zamanlarda güneş pili uygulamalarında yeni kullanılmaya başlanan perovskit tipi güneş pilleri çalışmalarına rastlanmaktadır. Perovskitin ışığa karşı hassas kristalli mineralleri sayesinde güneş ışığını enerjiye dönüştürme verimini %22 civarında arttırdığı, bunun da güneş enerjisi maliyetlerini önemli ölçüde azalttığı gözlenmiştir. Perovskit ABO_3 genel formülüne sahip benzer yapıda oksit gruplarının genel adı haline gelmiştir. Bazı hallerde benzer yapıda olup oksit olmayan yapılara da perovskit adı verilmektedir. Diğer oksit sınıflarına nispeten perovskit bileşikleri, çok farklı çeşitte elementin kombinasyonu ile üretilmektedir. Bunun nedeni, perovskit yapısının hem büyük (A konumu) hem de küçük (B konumu) katyonları yapıya alabilmesi, ideal kübik yapının distorsiyonu ile, farklı büyüklükte katyonların yapıya girişine izin verecek yapı esnekliğinin sağlanabilmesi ve yapının boşluk oluşumu ve atomik boyutta diğer yapısal motiflerin oluşmasına elverişli olmasıdır.

Bu çalışmada TiO_2 ile farklı sıcaklık/süre kombinasyonlarında $CeTiO_3$, $LaTiO_3$ ve $SmTiO_3$ tek perovskit (ABO_3) yapıları sentezlenmiştir. Ayrıca; NiO ve/veya FeO_3 ile elde edilen tek perovskit yapılar hidrotermal yöntemle A_2BCO_6 formulu çift perovskitlere dönüştürülmüştür. Nanoyapılar XRD, AFM ve SEM cihazları ile karakterize edilmiştir.



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans sürecim boyunca desteğini hep arkamda hissettiğim değerli danışman hocam, Prof. Dr. Emel Yıldız'a sunduğu tüm bilgi, deneyim ve aydınlatıcı yönlendirmeleri için en içten saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans sürecim boyunca çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen ve yorumlarıyla sürecimi aydınlatan değerli hocam. Dr. Öğr.Üyesi Burak Ay'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu süreçte Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Başkanlığına ve elemanlarına destekleri için teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatım boyunca maddi ve manevi destekleriyle beni hiç yalnız bırakmayan aileme sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	SAYFA
ÖZ	I
ABSTRACT.....	III
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	V
TEŞEKKÜR.....	VII
İÇİNDEKİLER	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XIII
1.GİRİŞ	1
1.1.Hidrotermal Sentezin Tanımı ve İşlemi	2
1.2. Perovskit	3
1.2.1. Perovskit güneş pilleri	4
1.3. Titanyum Dioksit (TiO ₂).....	5
1.4. Lantanitler (La, Sm, Ce)	6
1.5. Nikel oksit NiO	7
1.6. Demir oksit Fe ₂ O ₃	7
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	9
3.MATERYAL VE METOD.....	15
3.1. Kullanılan Kimyasallar	15
3.2. Kullanılan Cihazlar	15
3.3. Metod	15
3.3.2. SmTiO ₃ Sentezi	16
3.3.3. CeTiO ₃ Sentezi.....	16
3.3.4. LaTiO ₃ Sentezi	16
3.3.5. Sm ₂ NiTiO ₆ Sentezi	16
3.3.6. Ce ₂ NiTiO ₆ Sentezi	17
3.3.7. La ₂ NiTiO ₆ Sentezi	17

3.3.8. $\text{Sm}_2\text{FeTiO}_6$ Sentezi	17
3.3.9. $\text{Ce}_2\text{FeTiO}_6$ Sentezi	17
3.3.10. $\text{La}_2\text{FeTiO}_6$ Sentezi	17
4.BULGULAR VE TARTIŞMALAR	19
4.1.XRD (X-Işını Difraktometre) Analizleri ve Değerlendirilmesi	19
4.2.Morfolojik Analizler (SEM)	25
4.3.Atomik Kuvvet Mikroskopi ile Yüzey Taraması (AFM).....	30
4.4. FT-IR Spektrum Analizleri ve Değerlendirilmesi.....	32
ÖZGEÇMİŞ	39
EKLER.....	41
EK 1-AFM Spektrumları	43
EK 1.1. SmTiO_3 AFM Spektrumu	43
EK 1.2. CeTiO_3 AFM Spektrumu	44
EK 1.3. LaTiO_3 AFM Spektrumu	45

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1. Saf TiO_2 'in XRD görüntüsü	19
Şekil 2. SmTiO_3 ait XRD görüntüsü	20
Şekil 3. CeTiO_3 ait XRD görüntüsü	20
Şekil 4. LaTiO_3 ait XRD görüntüsü	21
Şekil 5. $\text{Sm}_2\text{NiTiO}_6$ ait XRD görüntüsü	22
Şekil 6. $\text{Ce}_2\text{NiTiO}_6$ ait XRD görüntüsü	22
Şekil 7. $\text{La}_2\text{NiTiO}_6$ ait XRD görüntüsü	23
Şekil 8. $\text{Sm}_2\text{FeTiO}_6$ ait XRD görüntüsü	23
Şekil 9. $\text{Ce}_2\text{FeTiO}_6$ ait XRD görüntüsü	24
Şekil 10. $\text{La}_2\text{FeTiO}_6$ ait XRD görüntüsü	24
Şekil 11. Saf TiO_2 'nin SEM görüntüleri, 500 nm'deki	25
Şekil 12. SmTiO_3 ait SEM görüntüsü	26
Şekil 13. CeTiO_3 ait SEM görüntüsü	26
Şekil 14. LaTiO_3 ait SEM görüntüsü	27
Şekil 15. $\text{Sm}_2\text{NiTiO}_6$ ait SEM görüntüsü	27
Şekil 16. $\text{Ce}_2\text{NiTiO}_6$ ait SEM görüntüsü	28
Şekil 17. $\text{La}_2\text{NiTiO}_6$ ait SEM görüntüsü	28
Şekil 18. $\text{Sm}_2\text{FeTiO}_6$ ait SEM görüntüsü	29
Şekil 19. $\text{Ce}_2\text{FeTiO}_6$ ait SEM görüntüsü	29
Şekil 20. $\text{La}_2\text{FeTiO}_6$ ait SEM görüntüsü	30
Şekil 21. SmTiO_3 ait AFM görüntüsü	31
Şekil 22. CeTiO_3 ait AFM görüntüsü	31
Şekil 23. LaTiO_3 ait AFM görüntüsü	31



SİMGELER VE KISALTMALAR

XRD	: X-Ray Diffractometer
pH metre	: pH 211 Hanna Instruments
SEM	: Scanning electron microscopy
P	: Basınç
atm	: Atmosfer
mmol	: Milimol
mL	: Mililitre
g	: Gram
T	: Sıcaklık
°C	: Santigrat derece
Nm	: Nanometre



1.GİRİŞ

Devam etmekte olan doğal süreçlerin içinde bulunan potansiyellerinden elde edilen enerjilere yenilenebilir enerji denilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları sırası ile rüzgâr, güneş, hidrogüç, biyokütle ve jeotermal olarak sıralanabilir. Bunların içerisinde diğerlerine göre güneş ışığı, sürdürülebilir enerjinin ve insanlığın bitip tükenmeyen en önemli enerji kaynağıdır.

Türkiye, coğrafi konumu açısından güneş enerjisi potansiyeli oldukça yüksektir ve bu ciddi bir avantaj yaratmaktadır. Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğüne hazırladığı rapordaki rakamlar, Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, 2.737 saat (günlük toplam 7,5 saat) yıllık toplam güneşlenme süresi, 1.527 kW/m².yıl (günlük toplam 4,2 kW/m²) yıllık toplam gelen güneş enerjisi olarak paylaşılmıştır. (enerji ve tabii kaynaklar bakanlığı, 2014).

Güneş enerjisi potansiyelinden yararlanmak için çok sayıda çeşitli teknolojiler geliştirilmiştir. Bu geliştirilen tasarımların bir kısmı Güneş enerjisini ışık ya da ısı enerjisine çevirme modeli ile direk olarak kullanırken, diğer geliştirilen tasarımlar Güneş enerjisinden elektrik eldesi şeklinde kullanılmaktadır. Elektrik üreten sistemler fotovoltaik hücreler olarak adlandırılan, güneşten gelen ışık enerjisini elektriğe dönüştüren aygıtlardır. Güneş hücreleri, yapılan tasarımın özelliğine göre belli bir kW'tan belli bir MW'a kadar elektrik enerjisi üretimi yapabilmektedir. Son zamanlarda ise güneş enerjisinden elektrik enerjisi üreten uygulamalarda yeni yeni kullanılmaya başlanan perovskit modeli güneş pilleri çalışmalarına rastlanmaktadır. Perovskitin ışığa karşı hassas kristalli mineralleri sayesinde güneş ışığını enerjiye dönüştürme verimini %22 civarında arttırdığı, bunun da güneş enerjisi maliyetlerini önemli ölçüde azaltacağı düşünülmüştür.

Bu projede sentezlenecek olan perovskit yapıları hidrotermal koşullarda gerçekleştirilecektir. Bu yöntemde kapalı bir reaktörde sulu çözeltilerle yüksek sıcaklık ve basınç koşulları altında reaksiyonlar gerçekleştirilmektedir (Yoshimura,

1994). Çözücü olarak su kullanımı diğer organik çözücülerden daha çevreci ve ucuz olması, ayarlanan basınç ve sıcaklıkta bir katalizör olarak davranabilmesi, zehirsiz olması, alev almaması, kanserojen veya mutajenik olmaması, elde edilen üründen kolay bir şekilde uzaklaştırılabilmesi hidrotermal sentezin avantajlarıdır. Hidrotermal yöntem diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında: Hızlı, etkili, maliyeti düşük, yeşil kimya açısından daha az kirliliğe neden olması sebebiyle önemlidir.

Çalışmada TiO_2 ile farklı sıcaklık/süre kombinasyonlarında $CeTiO_3$, $LaTiO_3$ ve $SmTiO_3$ tek perovskit (ABO_3) yapılarının sentezlenmiş. Ayrıca; NiO ve/veya FeO_3 ile elde edilecek olan tek perovskit yapılar hidrotermal yöntemle A_2BCO_6 formulu çift perovskitlere dönüştürülmüştür. XRD, AFM ve SEM cihazları ile karakterize edilmiştir. Yapılan literatür taramalarında en yüksek verimlerin elde edildiği çalışmalar belirlenerek (Chen 2018) kullanılacak metal oksitlerin seçimi gerçekleştirilmiştir. Titanyum dioksit'in lantanitler ile doplanması ve bu doplama sonucunda fotovoltaiik özelliği daha iyi bir perovskit elde edileceği düşünülmüştür (Yang 2014). Daha önce literatürlerde bulunmayan bu yapılar hidrotermal yöntem ile sentezlenmiştir. Sentezlenen yapıların güneş pili uygulamalarında potansiyel olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

1.1. Hidrotermal Sentezin Tanımı ve İşlemi

Prensip olarak, hidrotermal, normal koşullar altında çözünmeyen materyallerin üretilmesinin, sulu çözücü veya mineralizörlerin varlığında yüksek sıcaklık ve basınçla çözünmesi ve tekrar kristalleşmesi anlamına gelir. "Hidrotermal" kelimesi, iki kelime Hydros (su) ve termos (ısı) kelimesini birleştiren Grecian'dan gelmektedir (Byrappa ve Adschiri 2007). Literatürde hidrotermal sentez için birkaç yaklaşım vardır. Örneğin, Laudise, hidrotermal sentezin ortam koşullarında sulu çözeltiden büyüme olduğunu açıklar (Laudise 1970). Rabenau, daha spesifik olarak, 100 °C ve 1 bar'ın üzerindeki sulu ortamdaki heterojen reaksiyonlar olduğu için tanımlamaktadır (Rabenau 1985). En son yaklaşım ise Roy

tarafından tanımlandı. Roy'a göre, katalizör olarak su kullanılması ve nadiren 100 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ve 1 atm'den daha yüksek sıcaklıklarda katı fazların bir bileşeni olarak kullanılması hidrotermal sentezdir (Roy 1994). Roy'dan sonra, Yoshimura kapalı bir sistemde yüksek sıcaklık ve basınç altında (>100 °C ve >1 atm) reaksiyonları denedi. Bilim insanlarının ortak görüşü hidrotermal sentezin 100 °C'nin üstünde ve 1 atm'in üzerinde gerçekleştiğidir. Aynı zamanda, basınç ve sıcaklık koşulları için daha düşük bir sınır yoktur. Bu nedenle, hidrotermal sentez, oda sıcaklığının üstünde su ile var olan ve kapalı bir kapta 1 atm ile heterojen kimyasal reaksiyon olarak daha doğru tanımlanmaktadır (Byrappa ve Adschiri 2007).

Bazen sudan çözücü başka bir çözücü, hidrotermal yerine solvotermal terminoloji tercih edilir. Ayrıca, farklı isimler glikotermal, amonotermal, alkotermal vb. gibi çözücü tipine bağlı olarak da kullanılır. Öte yandan, suyu çözücü olarak kullanmak, kirliliği en aza indirmek gibi bazı avantajlar sağlar çünkü su kolayca buharlaşır ve geri dönüştürülebilir (Komarneri 2003). Ek olarak, çevresel faydaları da vardır ve su diğer solventlerden daha ucuzdur. Su, sıcaklık ve basınç uygun şekilde ayarlandığında istenen malzemelerin dönüşümü için bir katalizör gibi görünebilir (Byrappa ve Yoshimura 2001). Hidrotermal koşullar altında, bazı reaktanları suda eritmek zordur ve bu engel mineralizatörler veya çözücüler ilave edilerek giderilebilir. Mineralleştiriciler reaksiyon hızını ve kristal oluşumunu hızlandırır. Bileşiklerin suda çözünme kabiliyetini arttırmalarını sağlarlar. Mineralleştiriciler olarak NaOH, KOH veya LiOH gibi alkali metal tuzlarının hidroksitleri, zayıf asitlerin alkali tuzları veya element asitleri kullanılır.

1.2. Perovskit

ABO_3 yapılı forma sahip birbirine benzeyen oksit gruplarına verilen genel isim olarak tanımlanmaktadır. Bazı durumlarda birbirine benzeyen oksit olmayan yapılara da perovskit ismi verilebilmektedir. Başka oksit gruplarına nispeten

perovskit yapılar, birçok başka çeşitte elementin kombinasyonu ile de üretilebilir. Bunun sebebi, perovskit formunun büyük ve küçük katyonları yapısına katabilmesi(A formu büyük katyon, B formu küçük katyon), ideal kübik yapının distorsiyonu ile büyük ve küçük katyonların yapıya katılmasını sağlayacak yapı esnekliğinin olması ve yapının boşluk oluşumu ve atomik boyutta diğer yapısal motiflerin oluşmasına elverişli olmasıdır.

ABO_3 perovskit formunun A kısmı, M^+ (Na, K vb.), M^{2+} (Ca, Sr, Ba vb.) ve M^{3+} (La, Fe vb.) ve B kısmı ise M^{5+} (Nb, W vb.), M^{4+} (Ce, Ti vb.) veya M^{3+} (Mn, Fe vb.) katyonları ile doldurulabilmektedir.

1.2.1. Perovskit güneş pilleri

İsmi yapılarında bulunan aktif katman olarak kullanılan $CH_3NH_3XY_3$ (X: Pb, Sn; Y: Cl, Br, I) kimyasal formülüne sahip, perovskit minerali şeklinde kristalleşen malzemeden alan perovskit güneş pilleri, yüksek emilim katsayısı, geniş emilim spektrumu, uzun elektron-boşluk difüzyon mesafesi ve yüksek yük taşıma mobilitesi özellikleriyle perovskitler son yıllarda çok fazla çalışılmaktadır. Optik özellik avantajının yanında düşük maliyeti, kolayca üretilebiliyor olması ve yüksek performansı ile perovskit güneş pilleri (PGP) üzerine çalışmalar son zamanlarda oldukça hız kazanmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynakları içinde perovskit güneş pilleri oldukça ön plana çıkan seçeneklerin arasındadır. Güneş ışığını soğurabilme yetenekleri ve bu soğurdukları ışığı ne miktarda elektrik enerjisine çevirebilme yetenekleri güneş pillerinin verimliliğini ortaya çıkarmaktadır. Üretilen bu güneş pillerinin maliyetlerini indirmek ve yeni teknolojilerle uyumlu olması nedeniyle değişik malzemeler araştırılmıştır. Son yıllarda bulunan ve ticarileştirilen güneş pilleri olarak amorf Silisyum-Bakır-İndiyum-Galyum-Selenür, boya ile aktifleştirilmiş güneş pilleri ve organik güneş pilleri sayılabilir (https://habitatdernegi.org/wp-content/uploads/G_Pilleri.pdf).

Son zamanlarda ise var olduğu uzun süredir bilinen fakat güneş pili uygulamalarında henüz kullanılmaya başlanan perovskit tipi güneş pilleri dikkatleri üzerine çekmiştir.

Basitçe belirtmek gerekirse, perovskit güneş pilleri performans olarak daha yüksek verimde ve uygun maliyetle bir alternatif olmayı hedeflemiştir. Güneş pili teknolojileri içerisinde perovskit güneş pillerinin büyük artışı farklı dalga boylarında ışığa yanıt vermesidir. Böyle bir durumda, farklı tipteki güneş pillerine nazaran aynı miktarda güneş ışığını daha çok elektriğe çevirmesi özelliği oldukça fark yaratmaktadır.

1.3. Titanyum Dioksit (TiO_2)

Titanyum ve oksijen atomlarının birleşmesi ile oluşan titanyum dioksit yarı iletken bir metal oksit olarak tanımlanmaktadır. Beyaz renkte pigment olarak boyalarda, gıda ve kozmetik sektörlerinde oldukça yaygın kullanılmaktadır. Geniş bant aralığı (3.00 eV) ve yüksek kırılma indisine ($n \sim 2, 3$) sahip olan titanyum dioksit optik uygulamalarda da oldukça fazla kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra güneş panellerinde, kendiliğinden temizlenen yüzeylerde, kanser tedavilerinde, fotovoltaiik aygıtlarda, biyomedikal uygulamalarda kimyasal kararlılığının oldukça yüksek olması, toksik olmama özelliği, katalitik aktivitesinin yüksek olma durumu, uygun maliyetlerle sentezlenmesi ve üretiminin kolay olması gibi avantajlarından ötürü en fazla kullanılan yarı iletkenidir.

Titanyum Dioksit nano yapıda, atık sularda ve arıtmalarda zararlı kimyasalları parçalamada kullanılan önemli foto kristallerden bir tanesidir. Anataz, brokit ve rutil olarak kristal fazları bulunur bunlar arasında anataz faz, pigment, gaz sensörü, katalizör ve su arıtmada foto katalizör olarak kullanılması ile de oldukça bilinmektedir. Titanyum dioksit (TiO_2), hakkında çok fazla araştırma yapılan yarı iletkenlerin en başında gelmektedir, bunun nedeni çevresel arıtmalar enerji üretme faaliyetlerinde ciddi anlamda gelişen teknolojiler üzerinde kullanılmasıdır. Hava ve

suda bulunan birçok organik kirliliği gidermede foto katalizör olarak kullanılmaktadır. Ayrıca suyu iyonlarına ayırmada, hidrojen eldesin de oldukça sık kullanılmaktadır. Bu özellikteki foto kristallere göre fiyatının maliyetli olması, zehirliliğinin az olması, yüksek ısıya dayanabilmesi açısından ön plana çıkmaktadır.

Fakat foto katalizör olarak görünür ışığa duyarlılığının düşük olması TiO_2 'in dezavantajı olarak karşımıza çıkmaktadır. Birçok çalışmada TiO_2 'in görünür ışıktaki aktivitesini artırmak, elektronik ve yüzey yapısını iyileştirmek için soy metal katma, metal iyon yükleme, katyonik ve anyonik doplama gibi işlemler yapılmaktadır. Araştırmaların büyük bir kısmında görünür ışık altında fotokatalitik etkisi fazlalaşmıştır. Bu araştırmalarda temel olarak fotokatalitik, elektro katalitik ve biyomedikal uygulamalar için nano yapıda titanyum dioksitin hazırlanması, belirli nanometrik bir yapı için yüzey kaplanmasında sol-jel yönteminin uygulanması esas alınan çalışmalar yapılmaktadır.

Titanyum dioksit kristalleri doğada amorf, brokit, anataz ve rutil olmak üzere dört fazda bulunmaktadır. Brokit fazı oldukça düşük sıcaklıklarda kararlı olması nedeniyle kullanımı pratik değildir. Foto katalizör olarak kullanımı bulunmamaktadır. Amorf TiO_2 'in ise neredeyse hiç XRD piki vermediği gibi foto katalizör olarak hiçbir etkinliği de bulunmamaktadır. Rutil ve anataz fazları ise, çoğunlukla foto katalizör olarak kullanılmakta; ancak bu iki fazdan anataz fazındaki TiO_2 'in en fazla fotokatalitik etki gösterdiği bilinmektedir.

1.4. Lantanitler (La, Sm, Ce)

Genel olarak lantanitler 3+ oksidasyon sayılı olurlar ama bunların arasında istisnai olarak Ce 4+ oksidasyon sayısı da almaktadır. Bu toprak metaller, 3+ değerlikli hallerinde benzerlikleri oldukça fazla özellikleriyle de bilinmektedirler. Elementlerin birinden diğerine geçişinde elektron değişimi 5 ve 6'ncı yörüngede olmayıp, sadece 4'üncü yörüngeye (4f) elektron katılması ile meydana geldiğinden, kimyasal karakterizasyonları açısından oldukça benzerlik göstermektedirler.

1.5. Nikel oksit NiO

NiO kimyasal formülüne sahip olan, gri-sarı renkte, yüksek saflıkta, ince öğütölmüş tozunda % 77-78 Ni oranına sahip, suda çözünörlöğü olmayan, sırlarda sarıdan kahveye, yeşilden maviye ya da griye değışen renkleri sağlayan oksit. NiO erime noktası = 1650-1660 °C.

1.6. Demir oksit Fe₂O₃

Fe ve O atomlarının birleşmesi ile oluşın küçük partiköl özelliğı ile bilinen Demir oksit, organik veya inorganik formlarda bulunan kimyasal tozlardır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Huanhuan Chen ve ark (2018) yaptıkları çalışmalarda Er ve Mg katkılı TiO₂ nano çubuk dizileri ve perovskit güneş pili içindeki fotovoltaiik özelliklerin iyileştirilmesi çalışmalarında, Magnezyum (Mg) ve Erbium (Er) iyonları, bir hidrotermal yöntemle TiO₂ ince film dizileri (NRA) üzerine katılmış ve perovskit güneş pilleri (PGP'ler) ile uygulamışlardır. Sentezlenen Er/Mg katkılı TiO₂ NRA'ları, alan emisyonu taramalı elektron mikroskobu (FE-SEM), X-ışını toz difraksiyonu (XRD), UV-yansımali yansıma ve elektrokimyasal empedans spektroskopisi (EIS) ile araştırmışlar. Er/Mg birlikte katkılı TiO₂, bant enjeksiyonunu değiştirmiş ve bu da yük enjeksiyon verimliliğini artırmış. . Er / Mg birlikte katkılı PGP cihazının güç dönüştürme verimliliği (PGP), % 8.26'dan % 9.67'ye çıkarıldı; bu, katkısız cihazdan % 17 daha yüksekti. Bu çalışmada, güneş enerjisinin kullanımının ve PGP'lerin fotoelektrik dönüşüm performansının iyileştirilmesi için tek elemanlı katkı veya çok elemanlı eş-katkılı 1-D nanoyapılı malzemelere bir kapı açacağını belirlemişlerdir.

Govindhasamy Murugadoss ve ark (2018) yaptıkları çalışmalarda Formamidinyum kurşun iyodür perovskit: aracılığıyla yapısı, şekli ve optik ayarlama çalışmalarında, organik ligandlar ve karışık katyonlar kullanılarak hidrotermal yöntem kullanılarak oda sıcaklığına dayanıklı α -FAPbI₃ perovskitin hazırlanması için yeni bir yöntem geliştirilmiş. Ürünün yapısal, optik ve morfolojisi sıcaklığa göre değişmiş. Klorobenzen anti-çözücünün eşit hacmi, perovskit çözeltisi ile birlikte, perovskit kristalleri hidrotermal yöntemle doyurmak ve basitçe büyütmek için kullanılmıştır. Optimal sıcaklık (140 °C) XRD ve UV-vis absorpsiyon sonucundan kararlı α -FAPbI₃ perovskit elde edilmiş. Bu çalışma, geniş çaplı ve kararlı morfolojiye sahip α -FAPbI₃ perovskit ile anlaşılmasını ve farklı alanlardaki potansiyel uygulamaların önünü açtığını belirlemişlerdir.

Xiaolei Sun ve ark (2016) yaptıkları çalışmalarda Li-katkılı PbTiO_3 perovskit kübik parçacıkların hidrotermal sentezi ve fotokatalitik aktivitesi çalışmaları için katkı maddeleri olarak lityum nitrat (LiNO_3) kullanılarak, basit bir hidrotermal yöntemle başarılı bir şekilde sentezlenmiştir. Li-doping sayesinde, sadece partiküller küçültmekle kalmamış, aynı zamanda bazı Ti^{3+} iyonları ve oksijen boşalmaları PbTiO_3 perovskitin kafesinde meydana gelmiş. Sonuç olarak, Li katkılı PbTiO_3 örnekleri MB'nin bozunmasında mükemmel görünebilir ışık fotokatalitik performans sergilediğini tespit etmişlerdir.

Hongwei Lei ve ark (2018) yaptıkları çalışmalarda Sb_2S_3 ve güneş pili uygulaması için yerinde yeni bir hidrotermal yöntem belirleyerek, Sb_2S_3 filmlerinin üretilmesi için yerinde hidrotermal yaklaşımın yeni bir versiyonunu sundular. Metal Sb filmleri önce oda sıcaklığında radyo frekanslı magnetron püskürtme kullanılarak substratlar üzerinde biriktirildi ve daha sonra yeni bir düşük sıcaklıklı hidrotermal reaksiyon yoluyla Sb_2S_3 filmlerine yerinde transformasyona tabi tutulmuş. Elde edilen Sb_2S_3 filmlerinin özelliklerini araştırdılar. Yerleşik Sb_2S_3 filmini absorbe edici olarak kullanan Planar Sb_2S_3 güneş pilleri imal ederek % 1.32'lik bir güç dönüşüm verimi sağlamışlardır.

G. Biasotto ve ark (2011) yaptıkları çalışmalarda Perovskit bizmut ferrit nanopartiküllerin mikrodalga-hidrotermal sentez yöntemi (HTMW) ile, kristalin bizmut ferrit (BiFeO_3) nanopartiküllerini (BFO) 180 °C sıcaklıkta 5 dakika ila 1 saat arasında değişen sıcaklıklarda sentezlemek için kullandılar. BFO nanopartikülleri X-ışını analizleri, FT-IR, Raman spektroskopisi, TG-DTA, FE-SEM ile belirlemişlerdir. HTMW işlemiyle elde edilen malzemelerde yaygın olarak bulunan OH gruplarının varlığını bu şekilde doğrulamışlardır. Geleneksel katı-hal reaksiyon prosesi ile karşılaştırıldığında, daha iyi homojenliğe sahip olan mikron altı BFO kristallerin 180 °C kadar düşük bir sıcaklıkta üretilebileceği rapor edilmiştir.

Chao Chen ve ark (2016) yaptıkları çalışmalarda Perovskit bizmut ferrit kristallerin hidrotermal sentezi için, tek fazlı BiFeO_3 , düşük sıcaklıklı bir

hidrotermal sentezle KOH ortamında, perovskit BFO 200 °C sıcaklıkta elde edilmiş, Taramalı elektron mikroskobu incelemesi, ferroelektrik Curie sıcaklığı, diferansiyel termal analiz ile 825 °C olarak belirlenmiştir. Kristalize BFO tozları oluşturmak için hidrotermal reaksiyonlar, çözünme-kristalleştirme işlemine dayanılarak tartışılmışlardır.

Yang ve ark (2014) yaptıkları çalışmalarda Tek-kristal BaTiO₃ (BT) içi boş nanopartiküllerin hazırlanması için bir sol-gel-hidrotermal yöntem geliştirmişler, burada bir setilaz (akak) asamodifier TiO₂ sol kullanılır. Ürünler XRD, Raman spektroskopisi, SEM, TEM ve Nitrojen adsorpsiyonu ile karakterize edilmiş. Sonuçlar Monodispers içi boş BT nanopartiküllerin yaklaşık 86.7nm çapını farklılaştırdığını göstermiştir. Zamana bağlı sonuçlara göre deney, anagregasyon-yeniden hizalama-füzyon prosesi olan bir yolu içeren olası bir oluşum mekanizması önerilmiştir. Sentezlenmiş yaklaşım ve önerilen büyüme mekanizması, diğer perovskit oksitlerin içi boş mimarilerinin tasarlanması ve kontrollü olarak hazırlanması için yeni bilgiler sağlayabileceğini bildirmişlerdir.

Ganghua Zhang ve ark (2011) yaptıkları çalışmalarda Süperiletkenler BaK_xK_xBiO₃ ve vücut merkezli çift perovskitler BaK_xK_xBi – _yNa_yO₃, selektif bir hidrotermal yolla seçici bir şekilde sentezlenmiştir. Uygun oran ve başlangıç sırasını ekleme Reaktifler, alkalinite, reaksiyon sıcaklığı ve süresi, bileşiklerin kristal büyümesini etkileyen kritik faktörlerdir. Kristallerin saflığı ve homojenliği ICP, SEM, EDX ve TEM çalışmaları ile tespit etmişler. Manyetik ölçümler, Ba K_xK_xBiO₃'ün süperiletken geçiş sıcaklıklarının K_{doping} seviyesini arttırarak 22 K'den (x = 0.35 için) 8 K'ya (x = 0.55 için) düştüğünü göstermişlerdir.

Shan Wang ve ark (2013) yaptıkları çalışmalarda Sr katkılı LaCrO₃ (La_{0,9}Sr_{0,1}CrO₃ ve La_{0,8}Sr_{0,2}CrO₃) hidrotermal yöntemle 260 °C'de sentezlemişlerdir. Kristalin ürünler, toz X-ışını kırınımı, taramalı elektron mikroskobu, indüktif eşleşmiş plazma ve EDS ile karakterize edilmiştir. Kristaller, perovskit benzeri yapıyı (spacegroup Pnma) benimser ve 1–2 um dar bir ışık büyüklüğü ile dağılıma

sahiptir. Ürünlerin oluşumunda, KOH ve reaksiyon sıcaklığı önemli rol oynamaktadır.

Sang Yun Lee ve ark (2018) yaptıkları çalışmalarda Ni-katkılı lantanum stronsiyum manganit (LSMN) nanopowderleri, $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Mn}_x\text{Ni}_x\text{O}_3$ ($0.05 < x < 0.3$), 8 saat boyunca 150°C 'de, Ni katkılı konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak hidrotermal reaksiyon ile sentezlenmiştir. SEM analizleri, kalsinasyon tedavisinin nano tozların morfolojisini etkilediğini öne sürmüşlerdir. 1300°C 'deki kalsine nano tozlar, 44-77 nm'lik aglomerasyonlu küresel yapıya sahiptir. Bu arada, XRD çalışmaları, nanopowderlerin $x = 0.05-0.2$ aralığında tek kristalli faza sahip olduğunu ortaya çıkardı. Ayrıca, LSMN nanopowder'lar yüksek sıcaklıklarda $1250-1350^\circ\text{C}$ sinterlenmiştir. Elektriksel iletkenliği kademeli olarak 90.05 s/cm 'ye çıkmıştır. Bu sonuçlar $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Mn}_{0.8}\text{Ni}_{0.2}\text{O}_3$ 'ün LSMN'nin optimal bileşimi olarak iyi bir performans sergilediğini göstermiştir.

R. Wendelbo ve ark (2004) yaptıkları çalışmalarda Mevcut çalışmada perovskitlerin hidrotermal sentezi ve karakterizasyonuna kombinatoriyal metodoloji uygulanmış. İçinde (Pb, Ba, Sr) ZrO_3 bileşim alanında 48 örnek içeren ilk seri, pH değişimi ile sentez koşulları optimize edilmiştir. 96 örneklemin ikinci bir dizisinde (Pb, Ba) (Zr, Ti) O_3 bileşim alanı kristallik ve partikül büyüklüğünü kontrol etme amacı ile araştırılmıştır. Toz X-ışını kırınımı (XRD) kullanılarak, çoğu bileşimin 3–23 s içerisinde 200°C 'de 2.0-3.3 M KOH içinde kolayca kristalleştiği belirlenmiştir. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak, saf zirkonatlar için saf titanatlar için 0.2-1 m'ye partikül büyüklüğünün 3 ila 8 m arasında olduğu belirlenmiştir. Kimyasal analiz için Microprobe dalga boyu dispersif spektroskopisi (WDS) kullanılmış. Parçacık büyüklüğünün esas olarak kütle kimyası tarafından belirlendiği, bir poliakrilamid katkı maddesi ve pH'ın çok az etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Kombinasyonel hidrotermal sentez ve karakterizasyon tekniklerinin perovskitlerin sentezi ve temel karakterizasyonu için tamamen uygulanabilir olduğunu göstermişlerdir.

Liyan Wu ve ark (2005) yaptıkları çalışmalarda Çift perovskit Ba_2YSbO_6 hazırlamak için hafif bir hidrotermal süreci sunulmaktadır. Ürün XRD, TEM, XPS, ICP ve IR teknikleri temelinde karakterize edildi. Ürünün metal bileşimi, çift perovskit formüle ve 50–100 nm arasında bir tane büyüklüğüne yakındır. XRD modelleri, Genel Yapı Analiz Sistemi (GSAS) arıtma programını kullanarak Rietveld yöntemi ile rafine edilmiştir.





3. MATERYAL VE METOD

3.1. Kullanılan Kimyasallar

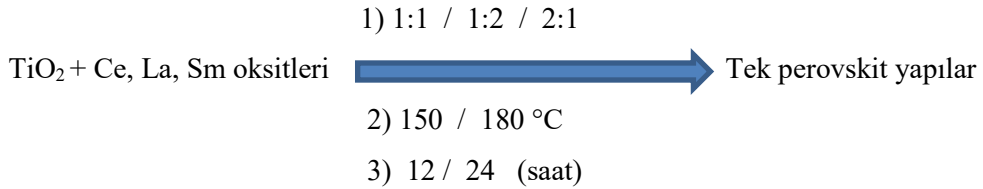
- Fe_2O_3 (demir(III) oksit)
- NiO (nikel oksit)
- NaOH
- Lantanitler; seryum Ce(III) , lantan La(III) , samaryum Sm(III) oksitleri.
- TiO_2 (titanyum dioksit)

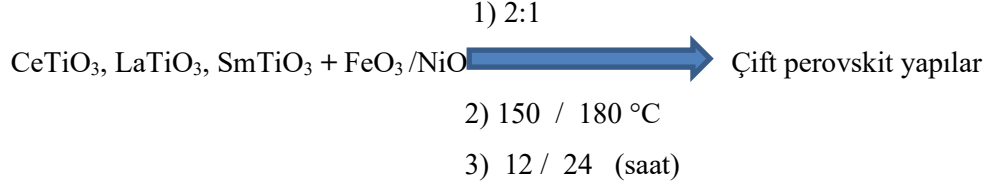
3.2. Kullanılan Cihazlar

- X ışını kırınım yöntemi (XRD)
- Atomic force microscope (AFM)
- Taramalı elektron mikroskobu (SEM, Tokyo)
- FT-IR Spektroskopisi
- pH metre; pH 211 Hanna Instruments
- Fırın
- Çelik Reaktör; Parr Acid Digestion Bomb; 23 mL Hacimli Teflon Hatlı
- Etüv; Elektromag M420 P
- Karıştırıcı; Velp, RPM

3.3. Metod

1:1; 1:2; 2:1 oranında 150 °C ve 180 °C de 12 ve 24 saat hidrotermal koşullarda sentezlenmiştir. Elde edilen yapılar 800 °C, 6 saat de kalsine edilmiştir.





AFM, SEM ve XRD cihazları kullanılarak sentezlenen perovskitlerin özellikleri tayin edilmiştir.

3.3.1. Genel Sentez

Hazırlanan numuneler 20-25 dakika karıştırılır. 150 °C sıcaklıkta ve 24 saat sürede ısıtılan karışımın pH'ı ise 3,5 olarak ayarlanır. Yapılan işlemlerin sonunda reaktörler bekletilerek oda sıcaklığı seviyelerine kadar getirilir. Oluşan katı madde 800 °C de 6 saat kalsinasyon işlemi görür.

3.3.2. SmTiO₃ Sentezi

TiO₂ (1 mmol 0,079 g), Sm₂O₃ (1 mmol 0,348 g) ve H₂O (5 mL) karışımı 1:1 mol oranı ile hazırlanarak 23 mL teflon hat çelik parr asit reaktörlerine eklendi.

3.3.3. CeTiO₃ Sentezi

TiO₂ (1 mmol 0,079 g), CeO₂ (1 mmol 0,172 g) ve H₂O (5 mL) karışımı 1:1 mol oranı ile hazırlanarak 23 mL teflon hat çelik parr asit reaktörlerine eklendi.

3.3.4. LaTiO₃ Sentezi

TiO₂ (1 mmol 0,079 g), La₂O₃ (1 mmol 0,325 g) ve H₂O (5 mL) karışımı 1:1 mol oranı ile hazırlanarak 23 mL teflon hat çelik parr asit reaktörlerine eklendi.

3.3.5. Sm₂NiTiO₆ Sentezi

SmTiO₃ (0,2 mmol 0,0492 g), NiO (0,2 mmol 0,0149 g) ve H₂O (5 mL) karışımı 1:1 mol oranı ile hazırlanarak 23 mL teflon hat çelik parr asit reaktörlerine eklendi.

3.3.6 Ce₂NiTiO₆ Sentezi

CeTiO₃ (0,2 mmol 0,0470 g), NiO (0,2 mmol 0,0149 g) ve H₂O (5 mL) karışımı 1:1 mol oranı ile hazırlanarak 23 mL teflon hat çelik parr asit reaktörlerine eklendi.

3.3.7 La₂NiTiO₆ Sentezi

LaTiO₃ (0,2 mmol 0,0468 g), NiO (0,2 mmol 0,0149 g) ve H₂O (5 mL) karışımı 1:1 mol oranı ile hazırlanarak 23 mL teflon hat çelik parr asit reaktörlerine eklendi.

3.3.8 Sm₂FeTiO₆ Sentezi

SmTiO₃ (0,2 mmol 0,0492 g), Fe₂O₃ (0,2 mmol 0,0318 g) ve H₂O (5 mL) karışımı 1:1 mol oranı ile hazırlanarak 23 mL teflon hat çelik parr asit reaktörlerine eklendi.

3.3.9 Ce₂FeTiO₆ Sentezi

CeTiO₃ (0,2 mmol 0,0470 g), Fe₂O₃ (0,2 mmol 0,0318 g) ve H₂O (5 mL) karışımı 1:1 mol oranı ile hazırlanarak 23 mL teflon hat çelik parr asit reaktörlerine eklendi.

3.3.10 La₂FeTiO₆ Sentezi

LaTiO₃ (0,2 mmol 0,0468 g), Fe₂O₃ (0,2 mmol 0,0318 g) ve H₂O (5 mL) karışımı 1:1 mol oranı ile hazırlanarak 23 mL teflon hat çelik parr asit reaktörlerine eklendi.

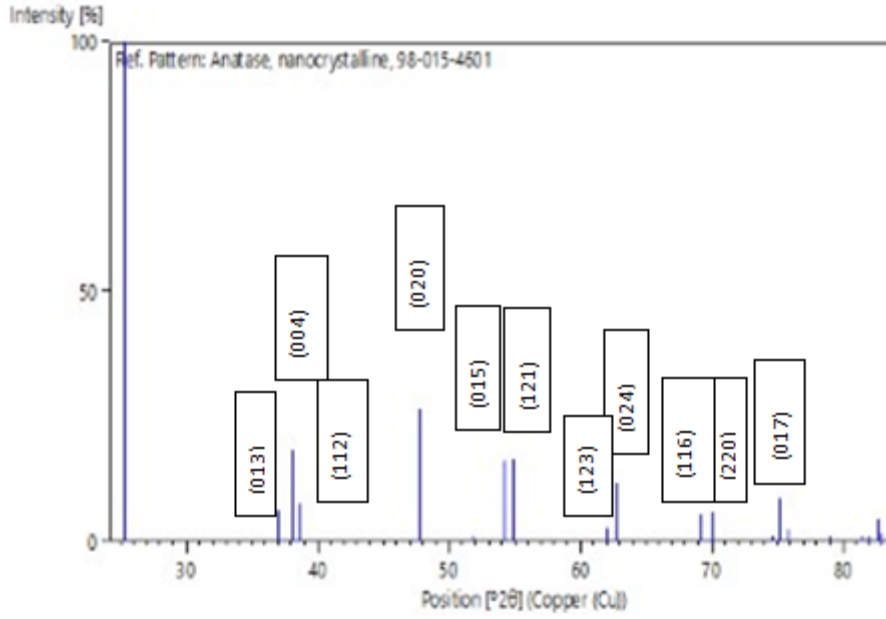


4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

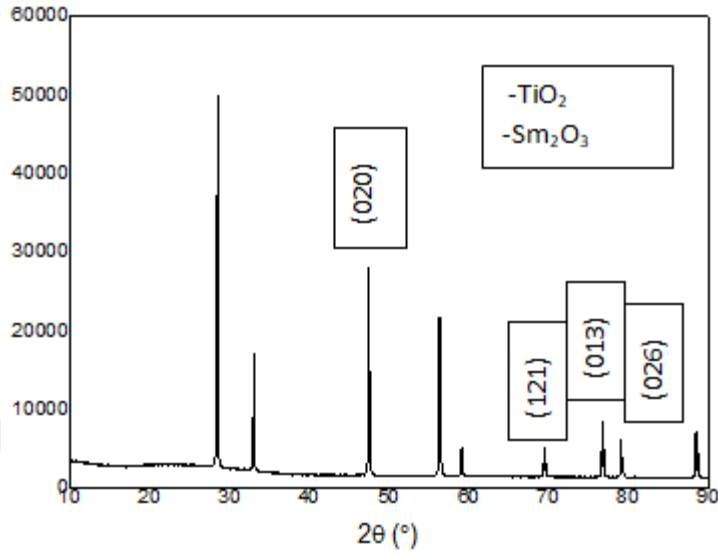
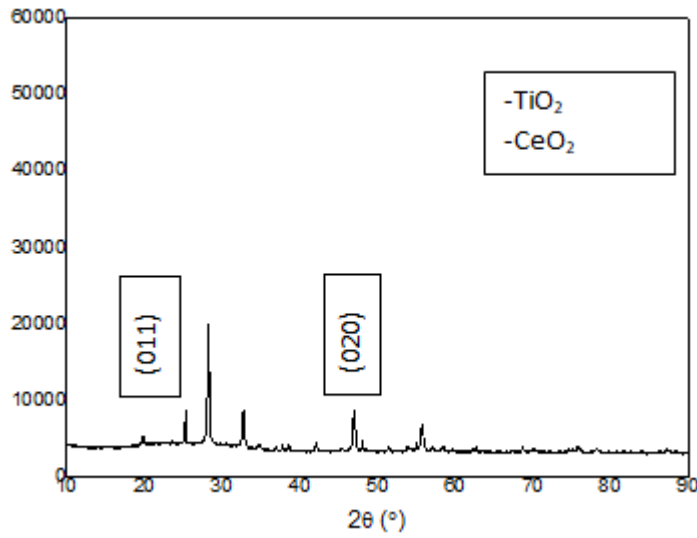
4.1. XRD (X-Işını Difraktometre) Analizleri ve Değerlendirilmesi

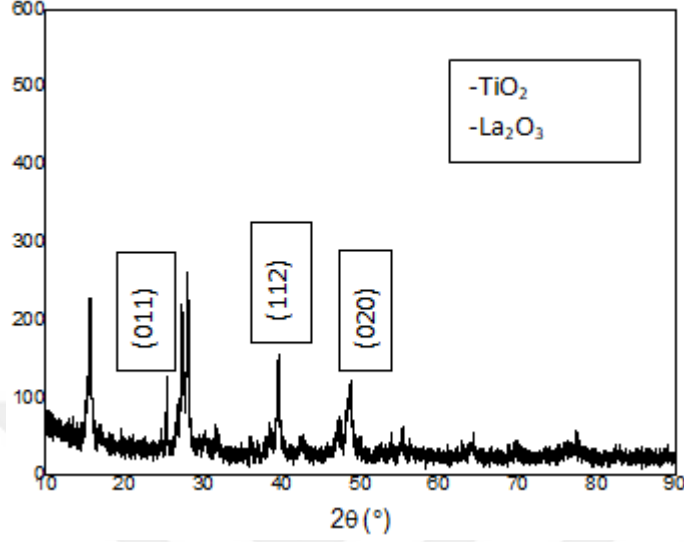
Saf TiO_2 'in XRD sonuçları (Şekil 1) ile doplama sonrası tek perovskit yapılar için (Şekil 2-4), çift perovskit yapılar için (Şekil 5-10) olarak tanımlanmış ve aşağıda gösterilmiştir.

XRD spektrumunda en şiddetli gözlenen pikin anataz yapıdaki TiO_2 'e ait pikler olduğu, $2\theta = 25.300^\circ$, 37.801° , 48.282° , 54.160° , 55.028° , 62.700° , 75.789° , 78.956° açılarını gösteren değerler aldığı görülmektedir. (Şekil 1)



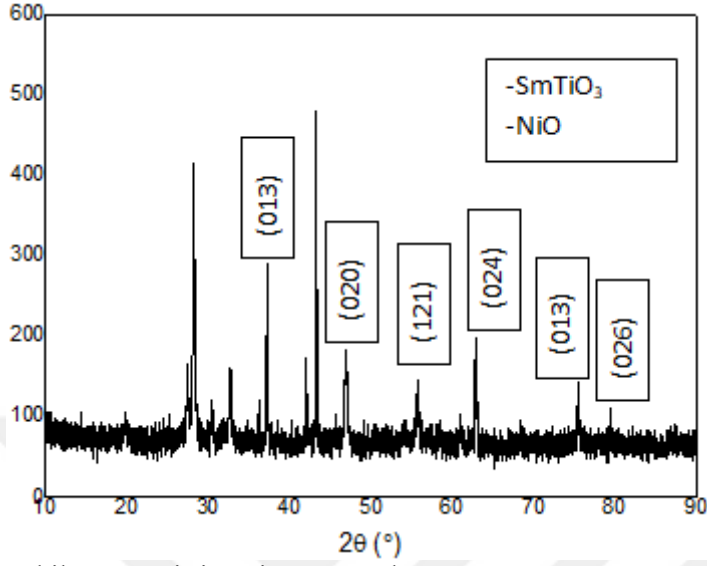
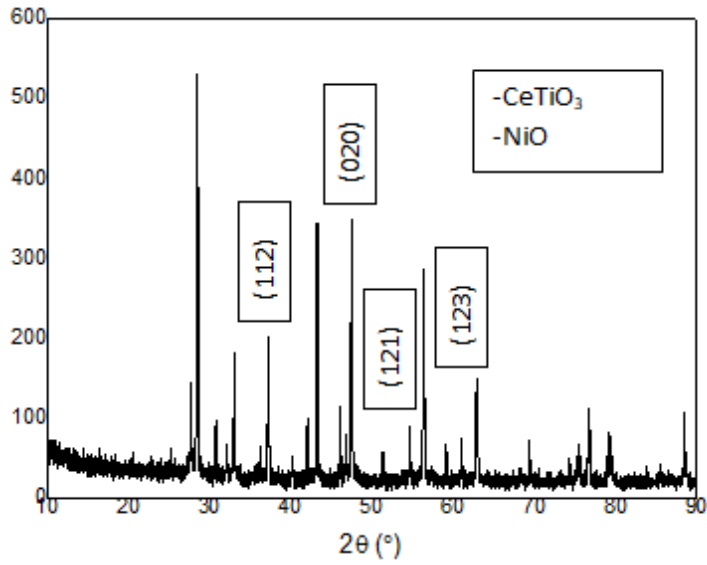
Şekil 1. Saf TiO_2 'in XRD spektrumu

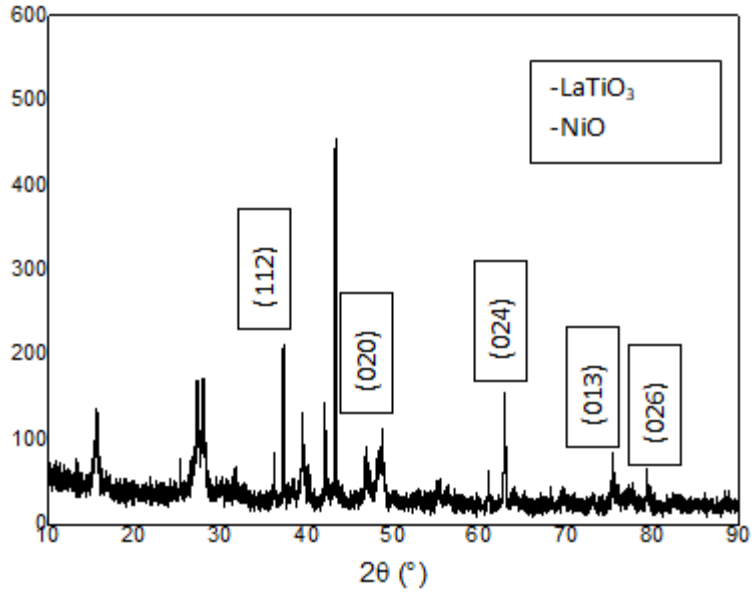
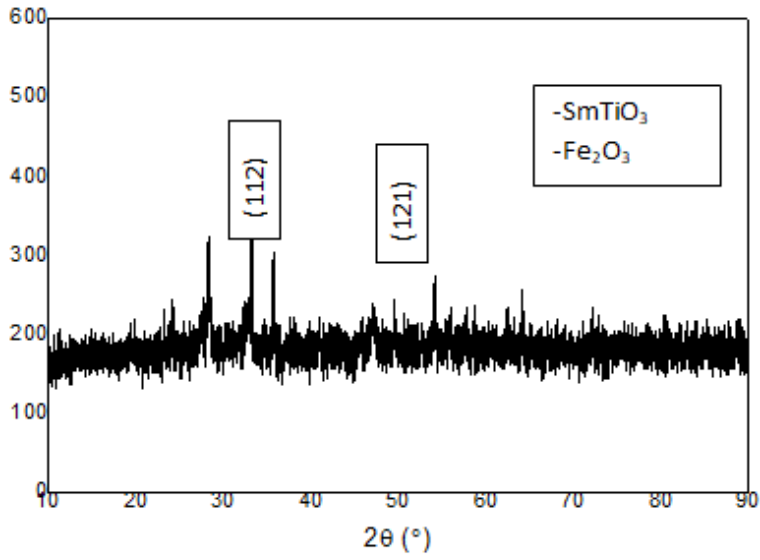
Şekil 2. SmTiO₃ ait XRD spektrumuŞekil 3. CeTiO₃ ait XRD spektrumu

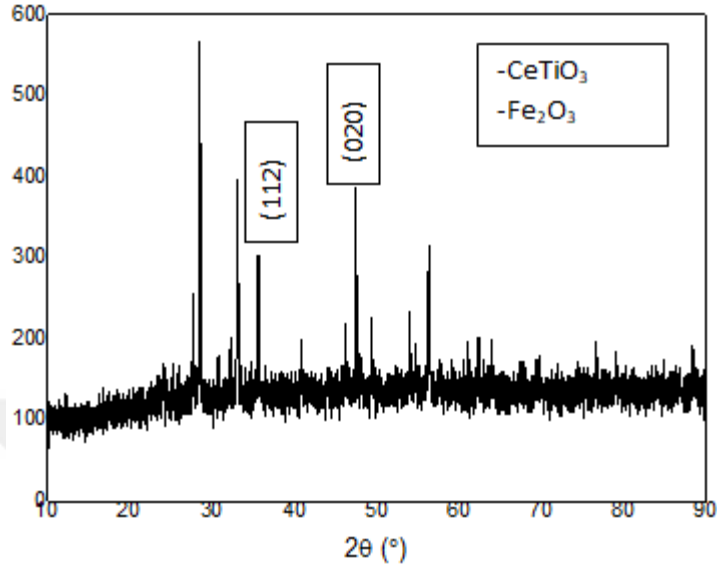
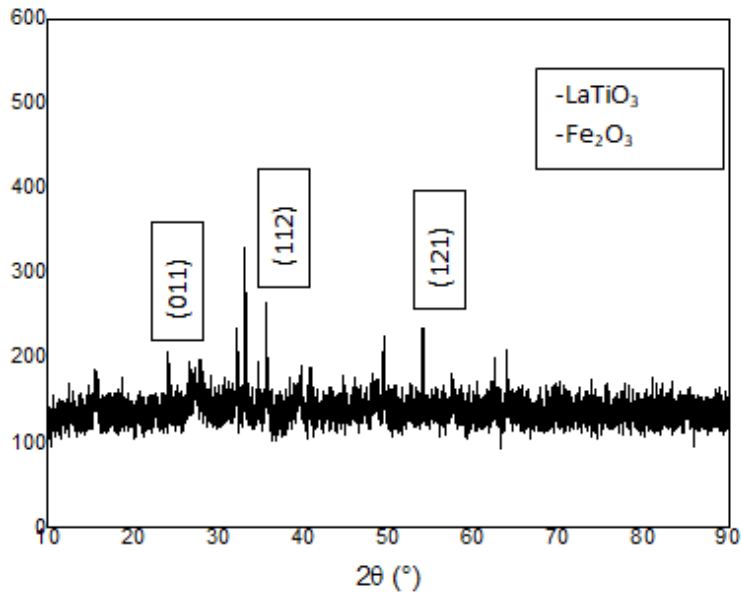


Şekil 4. LaTiO₃ ait XRD spektrumu

Şekil 2-4 tek perovskit yapılar XRD görüntülerinde saf TiO₂ ile karşılaştırıldığında kırınım desenlerinin biraz farklılık gösterdiğini söyleyebiliriz. (Şekil 2) ana hatlarıyla TiO₂ ve Sm₂O₃ yapısından oluştuğunu da görmekteyiz. Piklerin geniş olması kristal yapıların küçük olduğunun bir göstergesidir. (Şekil 2-4)

Şekil 5. $\text{Sm}_2\text{NiTiO}_6$ ait XRD spektrumuŞekil 6. $\text{Ce}_2\text{NiTiO}_6$ ait XRD spektrumu

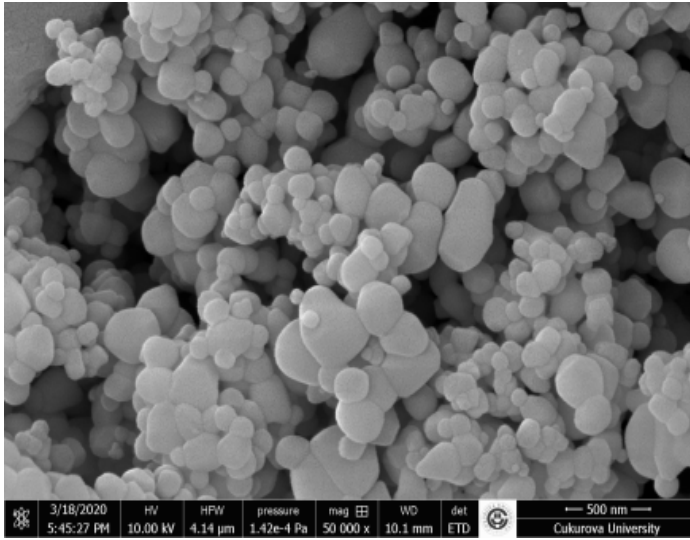
Şekil 7. $\text{La}_2\text{NiTiO}_6$ ait XRD spektrumuŞekil 8. $\text{Sm}_2\text{FeTiO}_6$ ait XRD spektrumu

Şekil 9. $\text{Ce}_2\text{FeTiO}_6$ ait XRD spektrumuŞekil 10. $\text{La}_2\text{FeTiO}_6$ ait XRD spektrumu

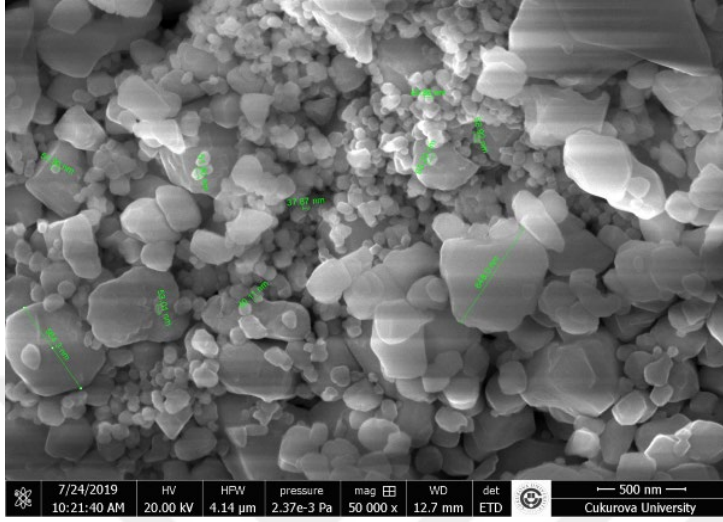
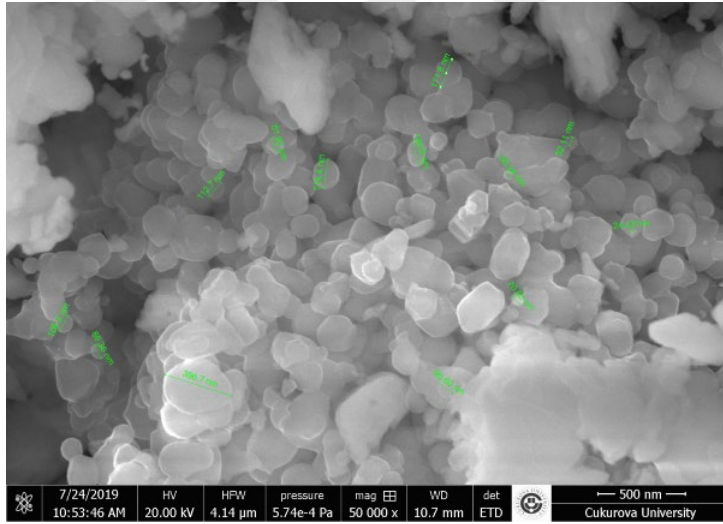
Doplama öncesi ve sonrası spektrum derecelerini karşılaştırdığımızda titanyum dioksit'e göre çok farklı derecelerde pikler olduğunu tespit ettik ve sentezlenen yeni yapıların kırınım desenlerini de belirlemiş olduk. Titanyum dioksit'in en şiddetli pikleri 37.801° , 48.282° , 54.160° (Şekil 1). Buna karşın $\text{Sm}_2\text{NiTiO}_6$ ve $\text{Ce}_2\text{NiTiO}_6$ pikleri 44.090° (Şekil 5 ve 6). $\text{Sm}_2\text{FeTiO}_6$ ve $\text{La}_2\text{FeTiO}_6$ pikleri 34.801° (Şekil 8 ve 10).

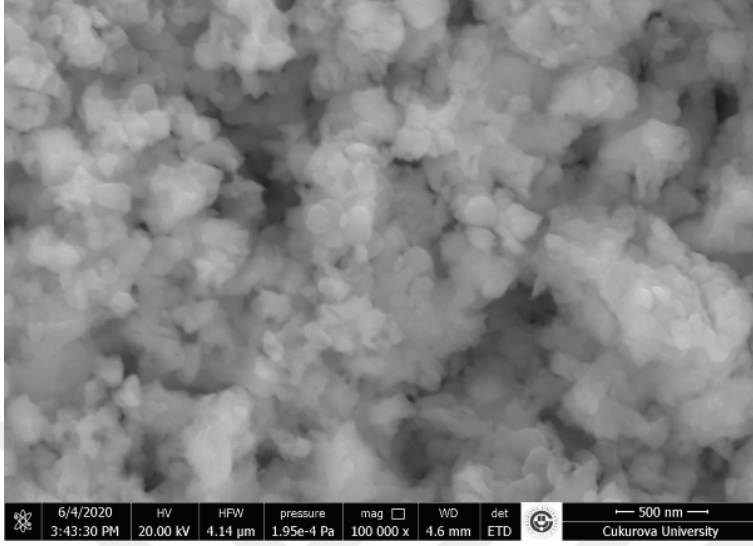
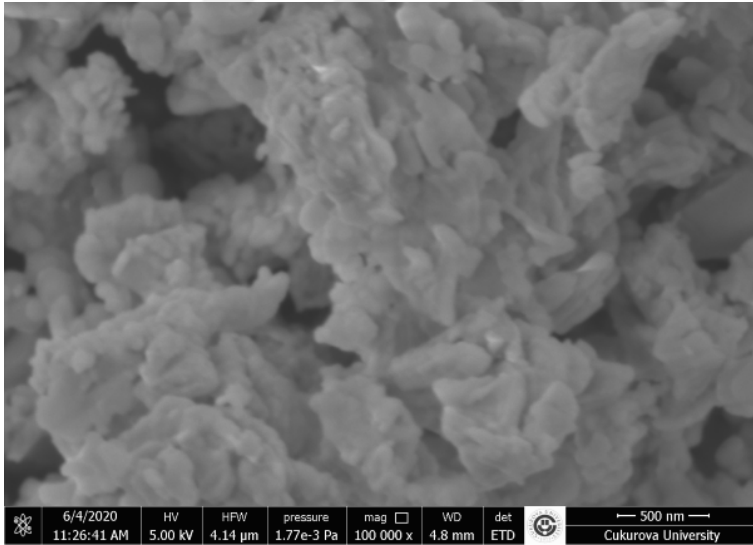
4.2. Morfolojik Analizler (SEM)

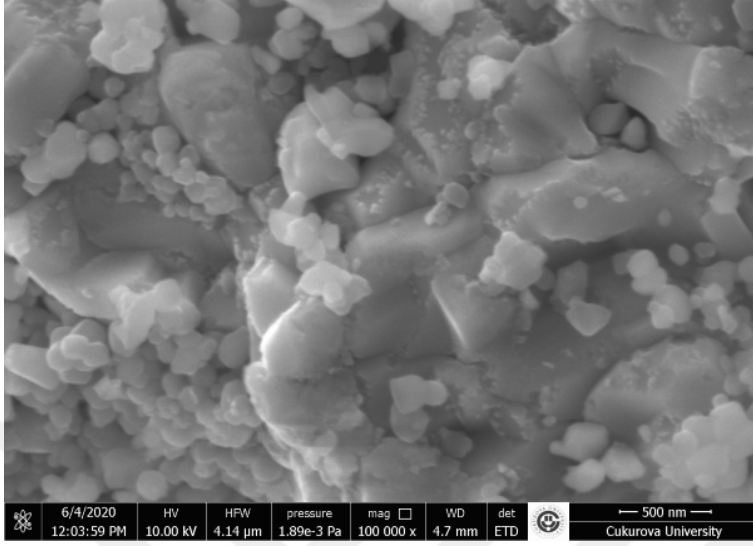
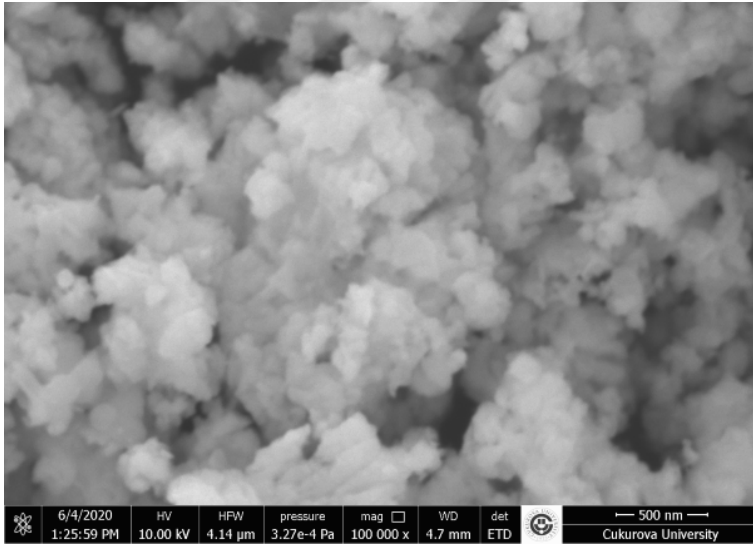
Belirli koşullar altında sentezlenen nano yapıların yüzey görüntülerinin (morfoloji) incelenmesinde taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılmıştır. Tek ve çift perovskit yapıların SEM görüntüleri incelendiğinde, yapıyı oluşturan her iki bileşiklerin küre şeklinde olduğu görülmüştür (Şekil 12-14, 16,18,19). Oluşturulan nanomalzemelerin başlangıç malzemesine çok benzer bir yüzey morfolojisi gösterdiği gözlenmiştir (Şekil 12). Bu parçacıklar agregalar ile birlikte kümelenerek daha büyük parçacıklar oluşturmuştur (Şekil 12, 13,16).

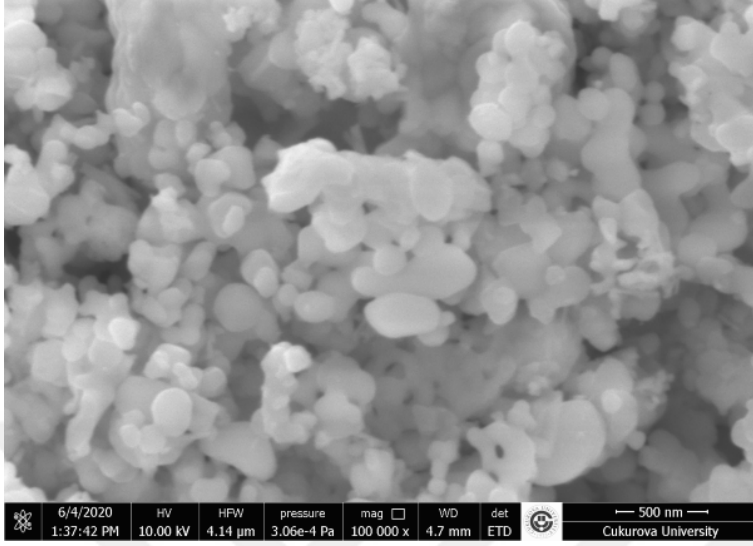
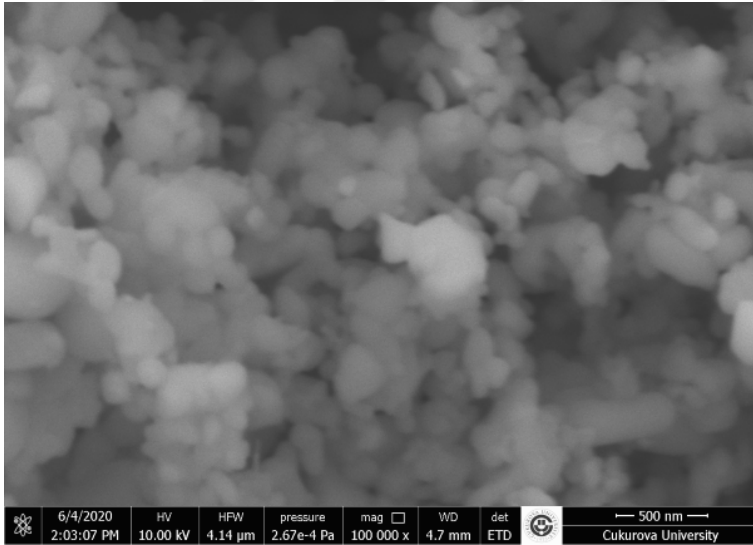


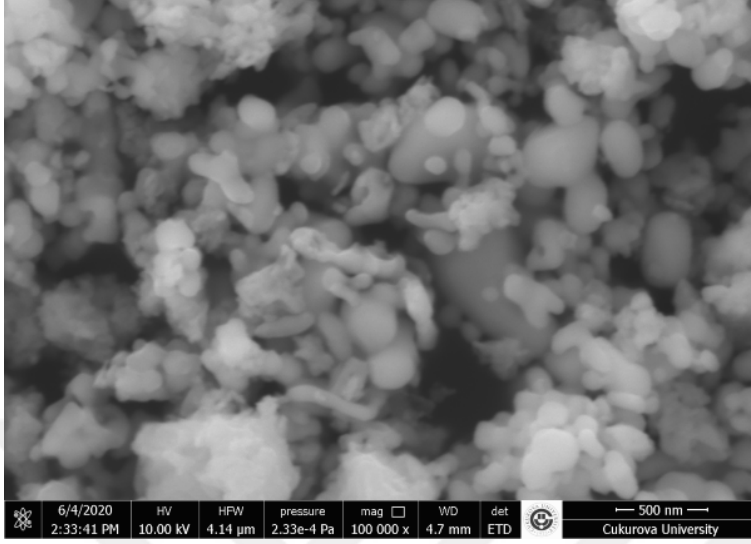
Şekil 11. Saf TiO_2 'nın SEM görüntüleri, 500 nm 'deki

Şekil 12. SmTiO₃ ait SEM görüntüsüŞekil 13. CeTiO₃ ait SEM görüntüsü

Şekil 14. LaTiO_3 ait SEM görüntüsüŞekil 15. $\text{Sm}_2\text{NiTiO}_6$ ait SEM görüntüsü

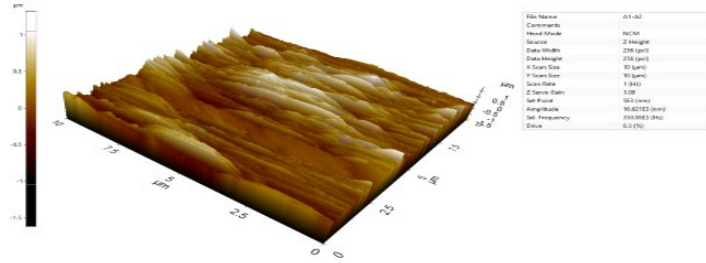
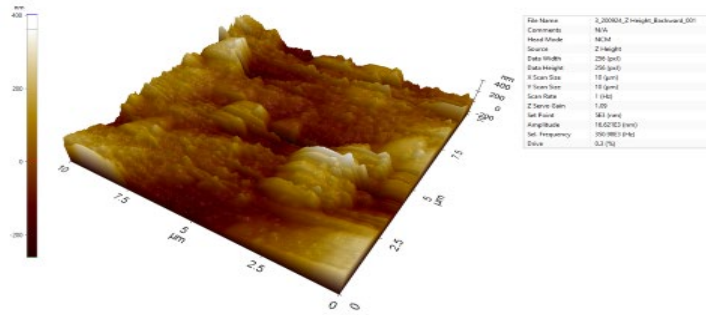
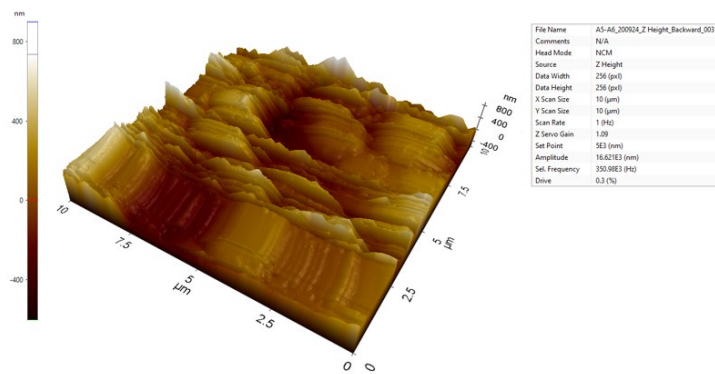
Şekil 16. $\text{Ce}_2\text{NiTiO}_6$ ait SEM görüntüsüŞekil 17. $\text{La}_2\text{NiTiO}_6$ ait SEM görüntüsü

Şekil 18. $\text{Sm}_2\text{FeTiO}_6$ ait SEM görüntüsüŞekil 19. $\text{Ce}_2\text{FeTiO}_6$ ait SEM görüntüsü

Şekil 20. La₂FeTiO₆ait SEM görüntüsü

4.3. Atomik Kuvvet Mikroskopi ile Yüzey Taraması (AFM)

AFM numuneleri nano ölçekte incelemek için çok güçlü bir teknolojidir. Çok yönlü olması, her boyutlu yüzeyde imge oluşturması ayrıca çeşitli yüzeylerde ölçüm yapabilme özelliği ile ihtiyaçları karşılamaktadır. Angstrom ölçekte çözünürlük-yükseklik bilgileri ile atomik çözünürlükte görüntüler üretebilir. Bir yüzeydeki atomları tanımlar ve onun komşu atomları ile arasında olan etkileşimide yorumlamada fayda sağlar. Elde edilen numuneler pelet haline getirilerek AFM analizi yapılmıştır. Saf TiO₂'in görüntüsüne karşılık yüzey pürüzsüzlüğünde doplamadan sonra bir miktar farklılıklar görülmüştür (Şekil 21-23). Özellikle SmTiO₃ AFM görüntüsü yüzey pürüzsüzlüğü bakımında daha iyi bir sonuç ortaya koymuştur (Şekil 21). AFM topografik görüntülerine bakıldığında tane büyüklükleride kontrol edilmiştir (Şekil 21-23).

Şekil 21. SmTiO₃ ait AFM görüntüsüŞekil 22. CeTiO₃ ait AFM görüntüsüŞekil 23. LaTiO₃ ait AFM görüntüsü

4.4. FT-IR Spektrum Analizleri ve Değerlendirilmesi

İnfrared spektrumlarına bakıldığında titanyum dioksit'in piki 2976 cm^{-1} alifatik (EK 2.1). Samaryum ile doplama sonrası 2418 cm^{-1} de piklerin kaydığı görülmüştür (EK 2.2) Seryum ile doplama sonrası 2082 cm^{-1} de piklerin kaydığı görülmüştür (EK 2.3).



5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Literatürde rastlanmayan orijinal tek perovskit (CeTiO_3 , LaTiO_3 , SmTiO_3), çift perovskit ($\text{Sm}_2\text{NiTiO}_6$, $\text{Ce}_2\text{NiTiO}_6$, $\text{La}_2\text{NiTiO}_6$, $\text{Sm}_2\text{FeTiO}_6$, $\text{Ce}_2\text{FeTiO}_6$, $\text{La}_2\text{FeTiO}_6$) bileşikleri farklı sıcaklık ve süre kombinasyonlarında hidrotermal yöntemle yeni nano yapılar olarak sentezlenmiştir.

Sentezlenen yapılar SEM, AFM, XRD ve FTIR cihazları kullanarak karakterize edilmiştir. Morfolojik analizler için SEM cihazı kullanılmıştır. Son yıllarda, fotokataliz ve foto elektrokimyasal güneş hücreleri de dahil olmak üzere birçok modifiye elektronik ve optik özelliklerinin yanı sıra kapsamlı uygulamalarda kullanılmış olan nano boyutta titanyum dioksit materyalleri büyük ilgi görmüştür. Buna ek olarak biz bu çalışmamızda elde edilen bileşiklerin Atomik Kuvvet Mikroskobu cihazı kullanarak yüzey morfolojisi özelliklerini belirledik. Sentezlenen bu nano yapıların ışığı absorbe etme ve fotokatalitik özellikleri neticesinde güneş paneli sistemlerinde kullanılabileceği düşünülmektedir.

Ayrıca titanyum dioksit'in doplanması sonucunda anataz formun elde edilen nano yapılarda artmış olması fotokatalitik özelliklerinin de artacağını bir göstergesidir.



KAYNAKLAR

- Chao Chen, Jinrong Cheng, Shengwen Yu, Lingjuan Che, Zhongyan Meng
“Hydrothermal synthesis of perovskite bismuth ferrite crystallites” *Journal of Crystal Growth* 291 (2006) 135–139
- G. Murugadoss, R. Thangamuthu, M. Rajesh Kumar, “ Formamidinium lead iodide perovskite: Structure, shape and optical tuning via hydrothermal method. ” *Materials Letters* 2018.08.003
- G. Biasotto b, A.Z. Simoes a, C.R. Foschini b, M.A. Zaghete b, J.A. Varela b, E. Longo b
“Microwave-hydrothermal synthesis of perovskite bismuth ferrite nanoparticles” *Materials Research Bulletin* 46 (2011) 2543–2547
- Ganghua Zhang, Guobao Li, Fuqiang Huang, Fuhui Liao, Kuo Li, Yinxia Wang, Jianhua Lin
“Hydrothermal synthesis of superconductors $Ba_{1-x}K_xBiO_3$ and double perovskites $Ba_{1-x}K_xBi_{1-y}Na_yO_3$.” *Journal of Alloys and Compounds* 509 (2011) 9804–980
- H. Lei, T. Lin, X. Wang, S. Zhang, Q. Cheng, X. Chen, Z. Tan, J., “ Chen, A novel *in situ* hydrothermal preparation route for Sb_2S_3 and its solar cell application. ” *Materials Letters* 2018.08.058
- Huanhuan Chen, Wentao Zhu, Zhaobing Zhang, Wanxian Cai, Xingfu Zhou “Er and Mg co-doped TiO_2 nanorod arrays and improvement of photovoltaic property in perovskite solar cell. ” *Journal of Alloys and Compounds* 2018.08.279.
- Liyan Wu, Xiaoyan Mei, Wenjun Zheng “Hydrothermal synthesis and characterization of double perovskite Ba_2YSbO_6 ” *Materials Letters* 60 (2006) 2326–2330

- Shan Wang, Keke Huang, Beining Zheng, Jiaqi Zhang, Shouhua Feng "Mild hydrothermal synthesis and physical property of perovskite Sr doped LaCrO_3 ." *Materials Letters* 101(2013)86–89
- Xiaolei Sun, Shiqi Deng, Yongrong Yang, Gang Xu , Ruoyu Zhao, Ge Shen, Gaorong Han "Hydrothermal synthesis and photocatalytic activity of Li-doped PbTiO_3 perovskite cubic particles " *Surface & Coatings Technology* (2016)
- Xin Yang, Zhaohui Ren, Gang Xu, Chunying Chao, Shan Jiang, Shiqi Deng, Ge Shen, Xiao Wei, Gaorong Han "Monodisperse hollow perovskite BaTiO_3 nanostructures prepared by a sol–gel–hydrothermal method ." *Ceramics International* 40(2014)9663–9670
- Ozlem Tuna , Esra Bilgin Simsek "Anchoring LaFeO_3 perovskites on the polyester filters for flowthrough photocatalytic degradation of organic pollutants" *Journal of Photochemistry & Photobiology, A: Chemistry* (2021)
- Sehar Tasleem, Muhammad Tahir "Recent progress in structural development and band engineering of perovskites materials for photocatalytic solar hydrogen production: A review" *International journal of hydrogen energy* (2020)
- Fernando Fresnoa , Sandra Galdóna , Mariam Barawia , Elena Alfonso-González , Carlos Escudero , Virginia Pérez-Díaz , Cristián Huck-Iriarte , Víctor A. de la Peña O'Shea "Selectivity in UV photocatalytic CO_2 conversion over bare and silver decorated niobium-tantalum perovskites" *Catalysis Today* (2021)
- P.G.R. Acharya , Asit Amitabh Nayak , R.K. Bhuyan , R.N.P. Choudhary , S.K. Parida "Effect of cerium dopant on the structural and electrical properties of SrMnO_3 single perovskite" *Journal of Molecular Structure* (2021)
- Ananthakumar Soosaimanickam, Pedro J. Rodríguez-Cantó, Juan P. Martínez-Pastor, and Rafael Abargues "Preparation and processing of nanocomposites of all-inorganic lead halide perovskite nanocrystals" *hybrid perovskite composite materials* (2021)

- Leo Saputra^{a,b}, Takashi Kojima^a, Takayoshi Hara^a, Nobuyuki Ichikuni^a, Shogo Shimazu “Recyclable Pd-contained perovskite catalyst synthesized by a low temperature hydrothermal method for aerobic alcohol oxidation” *Molecular Catalysis* (2018)
- Govindhasamy Murugadoss^a, Parasuraman Kuppusamia^a, Manavalan Rajesh Kumar “Solvent effect on structure and morphology of formamidinium lead triiodide perovskite via hydrothermal method” *Inorganic Chemistry Communications* (2020)
- K.O. Ogunniran^a, G. Murugadoss^b, R. Thangamuthu^b, P. Periasamy “Evaluation of nanostructured Nd_{0.7}Co_{0.3}FeO₃ perovskite obtained via hydrothermal method as anode material for Li-ion battery” *Materials Chemistry and Physics* (2020)
- Sadiq Jamala^a, Aimal Daud Khan^{b,c}, Adnan Daud Khan “High performance perovskite solar cell based on efficient materials for electron and hole transport layers” *Optik* (2020)
- Yue Pei^a, Haiyan Guo^a, Ziyang Hu^a, Jing Zhang^a, Yuejin Zhu “BiBr₃ as an additive in CsPbBr₃ for carbon-based all-inorganic perovskite solar cell” *Journal of Alloys and Compounds* (2020)
- Hongjian Zhanga^a, Yufei Lua^a, Wenqi Hana^a, Jixin Zhua^a, Yu Zhanga^a, Wei Huang “Solar energy conversion and utilization: Towards the emerging photoelectrochemical devices based on perovskite photovolta” *Chemical Engineering Journal* (2020)
- N. Rajeev Kumar, R. Radhakrishnan “Optical properties of lead-free perovskite Cs₂InAg(BrxCl_{1-x})₆ for solar cell applications: A DFT study” *Materials Today: Proceedings* (2019)
- R. Sriabisha^a, R. Hariharan “High efficiency perovskite solar cell” *Materials Today: Proceedings* (2020)
- Chao Ran Dong, Yue Wang, Kan Zhang, and Haibo Zeng “Halide perovskite materials as light harvesters for solar energy conversion” (2020)

Gökhan YILMAZ , Çağlar ÖZKÖK “Perovskit Güneş Hücreleri ve Kararsızlık Problemleri” Derleme Makale / Review Paper (2018)



ÖZGEÇMİŞ

Boğaçhan Misdik, ilkokul ve lise eğitimini Adana’da tamamladı. 2008 yılında başladığı Ahi Evran Üniversitesi Kimya bölümünü 2013 yılında tamamladı. 2017 yılında Çukurova Üniversitesi Kimya Bölümü’nde yüksek lisans eğitimine başladı.





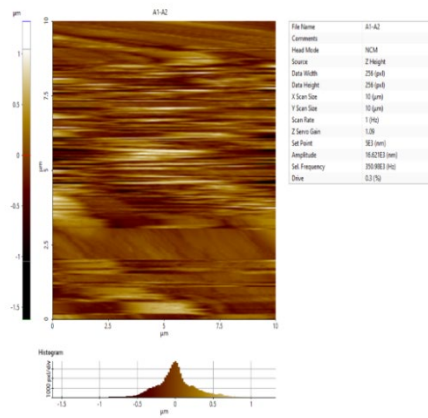
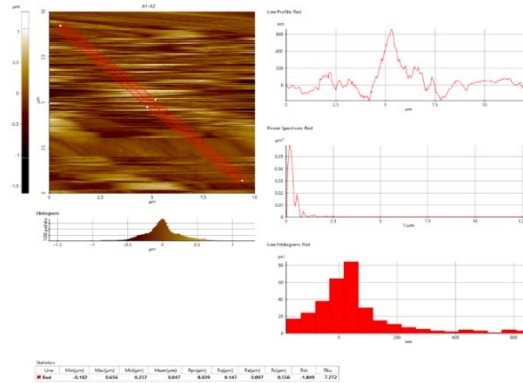


EKLER

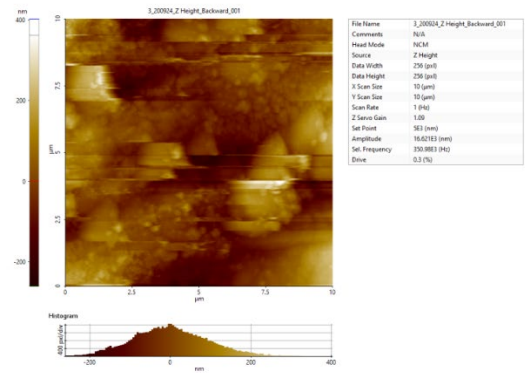
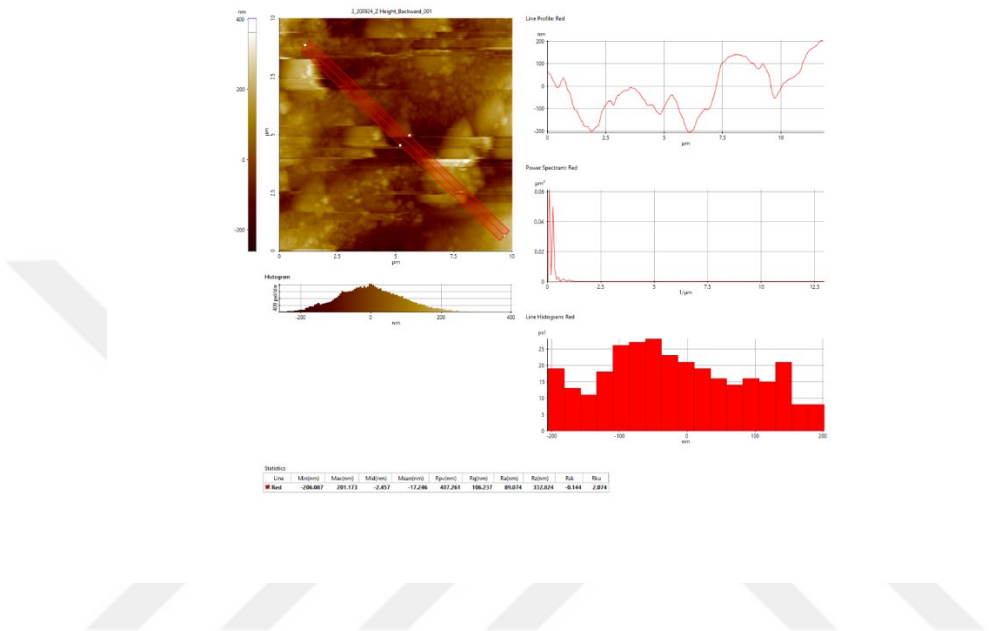


EK 1-AFM Spektrumları

EK 1.1. SmTiO₃ AFM Spektrumu

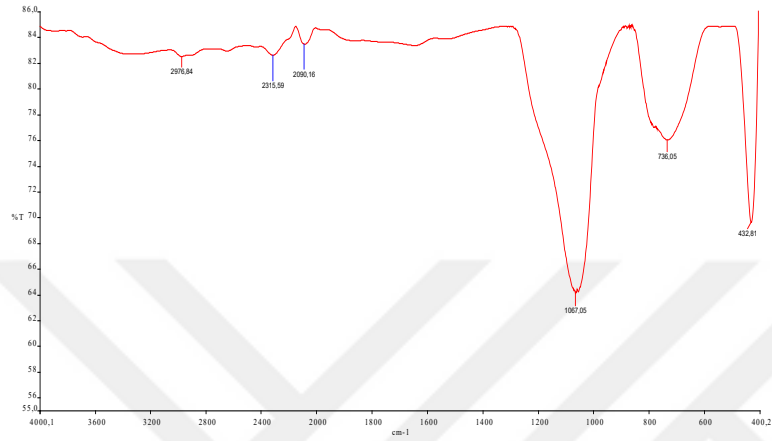


EK 1.3. LaTiO₃ AFM Spektrumu

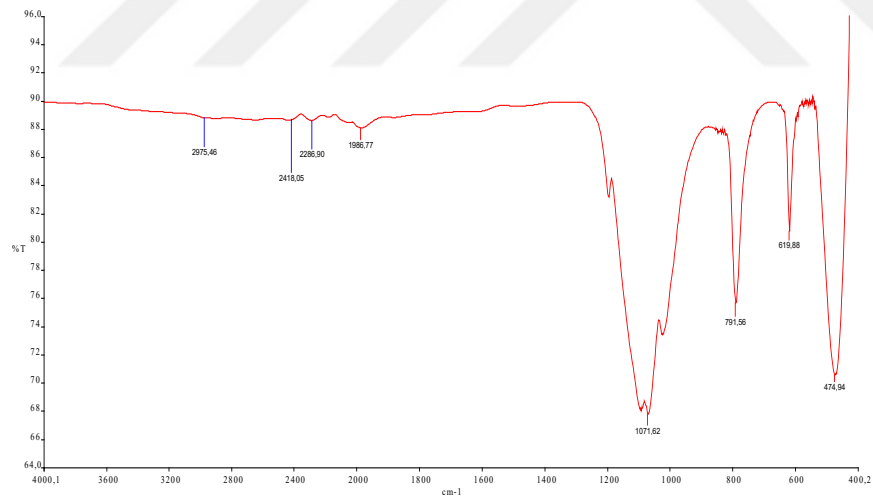


EK 2-FT-IR Spektrumları

EK2.1. TiO₂ nano yapıların FT-IR Spektrumu



EK2.2. SmTiO₃ nano yapıların FT-IR Spektrumu



EK 2.3. CeTiO₃ nano yapıların FT-IR Spektrumu

