

**LANTANOİD İYONLARIYLA KATKILANMIŞ YENİ  
TOPRAK ALKALİ ORTOTUNGSTAT  
İŞİLDARLARININ HAZIRLANMASI VE FİZİKSEL  
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**RAMAZAN ALTINKAYA**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KİMYA  
ANA BİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MERSİN  
MART – 2014**

**LANTANOİD İYONLARIYLA KATKILANMIŞ YENİ  
TOPRAK ALKALİ ORTOTUNGSTAT  
IŞILDARLARININ HAZIRLANMASI VE FİZİKSEL  
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**RAMAZAN ALTINKAYA**

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KİMYA  
ANA BİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Danışman  
Prof. Dr. Nevzat KÜLCÜ**

**MERSİN  
MART – 2014**

Ramazan ALTINKAYA tarafından Prof. Dr. Nevzat KÜLCÜ danışmanlığında hazırlanan “Lantanoid İyonlarıyla Katkılanmış Yeni Toprak Alkali Ortotungstat İşıldarlarının Hazırlanması ve Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi” başlıklı bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Nevzat KÜLCÜ

Prof. Dr. Hakan ARSLAN

Doç. Dr. Fatih Mehmet EMEN

İmza

  
.....  
  
.....  
  
.....

Yukarıdaki Jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 18.../2014.../2014... tarih ve 2014.../2014... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Mehmet KÜÇÜKASLAN  
Enstitü Müdürü



Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

## **LANTANOİD İYONLARIYLA KATKILANMIŞ YENİ TOPRAK ALKALİ ORTOTUNGSTAT IŞILDARLARININ HAZIRLANMASI VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**Ramazan ALTINKAYA**

### **ÖZ**

Bu çalışmada farklı alanlarda kullanılabilen yeni ışıldar malzemeler sentezlendi.  $M_2M'WO_6$  ( $M=Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}$ ;  $M'=Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}; Mg^{2+}, Zn^{2+}$ ) konut fazlarına lantan grupları katkılı. Konut yapılarına lantanit serisi iyonlarından  $Eu^{3+}, Pr^{3+}, Tb^{3+}, Dy^{3+}$  iyonları %2 oranında katkılı. Işıldar fazların sentezi için Katı Hal Yöntemi ve Hidrotermal Yöntem kullanıldı. Farklı katı karışımları 1350, 1250, 1200 ve 1000 °C'de olmak üzere farklı sıcaklıklarda 5 saat süre ile açık atmosferde ve yüksek sıcaklık fırınında ısıl işleme tabi tutularak tepkime gerçekleştirildi. Elde edilen ürünlerin kristal sistemleri X-ışını toz difraksiyonu (XRD) yöntemi ile araştırıldı. Birbirinden farklı kristal sisteminde kristallendiği belirlenen ışıldar fazların hücre parametreleri belirlendi. Oluşan ürünlerin ışımaya özellikleri fotoluminesans spektrofotometresi ile araştırıldı.

**Anahtar Kelimeler:** Katı Hal Tepkimesi, Lüminesans, Hidrotermal Yöntem, Fosfor

**Danışman:** Prof. Dr. Nevzat KÜLCÜ, Kimya Ana Bilim Dalı, Mersin Üniversitesi

## **NEW RARE EARTH TUNGSTATE PHOSPHORS DOPED WITH LANTANOID IONS AND INVESTIGATION OF THEIR PHYSICAL PROPERTIES**

**Ramazan ALTINKAYA**

### **ABSTRACT**

New phosphors which are used for different areas were synthesized. The lanthanide group ions were doped to  $M_2M'WO_6$  ( $M=Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}$ ;  $M'=Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}, Mg^{2+}, Zn^{2+}$ ) host crystals. The  $Eu^{3+}, Pr^{3+}, Tb^{3+}$  and  $Dy^{3+}$  ions were doped to host crystals in %2 ratios. New phosphors were synthesized by solid state and hydrothermal methods. The mixtures to achieve a solid state reaction were heated in air in high temperaturatur oven at different temperatures, 1350, 1250, 1200 and 1000 °C for 5 hours. Crystal system of the reaction products were characterized by X-ray powder diffraction techique (XRD). Photoluminescence spectrophotometer instrument was used for the observation of the excitation and emission spectras.

**Keywords:** Solid State Method, Luminescence, Hydrothermal Methods, Phosphor

**Advisor:** Prof. Dr. Nevzat KÜLCÜ, Department of Chemistry, Mersin University

## **TEŞEKKÜR**

Yüksek lisans çalışmam süresince bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım danışman hocam Prof. Dr. Nevzat KÜLCÜ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım süresince tecrübelerinden yararlandığım, beni yönlendiren ve SEM-EDX analiz sonuçlarının yorumlanmasında yardımlarını esirgemeyen Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Kimya Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Fatih Mehmet EMEN'e teşekkür ederim.

Termoluminesans ölçüm çalışmalarında laboratuvar imkânlarını sağlayan ve yardımlarını esirgemeyen, Gaziantep Üniversitesi, Fizik Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri Prof. Dr. A. Necmettin YAZICI'ya ve Yrd. Doç. Dr. Vural Emir KAFADAR'a teşekkür ederim.

Ayırım gücü yüksek fotoluminesans ölçüm çalışmalarında laboratuvar imkânlarını sağlayan ve yardımlarını esirgemeyen, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Esra ÇIRÇIR'a teşekkür ederim.

Çalışmaya maddi destek sağlayan Mersin Üniversitesi Araştırma Fonuna ve imkânlarından yararlandığım Mersin Üniversitesi İleri Teknoloji Eğitim, Araştırma ve Uygulama Merkezine teşekkür ederim.

Öğrenimim süresince sıkıntılarımı paylaşan ve maddi manevi desteğini esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

<b>ÖZ</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	iii
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	iv
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	viii
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	ix
<b>EKLER DİZİNİ</b> .....	xi
<b>SİMGE VE KISALTMALAR</b> .....	xii
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI</b> .....	3
2.1. LÜMİNESANS OLAYI .....	6
2.1.1. Lüminesans Tanımı ve Çeşitleri.....	6
2.1.2. Floresans ve Fosforesans .....	8
2.2. IŞIMA MODELLERİ .....	9
2.2.1. Enerji Konfigürasyon Diyagramı .....	9
2.2.2. Enerji Band Modeli .....	10
2.3. IŞILDAR MADDELERİN KULLANIM ALANLARI.....	11
2.3.1. Aydınlatma .....	11
2.3.1.1. Floresan lambalar .....	11
<i>Tungstat bazlı ışıldarlar</i> .....	12
2.3.1.2. Yüksek basınçlı civa lambaları .....	13
2.3.1.3. UV lambaları .....	14
2.3.1.4. Yüksek voltaj reklam ışıklandırma tüpleri.....	14
2.3.2. X-Işınları ile Görüntüleme Teknikleri .....	14
2.3.3. Katot Işını Tüpleri .....	15
2.3.4. Optoelektronik Görüntü Dönüştürücü .....	15
2.3.5. Ürün Kodlama .....	15
2.3.6. Güvenlik ve Kaza Önleme .....	16
2.3.7. Dişçilik .....	16
2.3.8. LED Uygulamaları .....	16
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	17
3.1. MATERYAL .....	17
3.1.1. Kullanılan Kimyasallar .....	17

3.1.2. Kullanılan Cihazlar .....	18
3.2. YÖNTEM.....	19
3.2.1. Sentez Yöntemleri.....	19
3.2.1.1. Katıhal sentez yöntemi.....	19
3.2.1.2. Hidrotermal sentez yöntemi .....	19
3.2.2. Yapısal Tanımlama Yöntemi .....	19
3.2.3. Optik Özelliklerin İncelenmesi .....	20
3.2.3.1. Fotolüminesans spektrometresi.....	20
3.2.3.2. Termolüminesans spektrometresi .....	20
3.2.4. Işıldar Fazların Sentezi.....	21
3.2.4.1. Işıldar fazların katı hal yöntemi ile sentezi .....	22
<i>Sr<sub>3</sub>WO<sub>6</sub>:Ln, Ca<sub>3</sub>WO<sub>6</sub>:Ln, Ba<sub>3</sub>WO<sub>6</sub>:Ln (Ln: Eu<sup>3+</sup>, Dy<sup>3+</sup>, Pr<sup>3+</sup>, Tb<sup>3+</sup>)</i> <i>ışıldar fazlarının katı hal yöntemi ile sentezi.....</i>	22
<i>Sr<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub>:Ln, Ca<sub>2</sub>SrWO<sub>6</sub>:Ln, Ca<sub>2</sub>BaWO<sub>6</sub>:Ln, Ba<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub>:Ln,</i> <i>Ba<sub>2</sub>SrWO<sub>6</sub>:Ln, Sr<sub>2</sub>BaWO<sub>6</sub>:Ln (Ln: Eu<sup>3+</sup>, Dy<sup>3+</sup>, Pr<sup>3+</sup>, Tb<sup>3+</sup>) ışıldar</i> <i>fazlarının katı hal yöntemi ile sentezi .....</i>	23
<i>Ca<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Ln, Sr<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Ln, Ba<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Ln (Ln: Eu<sup>3+</sup>, Dy<sup>3+</sup>, Pr<sup>3+</sup>,</i> <i>Tb<sup>3+</sup>) ışıldar fazlarının katı hal yöntemi ile sentezi .....</i>	23
<i>Ca<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub>:Ln, Sr<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub>:Ln, Ba<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub>:Ln (Ln: Eu<sup>3+</sup>, Dy<sup>3+</sup>, Pr<sup>3+</sup>,</i> <i>Tb<sup>3+</sup>) ışıldar fazlarının katı hal yöntemi ile sentezi .....</i>	23
3.2.4.2. Işıldar fazların hidrotermal yöntem ile sentezi.....	24
<i>Sr<sub>3</sub>WO<sub>6</sub>:Ln, Ca<sub>3</sub>WO<sub>6</sub>:Ln, Ba<sub>3</sub>WO<sub>6</sub>:Ln (Ln: Eu<sup>3+</sup>, Dy<sup>3+</sup>, Pr<sup>3+</sup>, Tb<sup>3+</sup>)</i> <i>ışıldar fazlarının hidrotermal yöntem ile sentezi.....</i>	24
<i>Sr<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub>:Ln, Ca<sub>2</sub>SrWO<sub>6</sub>:Ln, Ca<sub>2</sub>BaWO<sub>6</sub>:Ln, Ba<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub>:Ln,</i> <i>Ba<sub>2</sub>SrWO<sub>6</sub>:Ln, Sr<sub>2</sub>BaWO<sub>6</sub>:Ln (Ln: Eu<sup>3+</sup>, Dy<sup>3+</sup>, Pr<sup>3+</sup>, Tb<sup>3+</sup>) ışıldar</i> <i>fazlarının hidrotermal yöntem ile sentezi .....</i>	24
<i>Ca<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Ln, Sr<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Ln, Ba<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Ln (Ln: Eu<sup>3+</sup>, Dy<sup>3+</sup>, Pr<sup>3+</sup>,</i> <i>Tb<sup>3+</sup>) ışıldar fazlarının hidrotermal yöntem ile sentezi .....</i>	25
<i>Ca<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub>:Ln, Sr<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub>:Ln, Ba<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub>:Ln (Ln: Eu<sup>3+</sup>, Dy<sup>3+</sup>, Pr<sup>3+</sup>,</i> <i>Tb<sup>3+</sup>) ışıldar fazlarının hidrotermal yöntem ile sentezi .....</i>	25
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>27</b>
4.1. TANIMLAMA ÇALIŞMALARI.....	28
4.1.1. Sr <sub>2</sub> CaWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> , Ca <sub>2</sub> BaWO <sub>6</sub> :Ln, Ba <sub>2</sub> CaWO <sub>6</sub> :Ln, (Ln: Eu <sup>3+</sup> , Dy <sup>3+</sup> ) Işıldarlarını Tanımlama Çalışmaları .....	28
4.1.1.1. Sr <sub>2</sub> CaWO <sub>6</sub> konut fazının yapı analizi .....	28
4.1.1.2. Sr <sub>2</sub> CaWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarının fotolüminesans çalışmaları.....	29
4.1.1.3. Hidrotermal yöntemle hazırlanan Sr <sub>2</sub> CaWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarının SEM-EDX analizleri .....	31
4.1.1.4. Ca <sub>2</sub> BaWO <sub>6</sub> konut fazının yapı analizi.....	32



4.1.1.5. $\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Ln}$ (Ln: $\text{Eu}^{3+}$ , $\text{Dy}^{3+}$ ) ışıldarlarının fotolüminesans çalışmaları .....	33
$\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Eu}^{3+}$ ışıldarının fotolüminesans çalışmaları .....	33
$\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Dy}^{3+}$ ışıldarının fotolüminesans çalışmaları .....	35
4.1.1.6. $\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Dy}^{3+}$ ışıldarının termolüminesans çalışmaları.....	37
4.1.1.7. Hidrotermal yöntemle hazırlanan $\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Ln}$ (Ln: $\text{Eu}^{3+}$ , $\text{Dy}^{3+}$ ) ışıldarlarının SEM-EDX analizleri .....	38
$\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Eu}^{3+}$ ışıldarının SEM-EDX analizleri.....	38
$\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Dy}^{3+}$ ışıldarının SEM-EDX analizleri.....	39
4.1.1.8. $\text{Ba}_2\text{CaWO}_6$ konut fazının yapı analizi.....	41
4.1.1.9. $\text{Ba}_2\text{CaWO}_6:\text{Ln}$ (Ln: $\text{Eu}^{3+}$ , $\text{Dy}^{3+}$ ) ışıldarlarının fotolüminesans çalışmaları .....	42
$\text{Ba}_2\text{CaWO}_6:\text{Eu}^{3+}$ ışıldarının fotolüminesans çalışmaları .....	42
$\text{Ba}_2\text{CaWO}_6:\text{Dy}^{3+}$ ışıldarının fotolüminesans çalışmaları .....	43
4.1.1.10. Hidrotermal yöntemle hazırlanan $\text{Ba}_2\text{CaWO}_6:\text{Ln}$ (Ln: $\text{Eu}^{3+}$ , $\text{Dy}^{3+}$ ) ışıldarlarının SEM-EDX analizleri .....	45
$\text{Ba}_2\text{CaWO}_6:\text{Eu}^{3+}$ ışıldarının SEM-EDX analizleri.....	45
$\text{Ba}_2\text{CaWO}_6:\text{Dy}^{3+}$ ışıldarının SEM-EDX analizleri.....	46
4.1.2. $\text{Ca}_2\text{MgWO}_6:\text{Ln}$ , $\text{Sr}_2\text{MgWO}_6:\text{Ln}'$ , $\text{Ba}_2\text{MgWO}_6:\text{Ln}''$ (Ln: $\text{Eu}^{3+}$ , $\text{Dy}^{3+}$ ; Ln': $\text{Eu}^{3+}$ , $\text{Dy}^{3+}$ , $\text{Pr}^{3+}$ , $\text{Tb}^{3+}$ ; Ln'': $\text{Eu}^{3+}$ , $\text{Pr}^{3+}$ ) Işıldarlarını Tanımlama Çalışmaları .....	48
4.1.2.1. $\text{Ca}_2\text{MgWO}_6$ konut fazının yapı analizi.....	48
4.1.2.2. $\text{Ca}_2\text{MgWO}_6:\text{Ln}$ (Ln: $\text{Eu}^{3+}$ , $\text{Dy}^{3+}$ ) ışıldarlarının fotolüminesans çalışmaları .....	49
$\text{Ca}_2\text{MgWO}_6:\text{Eu}^{3+}$ ışıldarının fotolüminesans çalışmaları.....	49
$\text{Ca}_2\text{MgWO}_6:\text{Dy}^{3+}$ ışıldarının fotolüminesans çalışmaları .....	50
4.1.2.3. $\text{Sr}_2\text{MgWO}_6$ konut fazının yapı analizi.....	52
4.1.2.4. $\text{Sr}_2\text{MgWO}_6:\text{Ln}$ (Ln: $\text{Eu}^{3+}$ , $\text{Dy}^{3+}$ , $\text{Pr}^{3+}$ , $\text{Tb}^{3+}$ ) ışıldarlarının fotolüminesans çalışmaları .....	53
$\text{Sr}_2\text{MgWO}_6:\text{Eu}^{3+}$ ışıldarının fotolüminesans çalışmaları .....	53
$\text{Sr}_2\text{MgWO}_6:\text{Dy}^{3+}$ ışıldarının fotolüminesans çalışmaları.....	54
$\text{Sr}_2\text{MgWO}_6:\text{Pr}^{3+}$ ışıldarının fotolüminesans çalışmaları.....	56
$\text{Sr}_2\text{MgWO}_6:\text{Tb}^{3+}$ ışıldarının fotolüminesans çalışmaları .....	56
4.1.2.5. $\text{Ba}_2\text{MgWO}_6$ konut fazının yapı analizi.....	58
4.1.2.6. $\text{Ba}_2\text{MgWO}_6:\text{Ln}$ (Ln: $\text{Eu}^{3+}$ , $\text{Pr}^{3+}$ ) ışıldarlarının fotolüminesans çalışmaları .....	59
$\text{Ba}_2\text{MgWO}_6:\text{Eu}^{3+}$ ışıldarının fotolüminesans çalışmaları.....	59
$\text{Ba}_2\text{MgWO}_6:\text{Pr}^{3+}$ ışıldarının fotolüminesans çalışmaları .....	60
4.1.3. $\text{Ba}_2\text{ZnWO}_6$ ve $\text{Ba}_2\text{ZnWO}_6:\text{Eu}^{3+}$ Işıldarlarını Tanımlama Çalışmaları.....	61
4.1.3.1. $\text{Ba}_2\text{ZnWO}_6$ konut fazının yapı analizi.....	61
4.1.3.2. $\text{Ba}_2\text{ZnWO}_6$ ve $\text{Ba}_2\text{ZnWO}_6:\text{Eu}^{3+}$ ışıldarlarının fotolüminesans çalışmaları .....	62
$\text{Ba}_2\text{ZnWO}_6$ ışıldarının fotolüminesans çalışmaları.....	62
$\text{Ba}_2\text{ZnWO}_6:\text{Eu}^{3+}$ ışıldarının fotolüminesans çalışmaları.....	64
4.1.3.3. $\text{Ba}_2\text{ZnWO}_6$ ışıldarının termolüminesans çalışmaları .....	65

	<b><u>Sayfa</u></b>
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>66</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>67</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>72</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>83</b>

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 2.1. Floresan lambalarda kullanılan halofosfat bazlı ışıldarlar .....	12
Çizelge 2.2. Floresan lambalarda kullanılan tungstat bazlı ışıldarlar .....	12
Çizelge 2.3. Yüksek basınçlı civa lambalarında kullanılan bazı ışıldarlar .....	13
Çizelge 2.4. Yüksek voltaj reklam ışıklandırma tüplerinde kullanılan ışıldarlar...	14
Çizelge 3.1. Sentezlenmesi hedeflenen ışıldarlar .....	22
Çizelge 4.1. Sentezlenen ışıldar fazlar .....	27
Çizelge 4.2. $Sr_2CaWO_6$ konut fazının XRD verileri .....	29
Çizelge 4.3. $Ca_2BaWO_6$ konut fazının XRD verileri .....	33
Çizelge 4.4. $Ca_2BaWO_6:Dy^{3+}$ ışıldarının termolüminesans verileri .....	37
Çizelge 4.5. $Ba_2CaWO_6$ konut fazının XRD verileri .....	41
Çizelge 4.6. $Ca_2MgWO_6$ konut fazının XRD verileri .....	48
Çizelge 4.7. $Sr_2MgWO_6$ konut fazının XRD verileri .....	52
Çizelge 4.8. $Ba_2MgWO_6$ konut fazının XRD verileri .....	58
Çizelge 4.9. $Ba_2ZnWO_6$ konut fazının XRD verileri .....	62
Çizelge 4.10. $Ba_2ZnWO_6$ ışıldarının termolüminesans verileri .....	65

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Termolüminesans eğrisinin klasik bir gösterimi.....	7
Şekil 2.2. Molekül içerisinde spinlerin olası konumları .....	8
Şekil 2.3. Enerji konfigürasyon diyagramı .....	9
Şekil 2.4. Enerji band modeli.....	10
Şekil 2.5. CaWO <sub>4</sub> ve MgWO <sub>4</sub> ışıldarlarının ışımaya spektrumu .....	13
Şekil 4.1. Şekil 4.1. a) Katı hal yöntemi ile b) Hidrotermal yöntem ile sentezlenen Sr <sub>2</sub> CaWO <sub>6</sub> konut fazının X-ışını toz deseni.....	29
Şekil 4.2. Katı hal ve hidrotermal yöntem ile hazırlanmış Sr <sub>2</sub> CaWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumları .....	30
Şekil 4.3. Katı hal ve hidrotermal yöntem ile hazırlanmış Sr <sub>2</sub> CaWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarının sönüm eğrileri.....	31
Şekil 4.4. Sr <sub>2</sub> CaWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarının EDX grafiği.....	31
Şekil 4.5. Sr <sub>2</sub> CaWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarına ait SEM görüntüleri.....	32
Şekil 4.6. a) Katı Hal Yöntemi ile b) Hidrotermal Yöntem ile sentezlenen Ca <sub>2</sub> BaWO <sub>6</sub> konut fazının X-ışını toz deseni.....	33
Şekil 4.7. Katı hal ve hidrotermal yöntem ile hazırlanmış Ca <sub>2</sub> BaWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumları .....	34
Şekil 4.8. Katı hal ve hidrotermal yöntem ile hazırlanmış Ca <sub>2</sub> BaWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarının sönüm eğrileri.....	35
Şekil 4.9. Katı hal ve hidrotermal yöntem ile hazırlanmış Ca <sub>2</sub> BaWO <sub>6</sub> :Dy <sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumları .....	36
Şekil 4.10. Katı hal ve hidrotermal yöntem ile hazırlanmış Ca <sub>2</sub> BaWO <sub>6</sub> :Dy <sup>3+</sup> ışıldarının sönüm eğrileri.....	36
Şekil 4.11. Katı hal ve hidrotermal yöntem ile hazırlanmış Ca <sub>2</sub> BaWO <sub>6</sub> :Dy <sup>3+</sup> ışıldarının termolüminesans eğrisi.....	37
Şekil 4.12. Ca <sub>2</sub> BaWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarının EDX grafiği.....	38
Şekil 4.13. Ca <sub>2</sub> BaWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarına ait SEM görüntüleri .....	39
Şekil 4.14. Ca <sub>2</sub> BaWO <sub>6</sub> :Dy <sup>3+</sup> ışıldarının EDX grafiği .....	40
Şekil 4.15. Ca <sub>2</sub> BaWO <sub>6</sub> :Dy <sup>3+</sup> ışıldarına ait SEM görüntüleri.....	40
Şekil 4.16. a) Katı hal yöntemi ile b) Hidrotermal yöntem ile sentezlenen Ba <sub>2</sub> CaWO <sub>6</sub> konut fazının X-ışını toz deseni.....	41
Şekil 4.17. Katı hal ve hidrotermal yöntem ile hazırlanmış Ba <sub>2</sub> CaWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumları .....	42
Şekil 4.18. Katı hal ve hidrotermal yöntem ile hazırlanmış Ba <sub>2</sub> CaWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarının sönüm eğrileri.....	43
Şekil 4.19. Katı hal ve hidrotermal yöntem ile hazırlanmış Ba <sub>2</sub> CaWO <sub>6</sub> :Dy <sup>3+</sup> uyarma ve ışımaya spektrumları.....	44
Şekil 4.20. Katı hal ve hidrotermal yöntem ile hazırlanmış Ba <sub>2</sub> CaWO <sub>6</sub> : Dy <sup>3+</sup> ışıldarının sönüm eğrileri.....	44
Şekil 4.21. Ba <sub>2</sub> CaWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarının EDX grafiği.....	45
Şekil 4.22. Ba <sub>2</sub> CaWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarına ait SEM görüntüleri .....	46
Şekil 4.23. Ba <sub>2</sub> CaWO <sub>6</sub> :Dy <sup>3+</sup> ışıldarının EDX grafiği .....	47
Şekil 4.24. Ba <sub>2</sub> CaWO <sub>6</sub> :Dy <sup>3+</sup> ışıldarına ait SEM görüntüleri.....	47
Şekil 4.25. Ca <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub> konut fazının X-ışını toz deseni .....	48

**Sayfa**

Şekil 4.26. Ca <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu .....	49
Şekil 4.27. Ca <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarının sönüm eğrisi .....	50
Şekil 4.28. Ca <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub> :Dy <sup>3+</sup> ışıldarlarının uyarma ve ışımaya spektrumu .....	51
Şekil 4.29. Ca <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub> :Dy <sup>3+</sup> ışıldarlarının sönüm eğrisi .....	51
Şekil 4.30. Sr <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub> konut fazının X-ışını toz deseni .....	52
Şekil 4.31. Sr <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu .....	53
Şekil 4.32. Sr <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarının sönüm eğrisi .....	54
Şekil 4.33. Sr <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub> :Dy <sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu .....	55
Şekil 4.34. Sr <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub> :Dy <sup>3+</sup> ışıldarının sönüm eğrisi .....	55
Şekil 4.35. Sr <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub> :Pr <sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu .....	56
Şekil 4.36. Sr <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub> :Tb <sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu .....	57
Şekil 4.37. Sr <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub> :Tb <sup>3+</sup> ışıldarının sönüm eğrisi .....	57
Şekil 4.38. Ba <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub> konut fazının X-ışını toz deseni .....	58
Şekil 4.39. Ba <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu .....	59
Şekil 4.40. Ba <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarının sönüm eğrisi .....	60
Şekil 4.41. Ba <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub> :Pr <sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu .....	61
Şekil 4.42. Ba <sub>2</sub> ZnWO <sub>6</sub> konut fazının X-ışını toz deseni .....	62
Şekil 4.43. Ba <sub>2</sub> ZnWO <sub>6</sub> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu .....	63
Şekil 4.44. Ba <sub>2</sub> ZnWO <sub>6</sub> ışıldarının sönüm eğrisi .....	63
Şekil 4.45. Ba <sub>2</sub> ZnWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu .....	64
Şekil 4.46. Ba <sub>2</sub> ZnWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarının sönüm eğrisi .....	65
Şekil 4.47. Ba <sub>2</sub> ZnWO <sub>6</sub> ışıldarının termoluminesans eğrisi .....	65

## EKLER DİZİNİ

### Sayfa

Ek-1. Ca <sub>3</sub> WO <sub>6</sub> konut fazının X-ışını toz deseni .....	72
Ek-2. Ca <sub>3</sub> WO <sub>6</sub> konut fazının XRD verileri .....	72
Ek-3. Ca <sub>3</sub> WO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu .....	73
Ek-4. Ca <sub>3</sub> WO <sub>6</sub> :Dy <sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu .....	73
Ek-5. Sr <sub>3</sub> WO <sub>6</sub> konut fazının X-ışını toz deseni .....	74
Ek-6. Sr <sub>3</sub> WO <sub>6</sub> konut fazının XRD verileri .....	74
Ek-7. Sr <sub>3</sub> WO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu .....	75
Ek-8. Ba <sub>3</sub> WO <sub>6</sub> konutunun X-ışını toz deseni .....	75
Ek-9. Ba <sub>3</sub> WO <sub>6</sub> konutunun XRD verileri .....	76
Ek-10. Ba <sub>3</sub> WO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu .....	76
Ek-11. Ca <sub>2</sub> SrWO <sub>6</sub> konutunun X-ışını toz deseni .....	77
Ek-12. Ca <sub>2</sub> SrWO <sub>6</sub> konutunun indislenmiş XRD verileri .....	77
Ek-13. Ca <sub>2</sub> SrWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu .....	78
Ek-14. Ca <sub>2</sub> SrWO <sub>6</sub> :Dy <sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu .....	78
Ek-15. Ba <sub>2</sub> SrWO <sub>6</sub> konutunun X-ışını toz deseni .....	79
Ek-16. Ba <sub>2</sub> SrWO <sub>6</sub> konutunun XRD verileri .....	79
Ek-17. Ba <sub>2</sub> SrWO <sub>6</sub> :Eu <sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu .....	80
Ek-18. Ba <sub>2</sub> SrWO <sub>6</sub> :Dy <sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu .....	80
Ek-19. Sr <sub>2</sub> CaWO <sub>6</sub> :Dy <sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu .....	81
Ek-20. Ba <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub> :Tb <sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu .....	81
Ek-21. Ba <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub> :Dy <sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu .....	82
Ek-22. Ba <sub>2</sub> ZnWO <sub>6</sub> :Dy <sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu .....	82

## **SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ**

UV	Mor ötesi
LED	Işık Yayan Diyot
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
EDX	Enerji dağılımlı x-ışınları floresans spektrometresi
XRD	X-Işını Kırınımı
JCPDS	Toz kırınım standartları ortak komitesi
$\tau_c$	Gecikme süresi
ms	Mili saniye
$\tau$	Sönüm süresi (ms)
I	Lüminesans şiddeti
t	Zaman
eV	Elektron Volt
b	Kinetik mertebe
E	Tuzak derinliği
s	Frekans faktörü
T	Mutlak Sıcaklık
nm	Nanometre

## 1. GİRİŞ

17. yüzyılın başlarında İtalya’lı kimyager Casciarolo’nun barit( $BaSO_4$ ) mineralini ısıtarak BaS elde etmesiyle fosforlar ortaya çıkmıştır [1]. Bu keşiften sonra Avrupa’da birçok yerde benzerleri de bulunmuş ve ışımaya yapan bu taşlara “fosforlar”, yani ışıldarlar adı verilmiştir.

Lüminesans terimi ilk olarak 1888 yılında Alman fizikçi E. Wiedemann tarafından kullanılmaya başlanmıştır [1]. Lüminesans özelliği gösteren malzemeler soğurdukları enerjiyi ısı üretmeksizin ışık olarak yaymakta ve uyarıcı kaynaklarına göre fotolüminesans, katodolüminesans, iyonolüminesans, tribolüminesans, kimyasal lüminesans ve biyolüminesans şeklinde sınıflandırılmaktadırlar. Lüminesans malzemeler ışımaya süresine göre floresans (gecikme süresi  $\tau_c \leq 10^{-8}$  s) ve fosforesans ( $\tau_c \geq 10^{-8}$  s) olarak iki alt gruba ayrılırlar.

Işıldar maddeler, genelde sülfür, selenür, oksisülfür, borat, aluminat, gallat, arsenat, niobat, fosfat, silikat, aluminosilikat, sülfat ve halojenür gibi iyonları içeren çok sayıda anorganik tuzları kapsayan kristalin maddelerdir. Kristalin katı içerisinde yasak enerji aralığında kalan ek enerji seviyeleri oluşturmak için düşük derişimlerde aktivatör atomları yerleştirilir. Uyarma ve ışımaya süreçlerine aktivatör atomları katılır. Etkili bir ışımaya için, konut kristal içine çok düşük derişimlerde aktivatör iyonları katılır ve bunların örgü içinde mümkün olduğunca düzenli dağılması sağlanır. Yüksek derişimlerde katılan aktivatör atomları söndürücü gibi davranır ve ışımaya söndürmeye yönelik bir rol de üstlenirler [1].

Uzun süreli ışıldarların elde edilebilmesi için aktivatörün yanında, birlikte katkı atomları da (co-aktivatör) kullanılmaktadır. Genelde bu atomlar “verici”, aktivatörler ise “alıcılar” olarak tanımlanır. Yapıya bir veya üç değerlikli safsızlık iyonlarının eklenmesiyle konut kristalde oluşan pozitif yük eksikliği sodyum tiyosülfat veya borik asit gibi ergitici (flux) bileşikler tarafından denkleştirilir. Ergitici, fırınlama esnasında aktivatörün konut kristal içerisinde dağılmasını kolaylaştırır. Ergitici iyonları her zaman kristal hücrelerine girmese de, birlikte katkı atomunun yük denkleğini sağlamak ve aynı zamanda tuzaklama merkezlerinin oluşmasına neden olmaktadır [2].



Etkili bir ışıma için konut kristalin kimyasal bileşimi, aktivatörün ve birlikte katkı iyonunun cinsi ve katkı oranı, sıcaklık ve kristalleşme süreci ve süresi önemli parametrelerdir [1].

Ortotungstat bazlı toprak alkali bileşikleri kararlı olmaları ve çeşitli kristal yapılaraya sahip bulunmaları ve gösterdikleri fiziksel özellikleri nedeniyle geniş şekilde incelenmişlerdir [3]. Nadir toprak elementi ortotungstatları üzerinde yapılan ilk çalışmalar 1960'larda Blasse, Bril ve Borchardt tarafından yapılmıştır [4,5]. Ancak ortotungstatların ışıldar malzeme olarak kullanımı hakkında hemen hiç bir çalışma yapılmamıştır.

Bu çalışmada  $WO_6^{6-}$  grubunu içeren iki değerlikli katyonların önce ortotungstatları sentezlenmeye çalışılacak, ardından bunlar lantanoid iyonlarıyla katkılanarak, bunların uyarma ve ışıma spektrumları yanında, renkleri, tuzak derinlikleri ve sönüm süreleri gibi lüminesans özellikleri incelenecektir.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

İnorganik ışıldar maddeler birçok kullanım alanı yanında civa buhar lambaları ve LED lambalarında aydınlatma amacı ile kullanılmaktadır. Civa buhar lambalarında, bir inert gaz ve civa buharından meydana gelen bir plazma elde edilir. Plazma, civanın buhar basıncına bağlı olarak yoğun bir UV ışığı yayımlar. UV ışığının görünür ışığa dönüşümü, lamba camının iç cidarına film olarak kaplanmış ışıldar madde tarafından sağlanır.

Floresan lambalarında ışıldar madde, civanın 185 ve 254 nm'deki rezonans çizgileriyle uyarılır. Bu amaçla yıllardır kullanılan en önemli ışıldar maddeler halofosfatlardır. Halofosfatların kararlılıkları düşüktür ve kuantum verimleri 10.000 saat kullanıldıktan sonra üç katı kadar azalmaktadır. Bunun önüne geçmek için floresan tüplerinin çapları küçültülmeye çalışılmaktadır; bu da lamba çapları 38 mm'den 26 mm'ye düşürülerek yapılmaktadır [6].

$\text{Sr}_2\text{ZnWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  fazı Xueliang Zhang ve arkadaşları tarafından Pechini yöntemiyle sentezlenmiştir. Bu çalışmada  $\text{Sr}_{2-2x}\text{Eu}_x\text{Na}_x\text{ZnWO}_6$  ( $x = 0.00, 0.02, 0.05, 0.08, 0.10$  ve  $0.15$ ) fazının katkısız veya  $\text{Eu}^{3+}$  katkılı olarak fotoluminesans özellikleri incelenmiştir. Malzeme 371 nm dalga boyunda uyarıldığında  $\text{WO}_6^{6-}$  grubunun yük transfer geçişlerinden kaynaklanan 523 nm'de mavi-yeşil bir ışıma yaptığı gözlenmiştir.  $\text{Sr}^{2+}$  iyonları  $\text{Eu}^{3+}$  iyonları ile yer değiştirdiğinde 523 nm'deki ışıma bandından ayrı olarak 617 nm'de de kırmızı bir ışıma bandı gözlenmiştir. Bunun bir sonucu olarak beyaz ışıma elde edilmiştir. Farklı oranlarda  $\text{Eu}^{3+}$  iyonları katkılanarak iyonun sönüm süresi üzerine etkisi incelenmiş; ayrıca  $\text{WO}_6^{6-}$  ve  $\text{Eu}^{3+}$  iyonları arasındaki enerji aktarımından bahsedilmiştir [7].

Jinping Huang ve arkadaşları katı hal yöntemiyle tetragonal  $\text{Y}_2\text{WO}_6$  fazını 750 °C'de sentezlemişler, yapının karakterizasyonu XRD yöntemi ile yapılmış ve luminesans özellikleri de incelenmiştir. Yapıya  $\text{Eu}^{3+}$  iyonları katkıldığında  $\text{Y}^{3+}$  iyonları ile kısmen yer değiştirdiği gözlenmiştir. Bu durumu 466 ve 535 nm dalga boylarındaki iki uyarma bandının varlığı ile de desteklendiği belirtilmiştir [8].

$\text{Ba}_{2-z}\text{Sr}_z\text{Ca}_{0.80}\text{Eu}_{0.10}\text{Li}_{0.10}\text{Mo}_{1-y}\text{W}_y\text{O}_6$  ışıldar yapısı Song ve arkadaşları tarafından katı hal sentez yöntemi ile sentezlenmiştir. Sentezlenen yapıların fotoluminesans özellikleri ve enerji transfer sürecinin daha iyi anlaşılması için Raman spektroskopisi kullanılmıştır ve belirlenen örnekler için bant yapılarının

hesaplamaları birinci dereceden gerçekleştirilmiştir. Bu fosfor serisinde UV bölge aralığındaki uyarma bandı  $\text{MoO}_6$  yük transfer geçişinden kaynaklandığı belirtilmektedir. Turuncu-kırmızı ışımaya gösteren 595 nm dalga boyundaki band  $\text{Eu}^{3+}$  iyonlarının  $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_1$  geçişinden kaynaklanmaktadır [9].

$\text{Lu}_2\text{WO}_6$  fazının kristal yapısı, Zhang ve arkadaşları tarafından toz XRD örneğinden Rietveld yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Çalışmada yapıya UV bölgesinde uyarılabilen  $\text{Eu}^{3+}$  ve  $\text{Pr}^{3+}$  iyonları ana faza katkılanarak oluşan  $\text{Lu}_2\text{WO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ve  $\text{Lu}_2\text{WO}_6:\text{Pr}^{3+}$  fazlarının lüminesans özellikleri incelenmiştir.  $\text{Lu}_2\text{WO}_6:\text{Eu}^{3+}$  fosforunun parlak kırmızı ışımaya yaptığı ve bu parlak ışımının  $\text{WO}_6$  grubundan  $\text{Eu}^{3+}$  iyonlarına yeterli miktarda yük transferinin meydana gelişinden kaynaklandığı belirtilmektedir.  $\text{Pr}^{3+}$  iyonlarının absorbladıkları  $\text{WO}_6$  emisyon bandı tarafından daha yüksek enerjili 4f seviyelerine uyarılmasından dolayı bu iyonların sadece zayıf turuncu ışımaya yapabildiği belirtilmektedir [10].

$\text{Sr}_3\text{WO}_6$ ,  $\text{Sr}_2\text{CaWO}_6$  ve  $\text{Sr}_2\text{MgWO}_6$  fazları katı hal yöntemi kullanılarak çift perovskit olarak sentezlenmişlerdir. Bunların yapıları XRD yöntemiyle aydınlatılmıştır [11,12,19,20].

$\text{M}_2\text{MgWO}_6$  ( $\text{M}=\text{Ba}^{2+}$  ve  $\text{Sr}^{2+}$ ) yapısı Patwe ve arkadaşları tarafından sentezlenmiş ve XRD yöntemiyle yapıları aydınlatılmıştır. Malzeme önce 850 °C'de 24 saat ısıtılmış ve daha sonra düğme haline getirilerek önce 1175 °C'de 20 h; sonra da 1200 °C'de 24 saat ısıtılarak hazırlanmıştır.  $\text{Ba}_2\text{MgWO}_6$  fazının kristal sistemi kübik,  $\text{Sr}_2\text{MgWO}_6$  fazının ise tetragonal olarak belirlenmiştir [13].

$\text{BaSrMWO}_6$  ( $\text{M}=\text{Ni}$ ,  $\text{Co}$ ,  $\text{Mg}$ ) fazları Ezzahi ve arkadaşları tarafından katı hal sentez yöntemi ile sentezlenmiş, malzemelerin kristal yapısı XRD ile incelenmiş ve yapılarının kübik olduğu belirlenmiştir.  $\text{BaSrNiWO}_6$  yapısının yüksek sıcaklık Raman spektroskopisi ile incelenmesi sonucu sıcaklığın artmasıyla dalga boyunda çizgisel bir azalmanın olduğu belirlenmiştir [14].

W.T. Fu ve arkadaşları  $\text{Ba}_2\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{WO}_6$  fazını katı hal sentez yöntemiyle sentezlemişler ve kristal yapının Ca derişimi arttıkça monoklinik yapıdan kübik yapıya dönüştüğünü XRD yöntemiyle belirlemişlerdir [15].

F. Lei ve B. Yan  $\text{Ca}_2\text{MgWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldar fazını katı hal yöntemiyle sentezlemişlerdir. Yaptıkları TG-DSC çalışmasıyla ışıldar fazın 1224 °C'de oluştuğunu belirlemişlerdir. Fotolüminesans ölçümü ile 535, 613, 651 ve 700 nm

dalgaboylarında gözlenen ve  $\text{Eu}^{3+}$  iyonlarına ait karakteristik bantların yanısıra 465 ve 487 nm'de  $\text{WO}_6^{6-}$  gurubuna ait yük transfer geçişlerinden kaynaklanan bantlar gözlemlenmiştir [16].

Anchary ve arkadaşları  $\text{Sr}_2\text{MgWO}_6$  yapısını katı hal yöntemiyle 1200 °C'de sentezlemişlerdir. Rietveld yöntemiyle yapının tetragonal olduğunu belirlemişlerdir [17].

Bugaris ve arkadaşları tek kristal kübik çift perovskit  $\text{Ba}_2\text{MgWO}_6$  ve  $\text{Ba}_2\text{ZnWO}_6$  yapılarını ilk defa katı hal sentez yöntemi kullanarak sentezlemişlerdir.  $\text{Ba}_2\text{MgWO}_6$  fazının yeşil ve  $\text{Ba}_2\text{ZnWO}_6$  fazının sarı ışımaya yaptığını tespit etmişlerdir [18].

$\text{M}_x\text{M}'_{3-x}\text{WO}_6$  ( $\text{M}=\text{Ba}^{2+}, \text{Ca}^{2+}$ ;  $\text{M}'=\text{Sr}^{2+}, \text{Ca}^{2+}$ ;  $x=0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0$ ) tipindeki ortotungstat bileşikleri 1350 °C'de sentezlenerek yapıları X-ışınları toz difraksiyon yöntemiyle belirlenmiştir [19]. Bu bileşiklerden  $\text{Sr}_3\text{WO}_6$ ,  $\text{Sr}_{1.5}\text{Ca}_{1.5}\text{WO}_6$  ve  $\text{Ca}_3\text{WO}_6$  fazlarının yüksek sıcaklıklarda toz difraksiyonu ölçülerek faz dönüşümleri incelenmiştir. Oda sıcaklığından 718 °C'ye kadar yapılan ölçümlerde  $\text{Sr}_3\text{WO}_6$  ve  $\text{Ca}_3\text{WO}_6$  fazlarının monoklinik olduğu ve faz değiştirmedikleri belirtilmiştir.  $\text{Sr}_{1.5}\text{Ca}_{1.5}\text{WO}_6$  fazının hücre parametrelerinin genişlemesine ait regresyon eğrilerinden yola çıkılarak yapılan hesaplamada 818 °C'de monoklinik sistemden tetragonal sisteme faz değiştireceği hesaplanmıştır [20].

$\text{Sr}_3\text{WO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldar fazı katı hal sentez yöntemiyle 1350 °C'de 6 saat fırınlanarak sentezlenmiştir. XRD yöntemiyle yapının triklinik olduğu belirlenmiş ve fotoluminesans ölçümleri sonucu  $\text{Eu}^{3+}$  iyonlarına ait karakteristik  $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_j$  ( $j=0-4$ ) geçişlerine ait 595, 616, 652 ve 708 nm dalga boylarında ışımaya bantları gözlenmiştir [19,20]. Ayrıca ışıldar faz 254 nm'de UV ışınına maruz bırakılarak termoluminesans ölçümü yapılmıştır. Ölçüm sonucu 56 °C'de bir ışımaya bandı gözlenmiş ve termoluminesans eğrileri üç nokta metodu ile analiz edilerek aktivasyon enerjisi ( $E_a$ ) 0,2 eV, kinetik mertebesi ( $b$ ) 1,2 olarak belirlenmiştir [21,22].

LED uygulamalarında kullanılmak üzere  $\text{Sr}_3\text{WO}_6:\text{Eu}^{3+}, \text{M}^+$  [23] ve  $\text{Ca}_3\text{WO}_6:\text{Eu}^{3+}, \text{M}^+$  [24] ( $\text{M}: \text{Li}, \text{Na}, \text{K}$ ) ışıldarları katı hal yöntemiyle sentezlenmiştir. Yapılan çalışmalarda 550-750 nm dalgaboyu aralığında  $\text{Eu}^{3+}$  iyonlarına ait karakteristik  $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_j$  ( $j=0-4$ ) geçişleri gözlenmiştir. Alkali metallerin  $\text{Li}^+, \text{Na}^+$  ve  $\text{K}^+$  iyonları ışıldar fazın hazırlanmasında birlikte katkı iyonu olarak kullanılmıştır.

$Sr_3WO_6:Eu^{3+},M^+$  [23] yapısında  $K^+$  ve  $Ca_3WO_6:Eu^{3+},M^+$  [24] yapısında da  $Na^+$  iyonlarının ışımaya şiddetini artırdığı gözlenmiştir.

## 2.1. LÜMİNESANS OLAYI

### 2.1.1. Lüminesans Tanımı ve Çeşitleri

Işıma; katı, sıvı veya gaz fazında bulunan madde üzerine herhangi bir enerji verildiğinde, maddenin görünür bölgede, UV bölgesinde veya IR bölgesinde ışımaya başlaması ile anlaşılır. Ancak burada, ısıtma sonucu kızarmadan kaynaklanan ışımaya ile optik bir uyarı halinde gözlenen koherent saçılma olayını bunun dışında tutmak gerekir.

Işıma olayı her zaman bir üst enerji düzeyindeki uyarılmış elektronun, enerjisi daha düşük boş bir düzeye geçişi sonucu ortaya çıkar. Işıma aynı zamanda pozitif bir delik olarak düşünülen boş elektron konumlarının bir elektronla birleşmesi olarak da düşünülebilir. Bu elektron-pozitif delik çiftinin birleşmesi sırasında açığa çıkan enerjinin bir kısmı ışık kuantları (fotonlar) yayılarak kullanılır.

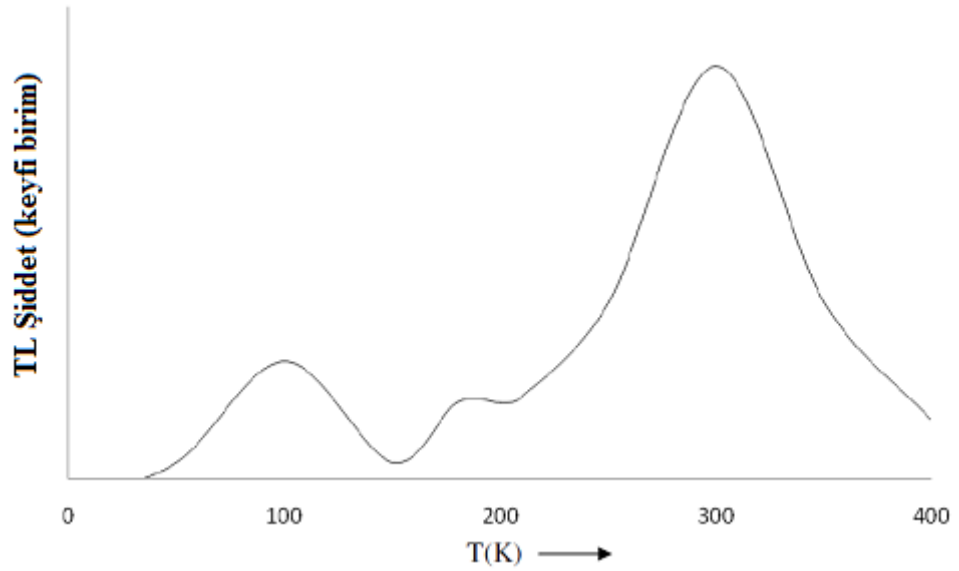
Bu üst ışımaya kavramı, bazı bilimsel disiplinlerde floresans ışımaya ve fosforesans ışımaya diye ikiye ayrılır. Ayrıca ışımaya olayı, uyarıcı enerjinin verilmiş şekline bağlı olarak da aşağıdaki şekillerde gruplandırılabilir:

*Optik ışımaya* (fotolüminesans): Elektronların optik ışınlarla bir üst enerji seviyesine yükseltilmesiyle gerçekleşmektedir. Bu uyarıma, ara enerji düzeyleri üzerinden geçerek bir, iki veya çok kademeli olarak da gerçekleşebilir. Uyarılan elektronun pozitif delikle birleşmesi faz içi çarpışmalar ve muhtemel enerji kayıpları yüzünden gecikmeli olarak yürüyebilir. Uyarıcı ışınla koherent (aynı dalga boylu) olan ve/veya birkaç kademe üzerinden gerçekleşen emisyonlar ışımaya sayılmazlar; örneğin Raman, Brillouin ve Rayleigh saçılmaları, üst dalga üretimleri (overtones) gibi. Stokes kuralına göre, genelde emisyon ışınlarının dalga boyu uyarıcı kaynağinkinden daha uzun boyludur; iki veya çok kuantlı ya da kademeli uyarımlar buna dahil değildir.

*Kimyasal Işıma* (Chemical luminescence): Kimyasal bir tepkime sırasında molekül uyarılmış hale geçebilir. Bu molekül uyarılmış halden temel hale geçerken bünyesinde bulundurduğu fazla enerjiyi ışık olarak geri verebilir. Eğer bu olay ateş böcekleri ve algler gibi bazı deniz bitkilerinde gözlemlenirse olay *biyo-ışımaya* olarak

isimlendirilir. Ayrıca bitkiler de fotosentez işlemi sırasında kızıl ötesi veya yakın IR bölgesinde ışımaya yaparlar.

*Isıl ışımaya* (Termolüminesans): Uyarılmış, uzun ömürlü kararsız bir yük taşıyıcı, madde sıcaklığının arttırılması ile uyarılabilir (örneğin bir yalıtkan veya yarı iletkenin iletkenlik bandına taşınabilir) ve ışımaya yaparak bir merkezle birleşebilir. Işıma eşliğinde gerçekleşen birleşme süreçleri, taşıyıcı yükün tutunduğu merkezler hakkında sıcaklığa bağlı olarak bir grafiğe geçirilir. Bu grafik ışımaya spektrumunu olarak isimlendirmektedir. Şekil 2.1’de şiddetin sıcaklığa karşı bir grafiği bulunmaktadır ve bu grafik termolüminesans işlemi sonucunda elde edilen ışımaya spektrumunu göstermektedir.



Şekil 2.1. Termolüminesans eğrisinin klasik bir gösterimi [25].

*Işın Işıması* (Radyo-lüminesans: katodo-lüminesans, X-ray-lüminesans v.s.): Madde, elektronlar,  $\alpha$ -tanecikleri, özellikle de iyonlar veya  $\gamma$ -kuantları gibi ışınlar ile ışınlanır.

Diğer taraftan bir yarıiletken veya yalıtkan elektrik akımı verildiğinde (elektrolüminesans), bazı kristaller mekanik olarak öğütülür veya ezilirken (tribolüminesans), eriyikler (NaOH veya  $As_2O_3$  gibi) kristallendirilirken (kristalo-

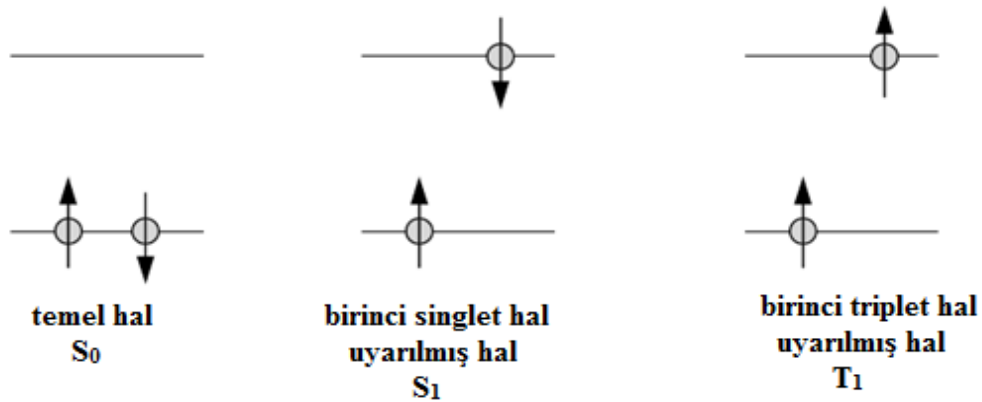
lüminesans), kristalleri çözerken (aquo-lüminesans), elektroliz sırasında (galvano-lüminesans) ışımalar da gözlenebilir.

### 2.1.2. Floresans ve Fosforesans

Floresans olayı, sönüm süresi sıcaklıktan bağımsız olan ve molekül uyarıldığı süre boyunca devam eden ışımaya olayıdır. Floresans olayında elektronlar uyarılma boyunca bir üst enerji seviyesinde bulunurlar ve uyarılma kesildikten sonra görünür bölge ışığı yayarak tekrar temel seviyeye geçiş yaparlar. Floresans ışımada elektronlar temel seviyede ters spinli olarak yerleşmiş olan elektronlar uyarılma sırasında singlet konumuna geçerler ve uyarılma kesildikten sonra tekrar temel duruma geçerler [25].

Floresans olayında yayılan ışığın dalga boyu uyaran ışığın dalga boyundan daha büyüktür. Enerjinin bir kısmının ısı enerjisine dönüştüğü için yayılan ışığın enerjisi daha küçüktür [26].

Uyarılmış bir elektronun enerjisini kaybetmesi fosforesans olayıyla da gerçekleşir. Fosforesans olayında elektronlar herhangi bir ışın kaynağı ile uyarılmanın ardından uyarılma kesilince dahi ışımaya devam edebilmektedir. Çünkü fosforesans olayında elektronlar uyarılmış singlet durumunda uyarılmış triplet durumuna geçebilirler. Bir triplet→singlet geçişi, singlet→singlet dönüşümüne göre çok daha az olasıdır; bu nedenle, uyarılmış triplet halin ortalama ömrü, ışımaya göre  $10^{-4}$  s'den daha fazla sürebilir. Bu yüzden fosforesans ışımaya, floresans ışımaya göre çok daha uzun sürelidir. Şekil 2.2'de ise organik moleküllerde floresans ve fosforesans olayında gerçekleşen singlet ve triplet durumları gösterilmektedir [25].

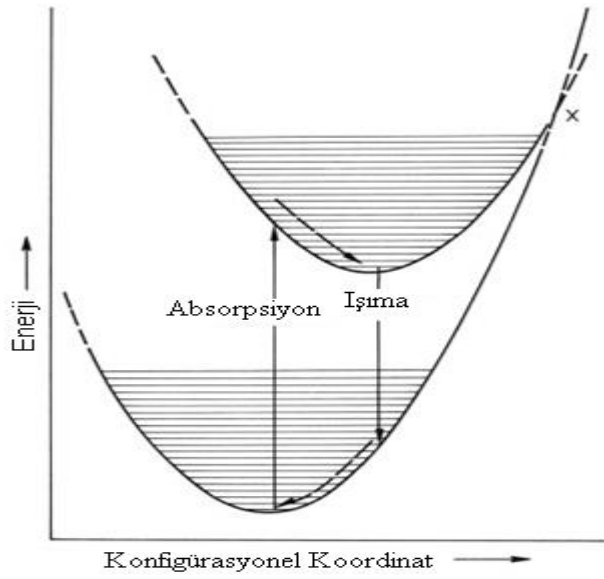


Şekil 2.2. Molekül içerisinde spinlerin olası konumları [25].

## 2.2. IŞIMA MODELLERİ

### 2.2.1. Enerji Konfigürasyon Diyagramı

Bu modelde, atom ve moleküllerin enerji seviye diyagramları temel alınmıştır. Bu model, gazlar ve organik moleküllere uygulanabileceği gibi, uyarma ve ışıma süreçlerinin, aynı ışıma merkezinde meydana geldiği kristalin fazlara da uygulanabilir. Bu ışıma işleminde, enerji bağıntısı aşağıdaki gibi bir konfigürasyonel koordinat diyagramında gösterilebilir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Enerji konfigürasyon diyagramı [27].

Bu model, ışıma merkezinin potansiyel enerjisi (E) ile uzay koordinatı arasındaki ilişkiyi gösterir. Alttaki eğri titreşim seviyeleri ile ışıma merkezinin temel halini, üstteki eğri ise titreşim seviyeleri ile uyarılmış hali temsil eder. Uyarıcı ışığı soğuran elektronlar temel halden uyarılmış hale geçer. Bu geçişler oldukça hızlıdır ( $10^{-9}$  s) ve atom çekirdeklerinden tamamen bağımsız olarak gerçekleşir (Fank-Condon İlkesi) [28]. Uzay koordinatı bu yüzden sabit kalır ve geçişler dikey çizgilerle temsil edilir. Uyarılmış sistem enerji soğurmasından sonra çabucak denge konumuna dönemez. İlk hareket hücrede iç durulma ile en düşük titreşim seviyesine doğrudur. Buradan elektronlar ışık yayarak temel halin titreşim seviyelerinden birine geri döner ve sonuçta denge konumuna gelirler. Model, ışımasız durulma süreci ile Stoke kayması, soğurma ve ışıma bandı oluşumunu açıklar.

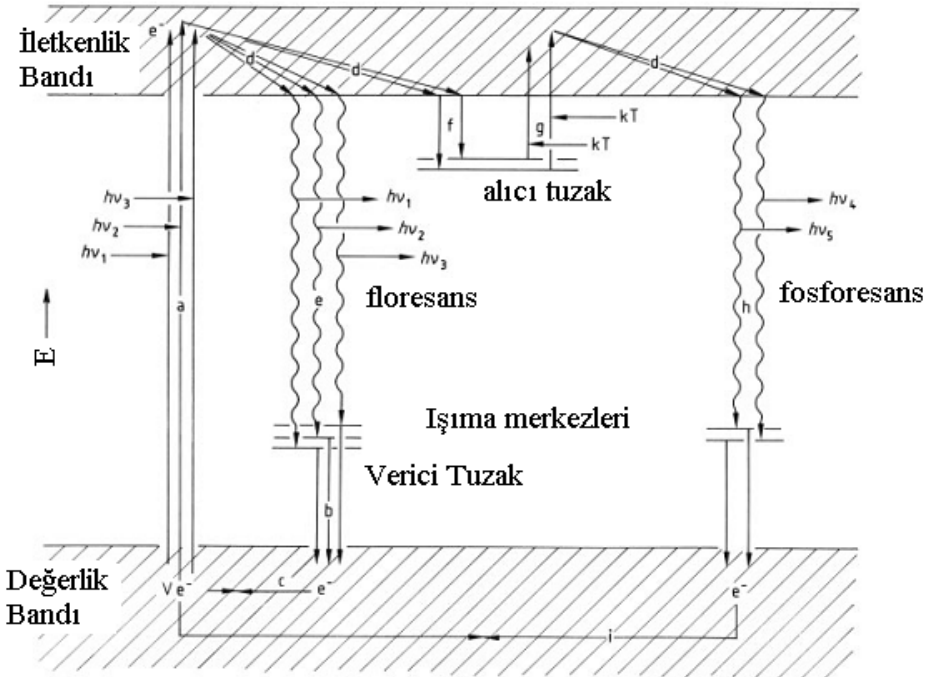


Bir elektron, termal aktivasyon ve soğurmaya karşılık gelen, uyarılmış ve temel hal eğrilerinin kesişme noktası  $x'$ 'e (Şekil 2.3) uygun bir enerji ile uyarılırsa, temel haldeki aynı enerji seviyesine geçebilir ve durulma ışıması olur. Bundan dolayı daha yüksek sıcaklıklarda ışımanın kuantum verimi azalır.

### 2.2.2. Enerji-Band Modeli

Birçok ışıldar maddede, uyarma ve ışıma yalnızca bir atom veya molekülde meydana gelmez. Böyle durumlarda enerji band modeli kullanılır.

Bir kristalde en dıştaki elektronlar, yalnızca ait olduğu atomlara değil, aynı zamanda kristal hücrelerinin tamamına aitmiş gibi de dikkate alınır. Kristaldeki etkileşimler, enerji bantları oluşturan atomik orbitallerin yarılmasına neden olur. İdeal kristallerde, düşük sıcaklıklarda, en yüksek dolu değerlik bandı ile en düşük boş iletkenlik bandının arası yasaklanmış bölge ile birbirinden ayrılmıştır. Kristal birim hücrelerinin periyodik olarak düzenlendiği gerçek kristallerde, hücre kusurları veya safsızlık iyonları ara enerji seviyelerinin oluşmasına neden olurlar (Şekil 2.2). Değerlik bandı yakınındaki enerji seviyeleri verici seviyeleri olarak, iletkenlik bandı yakınındakiler ise alıcı veya tuzaklar olarak adlandırılırlar.



Şekil 2.4. Enerji band modeli [29]

Etkili bir enerjiye sahip bir ışın absorpsiyonu ile bir elektron değerlik bandından iletkenlik bandına geçer (a). Buradan enerji kaybı ile band kenarına ışımaz olarak durulur (d). Değerlik bandındaki geriye kalan pozitif boşluk derhal verici seviyeden bir elektron ile doldurulur (b, c, i). İletkenlik bandından bir elektronun aktivatör seviyede yer alan pozitif boşluğa ışımaya yaparak geçmesi floresansı oluşturur (e). Işıma dalga boyu, aktivatör seviye ve iletkenlik band kenarı arasındaki enerji farkı ile verilir. Uzun dalga boylu ışın absorpsiyonu veya termal enerji ile iletkenlik bandına yakın tuzaklardaki elektronlar iletkenlik bandına geçer (g) ve burada boşluk oluşur, iletkenlik bandı kenarındaki elektron, boşalmış olan tuzak tarafından yakalanabilir (f). Daha sonra gecikmiş olarak, verici seviyedeki boşluğa ışımaya yaparak geçebilir (h). Doldurulmamış tuzaklar söndürme merkezi olarak görev yaparlar ve ışımının şiddetini azaltırlar. Bu tip söndürme merkezlerinin oluşma nedeni özellikle kristaldeki safsızlıklar veya mekanik olarak meydana gelmiş hücre deformasyonlarıdır.

Sülfür bileşiklerinin birçoğu bu sınıfa aittir ve bunlara band modeli uygulanabilir[29].

## 2.3. IŞILDAR MADDELERİN KULLANIM ALANLARI

### 2.3.1. Aydınlatma

İnorganik ışıldar maddelerin çoğu civa buhar lambalarında kullanılır. Bu ışık kaynaklarında, bir inert gaz ve civa buharından meydana gelen bir plazma elde edilir. Plazma, dalga boyu civanın buhar basıncına bağlı olarak yoğun bir UV ışığı yayımlar. UV ışığının görünür bir ışığa dönüşümü, lamba camının iç cidarına ince film olarak kaplanmış ışıldar madde tarafından sağlanır. İki tip civa deşarj lambası vardır: Yüksek basınç ve düşük basınç civa lambaları.

#### 2.3.1.1. Floresan lambalar (Düşük basınçlı civa lambaları)

Floresan lambalarda ışık kaynağı olarak ışıldarların yaygın bir şekilde kullanıldığı bilinmektedir. Floresan lambalarında ışıldar maddeler 185 ve 254 nm'deki civa rezonans çizgileriyle uyarılır. Bu amaçla yıllardır kullanılan en önemli ışıldar maddeler halofosfatlardır. Floresan lambalarda kullanılan halofosfat bazı

ışıldarlar Çizelge 2.1’de verilmektedir. Ancak halofosfatlara ek olarak fosfatlar, silikatlar, aluminatlar, boratlar, tungstatlar ve diğer birçok bileşik grubu kullanılmaktadır [30].

Çizelge 2.1. Floresan lambalarda kullanılan halofosfat bazlı ışıldarlar [31].

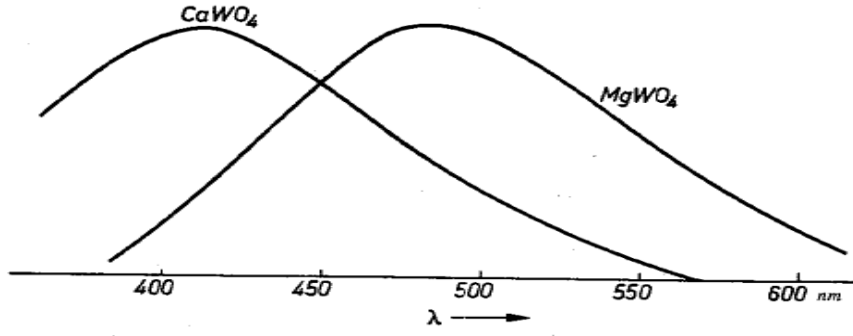
Kimyasal Bileşim	Lüminesans Işımanın Rengi	Işımanın Dalgaboyu (nm)	Uygulama Alanı
$3Ca_3(PO_4)_2 \cdot Ca(F,Cl)_2:Sb^{3+}$	Mavi-Beyaz	480	Renkli Lambalarda
$3Ca_3(PO_4)_2 \cdot Ca(F,Cl)_2:Sb^{3+}$	Parlak Beyaz	480-580	Standart Lambalarda
$Sr_{10}(PO_4)_6Cl_2:Eu^{2+}$	Mavi	447	3 Band Lambalarda
$(Sr,Ca,Mg)_{10}(PO_4)_6Cl_2:Eu^{2+}$	Mavi-Yeşil	483	Geniş Görüntü Alanlı Renk Uygulamalarında

#### Tungstat bazlı ışıldarlar [31]

Tungstat bazlı ışıldarlar kendi kendini aktive edebilen bir ışıldar bileşik grubudur. Saf tungstat ve molibdat kristalleri UV ışınlarıyla uyarılarak parlak bir iç lüminesans oluştururlar. Işıma sırasıyla  $WO_4^{2-}$  ve  $MoO_4^{2-}$  iyonlarıyla oluşmaktadır. Tungstat bazlı ışıldarlar için en ideal örnekler; uzun zamandır yaygın bir kullanım alanına sahip olan  $CaWO_4$  ve  $MgWO_4$  ışıldarlarıdır. Tungstat bileşimindeki ışıldar fazlar Çizelge 2.2’de verilmektedir.

Çizelge 2.2. Floresan lambalarda kullanılan tungstat bazlı ışıldarlar [31].

Kimyasal Bileşim	Lüminesans Işıma Rengi	Işımanın Dalgaboyu (nm)	Uygulama Alanı
$CaWO_4$	Mavi	415	Renk Düzenlemede
$(Ca,Pb)WO_4$	Mavi	435	Renk Düzenlemede
$MgWO_4$	Mavi-Beyaz	480	Renk Düzenlemede



Şekil 2.5. CaWO<sub>4</sub> ve MgWO<sub>4</sub> ışıldarlarının ışım spektrumu

Tungstat grupları Şekil 2.5’de de görüldüğü gibi 480 nm civarında ışım yapmaktadırlar. Işıma oktahedral geometrili boşluklardaki tungstat grupları arasındaki yük aktarım geçişlerinden kaynaklanmaktadır [32].

#### 2.3.1.4. Yüksek basınçlı civa lambaları

Yüksek basınçlı civa lambası, güç derecesine bağlı olarak 150-300 °C aralığında bir uygulama sıcaklığına ulaşır. Bu nedenle burada kullanılacak ışıldar maddeler çok yüksek sönüm sıcaklığına sahip olmalıdır ve uzun dalga boylu UV ile kolayca uyarılabilmelidir. Çoğu madde yüksek basınç lambalarında kullanılmak için bu kriterleri taşıyamaz. Çizelge 2.3’de yüksek basınç civa lambalarında kullanılan ışıldar maddelere örnekler verilmiştir.

Çizelge 2.3. Yüksek basınçlı civa lambalarında kullanılan bazı ışıldarlar [31].

Kimyasal Bileşim	Lüminesans Işıma Rengi	Işıma Dalgaboyu (nm)	Uygulama Alanı
Y(V,P)O <sub>4</sub> :Eu <sup>3+</sup>	Kırmızı	619	Sıradan Lambalarda
(Sr,Mg) <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> :Sn <sup>2+</sup>	Turuncu	620	Renkli Lamba geliştirme
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :Tb <sup>3+</sup>	Yeşil	545	Renkli Lamba geliştirme
Y <sub>3</sub> Al <sub>15</sub> O <sup>12</sup> :Ce <sup>3+</sup>	Yeşilimsi sarı	540	Düşük renk ısıli lambalarda
Sr <sub>10</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Cl <sub>2</sub> :Eu <sup>2+</sup>	Mavi	447	Renkli Lamba geliştirme
(Sr,Mg) <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> :Cu <sup>2+</sup>	Mavi-Yeşil	490	Renkli Lamba geliştirme

### 2.3.1.3. UV lambaları

UV lambaları başta tıp alanında olmak üzere fotokopi makinelerinde, solaryum merkezlerinde ve fotokimyasal uygulamalarda geniş kullanım alanı bulmaktadır. Aluminatlar bu alanda kullanılan başlıca ışıldar fazlar olarak belirtilmektedirler [33].

### 2.3.1.4. Yüksek voltaj reklam ışıklandırma tüpleri

Yüksek voltajlı reklam ışıklandırma tüplerindeki renklenme, tüplerin içine doldurulan gazlar (neon, helyum, argon-civa) gibi gazlar ve tüp cidarına kaplanan ışıldar maddeler tarafından sağlanmaktadır. Yüksek voltaj reklam ışıklandırma tüplerinde kullanılan ışıldar maddelere bazı örnekler Çizelge 2.4’de verilmektedir.

Çizelge 2.4. Yüksek voltaj reklam ışıklandırma tüplerinde kullanılan ışıldarlar [34].

<b>Bileşim</b>	<b>İşmanın rengi</b>
Zn <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> :Mn	Yeşil
CaWO <sub>4</sub> :Pb <sup>2+</sup>	Mavi
CaWO <sub>4</sub> :Sm <sup>3+</sup>	Pembe
Halofosfatlar	Bütün beyaz-ışık renkleri
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :Eu <sup>3+</sup>	Kırmızı
MgWO <sub>4</sub>	Mavi
Ba <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> :Ti <sup>4+</sup>	Mavi-yeşil

### 2.3.2. X-Işınları ile Görüntüleme Teknikleri

Bir nesnenin içinden geçen X-ışınlarının oluşturduğu görülemez gölge şekillerini görülebilir hale getirerek incelemek için ışıldar maddeler kullanılır. Bu amaçla kullanılan ışıldar maddeler enerjice zengin X-ışınları için (20-60 keV) etkili bir kuantum absorpsiyonuna sahip olmalıdır. Bu yüzden yüksek atom numaralı elementlerin bileşikleri kullanılır. Görüntünün hareketli kısımlarına ait fotoğrafın çekiminde kısa süreli ışımaya olmalı ve görüntüyü bulanıklaştırmamalıdır. Çeşitli X-ışınları teknikleri için farklı kalite gereksinimleri vardır. Bundan dolayı ışıldar maddeler özel uygulamalara uygun olarak seçilirler [1].

### 2.3.3. Katot Işını Tüpleri

Renkli katot ışını tüpleri, televizyon ve bilgisayar ekranlarında kullanılır. Üç elektron tabancasından çıkan akımlar tüpün ön yüzeyinde üç farklı noktanın ayarlanmasıyla odaklanır. Fosforlu noktalar üç farklı fosforun yerleştirilmesiyle üretilir. Bu üç fosforun her biri temel renkler olan kırmızı, yeşil ve mavi renklerden birinde ışımaya yarar. Her bir fosfor ayrı ayrı yerleştirilmiş ve yerleştirilen her bir fosfordaki üç nokta arası, anlaşılır biçimde aralık bırakılmıştır. Böylece üç ana renk normal bakış uzaklığından birbirinden ayrıştırılamaz. Dışarıdan bakan bir kişinin izlenimi sadece bir rengin olduğudur. Bu renk üçana rengin birlikte eklenmesiyle ortaya çıkar [35].

Renkli televizyonlarda kırmızı ışık kaynağı olarak kullanılan ilk ışıldar madde  $Mn^{2+}$  katkılanmış  $Zn_3(PO_4)_2$ 'dir. Daha sonraki gelişmelerle  $(Zn,Cd)S:Ag^+$  kullanılırken son yıllarda ise  $YVO_4:Eu^{3+}$  bileşiği kullanılmaktadır. Yeşil ışık kaynağı olarak  $(Zn,Cd)S:Cu^+,Al^{3+}$  fazı kullanılırken, mavi ışık kaynağı olarak ise  $ZnS:Ag^+,Al^{3+}$  ışıldar fazı kullanılmaktadır [36].

### 2.3.4. Optoelektronik Görüntü Dönüştürücü

Görüntü dönüştürücüler, bir elektronun yol açtığı görüntüyü insanların görebileceği bir görüntüye dönüştürmektedirler. Görüntü dönüştürücüler, insanların göremediği mor ötesi, kızıl ötesi ve X-ışını bölgelerinin insanlar tarafından görünebilmesini mümkün kılmaktadır [37].

Görüntü dönüştürücülerde bir nesneden yayılan ışık fotokatottan elektron koparır. Açığa çıkan elektronlar elektron-optik bir sistemde hızlandırılır ve ışıldar ekrana odaklanırlar. Burada elde edilen görüntü göz, kamera veya film ile incelenebilir. Sistemin kalitesi, kullanılan ışıldar maddeye bağlıdır. Kullanılacak ışıldar maddenin quantum veriminin yüksek, alkali buharına ve bombardımanına dayanıklı olması gerekir.

### 2.3.5. Ürün Kodlama

Işıldar maddeler büyük miktarlarda üretilmiş ürünlerin veya piyasa değeri olan ürünlerin kodlanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Büyük ölçekte

üretilmiş ürünler için, belirli türleri ayırmak veya daha sonra kontrol etmek amacıyla kullanılır.

Paketleme kağıdı veya floresan etiketler için kullanılan floresan fiberler kodlamanın daha ileri bir şeklidir. Uzun dalga boylu UV ışığı altında kolayca tanımlanabilen ve dar band ışınması yapan ışıldarlar tercih edilirler. Genelde beyaz renkli bileşikler olan çinko sülfür ve toprak alkali bileşikleri kullanılır [1].

### 2.3.6. Güvenlik ve Kaza Önleme

Uzun süreli ışınma yapan inorganik ışıldar maddeler, tehlikeli alanlar, acil çıkış yolları ve elektrik şalterlerinde kullanılmaktadır.

Güvenlik amacıyla en çok kullanılan ışıldar maddeler bakır katkılanmış çinko sülfürlerdir. Spektrumları gözün spektral duyarlılığına uyar ve gün ışığı ve yapay ışık ile uyarılabilir ve uyarmadan sonra 30 saat ışımaya yapabilirler [1].

### 2.3.7. Dişçilik

Doğal dişler uzun dalga boylu UV ışığı altında mavi-beyaz ışınma yaparlar. Işıldama kollajen içerisindeki bazı bileşenlerin doğal yapısından kaynaklanmaktadır.

Kozmetik sonuçlar için bu göz önüne alınarak, yapay dişler hazırlanırken seramik hamuru içerisine ışıldar maddeler de ilave edilir. Başlangıç kullanılan uranil tuzlarının radyoaktif etkisinden dolayı, aktivatör olarak eser element tuzlarının kullanıldığı ışıldar maddelerle çalışılmaya başlanmıştır. Burada seryum, terbiyum ve mangan katkılanmış itriyum silikatlar en iyi sonuçları vermektedir [1].

### 2.3.8. LED Uygulamaları

LED'ler(Işık Yayan Diyot), Galyum-Arsenur, Galyum-Fosfit ve Galyum-Nitrit gibi yarı-iletken maddeler kullanılarak yapılan diyot temelli ışık yayan elektronik devre elemanlarıdır. LED'lerin günümüzde lamba, ekran, ilan panoları, uyarı ışıkları, mimari aydınlatma gibi çok çeşitli uygulama alanları bulunmaktadır.

LED'ler ile beyaz ışık elde etmek için kullanılan yöntemlerden biri de ışıldar malzemelerin yarı-iletken diyotlar üzerine kaplanarak uygulanmasıdır. Kısa dalgaboyunda ışınma yapan diyotlar ışıldarlarla kaplandığında daha uzun dalga boyunda ışık elde edilmektedir [38].

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. MATERYAL

##### 3.1.1. Kullanılan Kimyasallar

*Tungsten oksit (WO<sub>3</sub>)*:Aldrich firmasından % 99.00 saflıkta temin edilen madde, ışıldar konut kristallerin katı hal yöntemi ile sentezi için kullanılmıştır.

*Sodyum tungstat dihidrat (Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O)*: Sigma-Aldrich firmasından % 99.00 saflıkta temin edilen madde, ışıldar konut kristallerin hidrotermal yöntemle sentezinde kullanılmıştır.

*Kalsiyum karbonat (CaCO<sub>3</sub>)*: Merck firmasından % 99.90 saflıkta temin edilen madde, ışıldar konut kristallerin katı hal yöntemi ile sentezi için kullanılmıştır.

*Stronsiyum karbonat (SrCO<sub>3</sub>)*: Merck firmasından % 99.90 saflıkta temin edilen madde, ışıldar konut kristallerin katı hal yöntemi ile sentezi için kullanılmıştır.

*Baryum karbonat (BaCO<sub>3</sub>)*: Merck firmasından % 99.90 saflıkta temin edilen madde, ışıldar konut kristallerin katı hal yöntemi ile sentezi için kullanılmıştır.

*Magnezyum hidroksitkarbonat (4MgCO<sub>3</sub>.Mg(OH)<sub>2</sub>.5H<sub>2</sub>O)*: Merck firmasından % 99.90 saflıkta temin edilen madde, ışıldar konut kristallerin katı hal ve hidrotermal yöntem ile sentezleri için kullanılmıştır.

*Çinko oksit (ZnO)*: Merck firmasından % 99.90 saflıkta temin edilen madde, ışıldar konut kristallerin katı hal yöntemi ile sentezi için kullanılmıştır.

*Kalsiyum nitrat (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)*: Merck firmasından % 99.90 saflıkta temin edilen madde, ışıldar konut kristallerin hidrotermal yöntemle sentezi için kullanılmıştır.

*Stronsiyum nitrat (Sr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)*: Merck firmasından % 99.90 saflıkta temin edilen madde, ışıldar konut kristallerin hidrotermal yöntemle sentezi için kullanılmıştır.

*Baryum nitrat (Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)*: Merck firmasından % 99.90 saflıkta temin edilen madde, ışıldar konut kristallerin hidrotermal yöntemle sentezi için kullanılmıştır.

*Çinko nitrat (Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)*: Merck firmasından % 99.90 saflıkta temin edilen madde, ışıldar konut kristallerin hidrotermal yöntemle sentezi için kullanılmıştır.



*Magnezyum nitrat ( $Mg(NO_3)_2$ ):* Merck firmasından % 99.90 saflıkta temin edilen madde, ışıldar konut kristallerin hidrotermal yöntemle sentezi için kullanılmıştır.

*Europiyum oksit ( $Eu_2O_3$ ):* Merck firmasından % 99.90 saflıkta temin edilen madde, ışıldar konut kristallerde aktivatör iyonları olarak kullanılmıştır.

*Terbiyum oksit ( $Tb_2O_3$ ):* Merck firmasından % 99.90 saflıkta temin edilen madde, ışıldar konut kristallerde aktivatör iyonları olarak kullanılmıştır.

*Disprozyum oksit ( $Dy_2O_3$ ):* Merck firmasından % 99.90 saflıkta temin edilen madde, ışıldar konut kristallerde aktivatör iyonları olarak kullanılmıştır.

*Praseodim oksit ( $Pr_2O_3$ ):* Merck firmasından % 99.90 saflıkta temin edilen madde, ışıldar konut kristallerde aktivatör iyonları olarak kullanılmıştır.

*Nitrik asit ( $HNO_3$ ):* Merck firmasından % 65 saflıkta temin edilen madde, lantan oksitlerini nitratlarına dönüştürmek amacıyla kullanılmıştır.

*Sitrik asit monohidrat ( $C_6H_8O_7.H_2O$ ):* Merck firmasından % 99.90 saflıkta temin edilen madde, hidrotermal sentez yönteminde şelat oluşturmak için kullanılmıştır.

*Sodyum Hidroksit ( $NaOH$ ):* Merck firmasından % 99.90 saflıkta temin edilen madde, hidrotermal sentez yönteminde çözelti ortamını bazikleştirmek için kullanılmıştır.

### 3.1.2. Kullanılan Cihazlar

*Hidrotermal Ünite:* Hidrotermal sentez yönteminde Berghof marka DAB-3 model hidrotermal ünite kullanılmıştır.

*Ultra-Santrifüj Cihazı:* Sulu ortamda kalan partiküllerin tam olarak çöktürülebilmesi için Hettich marka Rotina 420 model santrifüj cihazı kullanılmıştır.

*Yatay tüp fırın:* Yüksek sıcaklık tepkimeleri için 25-1500 °C aralığında çalışabilen Protherm marka PTF 15/75/610 model yatay tüp fırın kullanılmıştır.

*X-Işınları Toz Diffraktometresi:* Bruker marka D8 model cihaz sentezlenen maddelerin faz analizleri için kullanılmıştır.

*Fotoluminesans Spektrometresi:* Varian Marka Cary Eclipse model fotoluminesans spektrometresi, ışıldar maddelerin uyarma ve ışımaya spektrumlarının alınması, elektron tuzaklama sürelerinin (lümİnesans life time) hesaplanması için

kullanılmıştır. PTI marka QM-30 ayırım gücü yüksek fotoluminesans spektrometresi ışığa şiddeti çok düşük olan  $Pr^{3+}$  iyonu katkılanmış ışıldarların ışığa özelliklerinin ölçülmesinde kullanılmıştır.

*Termoluminesans Okuyucu:* Harshaw QS Termoluminesans Okuyucu, ışıldar bileşiklerin tuzak parametrelerinin hesaplanması için kullanılmıştır.

*Taramalı Elektron Mikroskobu(SEM):* Carl Zeiss marka Supra 55 model elektron mikroskobu tanecik boyutu ve element analizleri için kullanılmıştır.

## 3.2. YÖNTEM

### 3.2.1. Sentez Yöntemleri

#### 3.2.1.1. Katıhal sentez yöntemi

Metal karbonat ve/veya oksitleri uygun stokiometrik oranlarda tartılarak agat bir havanda öğütülüp yatay tüp fırında açık atmosferde ve yüksek sıcaklıkta ( $\sim 1000-1350^\circ C$ ) fırınlanarak kristalin ışıldar maddeler hazırlanmıştır.

#### 3.2.1.2. Hidrotermal sentez yöntemi

Metal tuzlarının sulu çözeltilerine şelat görevi yapan organik maddeler eklenerek sulu ve bazik bir ortamda, sıcaklık ile birlikte yükselen kendi iç basıncı altında mikro boyutta tozlar olarak çökelmiştir. Hidrotermal üniteden alınan çözeltideki bütün partiküllerin çökmesi için santrifüjleme yapıldıktan sonra çökelek kurutularak ( $\sim 120^\circ C$ ) yatay tüp fırında açık atmosferde ve yüksek sıcaklıkta ( $\sim 1000-1350^\circ C$ ) fırınlanıp ışıldar malzemeler elde edilmiştir [39].

### 3.2.2. Yapısal Tanımlama Yöntemi

Sentezlenen ışıldarların toz desenleri X-ışınları toz diffraksiyonu tekniği ile ölçülmüş ve yapısal çözümlenmelerde WinXpov paket programı kullanılmıştır.

### 3.2.3. Optik Özelliklerin İncelenmesi

#### 3.2.3.1. Fotolüminesans spektrometresi

Modern fotolüminesans spektrometrelerinde floresans, fosforesans, biyolüminesans modları için uyarma ve ışımaya spektrumları kaydedilebilmektedir. Yine bu cihazlar kullanılarak lüminesans sönüm süreleri tespit edilebilmektedir.

Uyarma spektrumu alınırken, uyarma kromatörü ile belirli bir ışımaya dalgaboyu sabit tutularak dalga boyu taraması yapılır. Işıma spektrumunun ölçülmesi esnasında ise uyarma dalga boyu sabit tutularak ışımaya monokromatörü ile dalgaboyu taraması yapılır. Fotolüminesans tekniği Soğurma Spektrometresine göre daha duyarlıdır. Uyarma spektrumundan enerji transferi gibi süreçler hakkında değerlendirilebilir bilgiler elde edilir [2].

#### 3.2.3.2. Termolüminesans spektrometresi

Maddelerin radyoaktif bir ışınla enerji depoladıktan sonra (yarı iletken ve yalıtkanlar) çizgisel olarak artan bir sıcaklığa karşı yaydığı ışımaya termolüminesans (TL) denir. Yayınlanan ışık şiddetinin, örnek sıcaklığının bir fonksiyonu olarak grafiğe geçirilmesi “TL Işıma Eğrisi” olarak bilinir.

TL ışımaya eğrilerinin ölçülmesi ve analizinin yapılmasındaki temel amaç, malzemedeki TL sürecini tanımlamakta kullanılan parametreleri tespit etmektir. Bu parametreler; TL tuzakları için aktivasyon enerjisi  $E$  (aynı zamanda tuzak derinliği olarak da bilinir), frekans faktörü  $s$ , TL sürecinin kinetik mertebesi  $b$ , tuzaklara ve yeniden birleşme merkezlerine yakalanma tesir kesitleri ve bu tuzak ve yeniden birleşme merkezlerinin derişimi veya sayısıdır [40]. Verilen bu parametrelerin hesaplanmasında “Pik Biçimi Yöntemi” kullanılmıştır.

#### *Pik biçimi yöntemi*

Pik maksimum sıcaklığı  $T_m$ , yarı pik yüksekliğindeki tam genişlik  $\omega=T_2-T_1$ , pikin yüksek sıcaklık tarafındaki yarı genişlik  $\delta=T_2-T_m$ , düşük sıcaklık tarafındaki yarı genişlik  $\tau=T_m-T_1$ , ve geometrik faktör olarak adlandırılan  $\mu_g=\delta/\omega$  gibi pik yapı parametrelerinden tuzak derinliği,  $E$  hesaplanmaktadır.

Kinetik mertebesi ( $b$ ), yapı parametrelerinden hesaplanabilmektedir. Geometrik faktörün ( $\mu_g$ ), tuzak derinliği ( $E$ ) ve frekans faktöründeki ( $s$ )

değişikliklerden etkilenmediği fakat kinetik merteye ile değiştiği belirlenmiştir [40]. Çizgisel ısıtma hızı ile  $\mu_g$  değeri 0.42 ve  $b=1$ , 0.52 olduğunda  $b=2$  değerini almaktadır.

Hesaplanan  $E$  değerleri [40];

$$\begin{aligned} E_\tau &= [1.51 + 3(\mu_g - 0.42)] \frac{kT_m^2}{\tau} - [1.58 + 4.2(\mu_g - 0.42)] 2kT_m \\ E_\delta &= [0.976 + 7.3(\mu_g - 0.42)] \frac{kT_m^2}{\delta} \\ E_\omega &= [2.52 + 10.2(\mu_g - 0.42)] \frac{kT_m^2}{\omega} - 2kT_m \end{aligned} \quad (3.1)$$

Aktivasyon enerjisi ve kinetik mertebenin tespitinden sonra frekans faktörü (ön üstel faktör),  $s$  birinci ve genel merteye için sırasıyla [40]:

$$\begin{aligned} s &= \frac{\beta E}{kT_m^2} \exp\left[\frac{E}{kT_m}\right] \\ s &= \frac{\beta E}{kT_m^2} \left[ \exp\left(-\frac{E}{kT_m}\right) \left(1 + (b-1) \frac{2kT_m}{E}\right) \right]^{b-1} \end{aligned} \quad (3.2)$$

eşitlikleri kullanılarak hesaplanmaktadır.

#### 3.2.4. Işıldar Fazların Sentezi

Yapılan çalışmada konut kristallere lantanit iyonları katkılanarak ışıldarlar sentezlenmeye çalışılmıştır. Katı hal ve hidrotermal sentez yöntemleri kullanılarak sentezlenmesi hedeflenen ışıldarlar Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Sentezlenmesi hedeflenen ışıldarlar.

No	Konut	Katkı İyonları			
1	Ca <sub>3</sub> WO <sub>6</sub>	Eu <sup>3+</sup>	Pr <sup>3+</sup>	Tb <sup>3+</sup>	Dy <sup>3+</sup>
2	Sr <sub>3</sub> WO <sub>6</sub>	Eu <sup>3+</sup>	Pr <sup>3+</sup>	Tb <sup>3+</sup>	Dy <sup>3+</sup>
3	Ba <sub>3</sub> WO <sub>6</sub>	Eu <sup>3+</sup>	Pr <sup>3+</sup>	Tb <sup>3+</sup>	Dy <sup>3+</sup>
4	Sr <sub>2</sub> CaWO <sub>6</sub>	Eu <sup>3+</sup>	Pr <sup>3+</sup>	Tb <sup>3+</sup>	Dy <sup>3+</sup>
5	Ca <sub>2</sub> SrWO <sub>6</sub>	Eu <sup>3+</sup>	Pr <sup>3+</sup>	Tb <sup>3+</sup>	Dy <sup>3+</sup>
6	Sr <sub>2</sub> BaWO <sub>6</sub>	Eu <sup>3+</sup>	Pr <sup>3+</sup>	Tb <sup>3+</sup>	Dy <sup>3+</sup>
7	Ba <sub>2</sub> SrWO <sub>6</sub>	Eu <sup>3+</sup>	Pr <sup>3+</sup>	Tb <sup>3+</sup>	Dy <sup>3+</sup>
8	Ba <sub>2</sub> CaWO <sub>6</sub>	Eu <sup>3+</sup>	Pr <sup>3+</sup>	Tb <sup>3+</sup>	Dy <sup>3+</sup>
9	Ca <sub>2</sub> BaWO <sub>6</sub>	Eu <sup>3+</sup>	Pr <sup>3+</sup>	Tb <sup>3+</sup>	Dy <sup>3+</sup>
10	Ca <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub>	Eu <sup>3+</sup>	Pr <sup>3+</sup>	Tb <sup>3+</sup>	Dy <sup>3+</sup>
11	Sr <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub>	Eu <sup>3+</sup>	Pr <sup>3+</sup>	Tb <sup>3+</sup>	Dy <sup>3+</sup>
12	Ba <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub>	Eu <sup>3+</sup>	Pr <sup>3+</sup>	Tb <sup>3+</sup>	Dy <sup>3+</sup>
13	Ca <sub>2</sub> ZnWO <sub>6</sub>	Eu <sup>3+</sup>	Pr <sup>3+</sup>	Tb <sup>3+</sup>	Dy <sup>3+</sup>
14	Sr <sub>2</sub> ZnWO <sub>6</sub>	Eu <sup>3+</sup>	Pr <sup>3+</sup>	Tb <sup>3+</sup>	Dy <sup>3+</sup>
15	Ba <sub>2</sub> ZnWO <sub>6</sub>	Eu <sup>3+</sup>	Pr <sup>3+</sup>	Tb <sup>3+</sup>	Dy <sup>3+</sup>

#### 3.2.4.1. Işıldar fazların katı hal yöntemi ile sentezi

*Sr<sub>3</sub>WO<sub>6</sub>:Ln, Ca<sub>3</sub>WO<sub>6</sub>:Ln, Ba<sub>3</sub>WO<sub>6</sub>:Ln (Ln: Eu<sup>3+</sup>, Dy<sup>3+</sup>, Pr<sup>3+</sup>, Tb<sup>3+</sup>) ışıldar fazlarının katı hal yöntemi ile sentezi*

MCO<sub>3</sub>(M: Ca, Sr, Ba), WO<sub>3</sub> ve Ln<sub>2</sub>O<sub>3</sub> başlangıç maddeleri uygun stokiyometrik oranlarda karıştırılarak yüksek sıcaklıkta sentezlenmiştir.

Başlangıç maddeleri, mol oranları 2,94MCO<sub>3</sub>:1WO<sub>3</sub>:0,03Ln<sub>2</sub>O<sub>3</sub> olacak şekilde tartıldı. Aktivatör iyonları (Ln<sup>3+</sup>) toplam M<sup>2+</sup> (M: Ca, Sr, Ba) iyonlarının %2 molü kadar hesaplanarak eklendi. Başlangıç maddeleri agat havanda 30 dk süreyle öğütüldükten sonra platin kayıklara alınarak 1350 °C'de 2,5 saatte bir öğütülüp toplamda 5 saat fırınlanarak ışıldar fazlar sentezlendi [19,20].

*Sr<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub>:Ln, Ca<sub>2</sub>SrWO<sub>6</sub>:Ln, Ca<sub>2</sub>BaWO<sub>6</sub>:Ln, Ba<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub>:Ln, Ba<sub>2</sub>SrWO<sub>6</sub>:Ln, Sr<sub>2</sub>BaWO<sub>6</sub>:Ln (Ln: Eu<sup>3+</sup>, Dy<sup>3+</sup>, Pr<sup>3+</sup>, Tb<sup>3+</sup>) ışıldar fazlarının katı hal yöntemi ile sentezi*

MCO<sub>3</sub>(M: Ca, Sr, Ba), WO<sub>3</sub> ve Ln<sub>2</sub>O<sub>3</sub> başlangıç maddeleri uygun stokiyometrik oranlarda karıştırılarak yüksek sıcaklıkta sentezlenmiştir.

Başlangıç maddeleri, mol oranları 2,94MCO<sub>3</sub>:1WO<sub>3</sub>:0,03Ln<sub>2</sub>O<sub>3</sub> olacak şekilde tartıldı. Aktivatör iyonları (Ln<sup>3+</sup>) toplam M<sup>2+</sup> (M: Ca, Sr, Ba) iyonlarının %2 molü kadar hesaplanarak eklendi. Başlangıç maddeleri agat havanda 30 dk süreyle öğütüldükten sonra platin kayıklara alınarak 1250 °C’de 2,5 saatte bir öğütülüp toplamda 5 saat fırınlanarak ışıldar fazlar sentezlendi [19,20].

*Ca<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Ln, Sr<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Ln, Ba<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Ln (Ln: Eu<sup>3+</sup>, Dy<sup>3+</sup>, Pr<sup>3+</sup>, Tb<sup>3+</sup>) ışıldar fazlarının katı hal yöntemi ile sentezi*

MCO<sub>3</sub>(M: Ca, Sr, Ba), 4MgCO<sub>3</sub>.Mg(OH)<sub>2</sub>.5H<sub>2</sub>O, WO<sub>3</sub> ve Ln<sub>2</sub>O<sub>3</sub> başlangıç maddeleri uygun stokiyometrik oranlarda karıştırılarak yüksek sıcaklıkta sentezlenmiştir.

Başlangıç maddeleri, mol oranları 1,96MCO<sub>3</sub>:0,196[4MgCO<sub>3</sub>.Mg(OH)<sub>2</sub>.5H<sub>2</sub>O]:1WO<sub>3</sub>:0,03Ln<sub>2</sub>O<sub>3</sub> olacak şekilde tartıldı. Aktivatör iyonları (Ln<sup>3+</sup>) toplam M<sup>2+</sup> (M: Ca, Sr, Ba, Mg) iyonlarının %2 molü kadar hesaplanarak eklendi. Başlangıç maddeleri agat havanda 30 dk süreyle öğütüldükten sonra platin kayıklara alınarak 1200 °C’de 2,5 saatte bir öğütülüp toplamda 5 saat fırınlanarak ışıldar fazlar sentezlendi [13].

*Ca<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub>:Ln, Sr<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub>:Ln, Ba<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub>:Ln (Ln: Eu<sup>3+</sup>, Dy<sup>3+</sup>, Pr<sup>3+</sup>, Tb<sup>3+</sup>) ışıldar fazlarının katı hal yöntemi ile sentezi*

MCO<sub>3</sub>(M: Ca, Sr, Ba), ZnO, WO<sub>3</sub> ve Ln<sub>2</sub>O<sub>3</sub> başlangıç maddeleri uygun stokiyometrik oranlarda karıştırılarak yüksek sıcaklıkta sentezlenmiştir.

Başlangıç maddeleri mol oranları 1,96MCO<sub>3</sub>:0,98ZnO:1WO<sub>3</sub>:0,03Ln<sub>2</sub>O<sub>3</sub> olacak şekilde tartıldı. Aktivatör iyonları (Ln<sup>3+</sup>) toplam M<sup>2+</sup> (M: Ca, Sr, Ba, Zn) iyonlarının %2 molü kadar hesaplanarak eklendi. Başlangıç maddeleri agat havanda 30 dk süreyle öğütüldükten sonra platin kayıklara alınarak 1000 °C’de 2,5 saatte bir öğütülüp toplamda 5 saat fırınlanarak ışıldar fazlar sentezlendi [18].

### 3.2.4.2. Işıldar fazların hidrotermal yöntem ile sentezi

*Sr<sub>3</sub>WO<sub>6</sub>:Ln, Ca<sub>3</sub>WO<sub>6</sub>:Ln, Ba<sub>3</sub>WO<sub>6</sub>:Ln (Ln: Eu<sup>3+</sup>, Dy<sup>3+</sup>, Pr<sup>3+</sup>, Tb<sup>3+</sup>) ışıldar fazlarının hidrotermal yöntem ile sentezi*

M(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (M: Ca, Sr, Ba), Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O ve Ln<sub>2</sub>O<sub>3</sub> başlangıç maddeleri kullanıldı. Suda çözünmeyen Ln<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bileşikleri 1:1 oranında H<sub>2</sub>O ve HNO<sub>3</sub> çözeltisi karışımı kullanılarak çözünür hale getirildi. Aktivatör iyonları (Ln<sup>3+</sup>) toplam M<sup>2+</sup> (M: Ca, Sr, Ba) iyonlarının %2 molü kadar hesaplanarak eklendi. Yapılan tartımlar 2,94M(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>:1Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O:0,03Ln<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranına göre hesaplandı.

Başlangıç maddelerinden M(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> ve Ln(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> çözeltilerinin karışımı üzerine şelat oluşturması amacı ile metal iyonlarının 2 katı kadar mol içerecek şekilde sitrik asit çözeltisi eklendi. Homojen karışım oluştuktan sonra Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O çözeltisi yavaş yavaş karışıma eklendi. Oluşan çözelti 1 saat karıştırıldıktan sonra 250 mL'lik teflon kaplara alınarak çözelti miktarı 170 mL olacak şekilde saf su ile tamamlanıp 180 °C'de 12 saat bekletildi. Çöken ışıldarlar su ve etanolde yıkanarak santrifüjlendi. 120 °C'de kurutulan tozlar platin kayıklara alındı. 1350 °C'de 2,5 saatte bir öğütülüp toplamda 5 saat fırınlanarak ışıldar fazlar sentezlendi [19,20,39].

*Sr<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub>:Ln, Ca<sub>2</sub>SrWO<sub>6</sub>:Ln, Ca<sub>2</sub>BaWO<sub>6</sub>:Ln, Ba<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub>:Ln, Ba<sub>2</sub>SrWO<sub>6</sub>:Ln, Sr<sub>2</sub>BaWO<sub>6</sub>:Ln (Ln: Eu<sup>3+</sup>, Dy<sup>3+</sup>, Pr<sup>3+</sup>, Tb<sup>3+</sup>) ışıldar fazlarının hidrotermal yöntem ile sentezi*

M(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (M: Ca, Sr, Ba), Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O ve Ln<sub>2</sub>O<sub>3</sub> başlangıç maddeleri kullanıldı. Suda çözünmeyen Ln<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bileşikleri 1:1 oranında H<sub>2</sub>O ve HNO<sub>3</sub> çözeltisi karışımı kullanılarak çözünür hale getirildi. Aktivatör iyonları (Ln<sup>3+</sup>) toplam M<sup>2+</sup> (M: Ca, Sr, Ba) iyonlarının %2 molü kadar hesaplanarak eklendi. Yapılan tartımlar 2,94M(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>:1Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O:0,03Ln<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranına göre hesaplandı.

Başlangıç maddelerinden M(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> ve Ln(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> çözeltilerinin karışımı üzerine şelat oluşturması amacı ile metal iyonlarının 2 katı kadar mol içerecek şekilde sitrik asit çözeltisi eklendi. Homojen karışım oluştuktan sonra Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O çözeltisi yavaş yavaş karışıma eklendi. Oluşan çözelti 1 saat karıştırıldıktan sonra 250 mL'lik teflon kaplara alınarak çözelti miktarı 170 mL olacak şekilde saf su ile tamamlanıp 180 °C'de 12 saat bekletildi. Çöken ışıldarlar su ve etanolde yıkanarak

santrifüjlendi. 120 °C’de kurutlan tozlar platin kayıklara alındı. 1250 °C’de 2,5 saatte bir öğütülüp toplamda 5 saat fırınlanarak ışıldar fazlar sentezlendi [19,20,39].

*Ca<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Ln, Sr<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Ln, Ba<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Ln (Ln: Eu<sup>3+</sup>, Dy<sup>3+</sup>, Pr<sup>3+</sup>, Tb<sup>3+</sup>) ışıldar fazlarının hidrotermal yöntem ile sentezi*

M(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (M: Ca, Sr, Ba, Mg), Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O ve Ln<sub>2</sub>O<sub>3</sub> başlangıç maddeleri kullanıldı. Suda çözünmeyen Ln<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bileşikleri 1:1 oranında H<sub>2</sub>O ve HNO<sub>3</sub> çözeltisi karışımı kullanılarak çözünür hale getirildi. Aktivatör iyonları (Ln<sup>3+</sup>) toplam M<sup>2+</sup> (M: Ca, Sr, Ba, Mg) iyonlarının %2 molü kadar hesaplanarak eklendi. Yapılan tartımlar 2,94M(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>:1Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O:0,03Ln<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranına göre hesaplandı.

Başlangıç maddelerinden M(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> ve Ln(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> çözeltilerinin karışımı üzerine şelat oluşturması amacı ile metal iyonlarının 2 katı kadar mol içerecek şekilde sitrik asit çözeltisi eklendi. Homojen karışım oluştuktan sonra Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O çözeltisi yavaş yavaş karışıma eklendi. Oluşan çözelti 1 saat karıştırıldıktan sonra 250 mL’lik teflon kaplara alınarak çözelti miktarı 170 mL olacak şekilde saf su ile tamamlanıp 180 °C’de 12 saat bekletildi. Çöken ışıldarlar su ve etanolde yıkanarak santrifüjlendi. 120 °C’de kurutlan tozlar platin kayıklara alındı. 1200 °C’de 2,5 saatte bir öğütülüp toplamda 5 saat fırınlanarak ışıldar fazlar sentezlendi [13,39].

*Ca<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub>:Ln, Sr<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub>:Ln, Ba<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub>:Ln (Ln: Eu<sup>3+</sup>, Dy<sup>3+</sup>, Pr<sup>3+</sup>, Tb<sup>3+</sup>) ışıldar fazlarının hidrotermal yöntem ile sentezi*

M(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (M: Ca, Sr, Ba, Zn), Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O ve Ln<sub>2</sub>O<sub>3</sub> başlangıç maddeleri kullanıldı. Suda çözünmeyen Ln<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bileşikleri 1:1 oranında H<sub>2</sub>O ve HNO<sub>3</sub> çözeltisi karışımı kullanılarak çözünür hale getirildi. Aktivatör iyonları (Ln<sup>3+</sup>) toplam M<sup>2+</sup> (M: Ca, Sr, Ba, Zn) iyonlarının %2 molü kadar hesaplanarak eklendi. Yapılan tartımlar 2,94M(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>:1Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O:0,03Ln<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranına göre hesaplandı.

Başlangıç maddelerinden M(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> ve Ln(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> çözeltilerinin karışımı üzerine şelat oluşturması amacı ile metal iyonlarının 2 katı kadar mol içerecek şekilde sitrik asit çözeltisi eklendi. Homojen karışım oluştuktan sonra Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O çözeltisi yavaş yavaş karışıma eklendi. Oluşan çözelti 1 saat karıştırıldıktan sonra 250 mL’lik teflon kaplara alınarak çözelti miktarı 170 mL olacak şekilde saf su ile tamamlanıp 180 °C’de 12 saat bekletildi. Çöken ışıldarlar su ve etanolde yıkanarak



santrifüjlendi. 120 °C’de kurutlan tozlar platin kayıklara alındı. 1000 °C’de 2,5 saatte bir öğütülüp toplamda 5 saat fırınlanarak ışıldar fazlar sentezlendi [18,39].

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Ortotungstat bazlı ışıldarlar katı hal yöntemi ve hidrotermal yöntem kullanılarak sentezlenmiştir. Sentezlenen ışıldar fazlar Çizelge 4.1’de verilmektedir. Işıma şiddeti düşük olan ışıldarların tanımlamaları ekte verilmiştir.

Çizelge 4.1. Sentezlenen ışıldar fazlar.

No	Konut Faz	Literatür (JCPDS No)	Sentez Yöntemi	Katkı İyonu*	Işıma Rengi
1	Ca <sub>3</sub> WO <sub>6</sub>	22-0541	Katı hal	Eu <sup>3+</sup> [23]	Kırmızı
2			Katı hal	Dy <sup>3+</sup>	Sarı
3	Sr <sub>3</sub> WO <sub>6</sub>	28-1259	Katı hal	Eu <sup>3+</sup> [22]	Kırmızı
4	Ba <sub>3</sub> WO <sub>6</sub>	33-0182	Katı hal	Eu <sup>3+</sup>	Kırmızı
5	Sr <sub>2</sub> CaWO <sub>6</sub>	76-1983	Katı hal, Hidrotermal	Eu <sup>3+</sup> [9]	Kırmızı
6			Katı hal	Dy <sup>3+</sup>	Sarı
7	Ca <sub>2</sub> SrWO <sub>6</sub>	[19]	Katı hal	Eu <sup>3+</sup>	Kırmızı
8			Katı hal	Dy <sup>3+</sup>	Açık Sarı
9	Ba <sub>2</sub> SrWO <sub>6</sub>	26-0190	Katı hal	Eu <sup>3+</sup>	Kırmızı
10			Katı hal	Dy <sup>3+</sup>	Açık Sarı
11	Ba <sub>2</sub> CaWO <sub>6</sub>	22-0509	Katı hal, Hidrotermal	Eu <sup>3+</sup> [9]	Kırmızı
12			Katı hal, Hidrotermal	Dy <sup>3+</sup>	Açık Sarı
13	Ca <sub>2</sub> BaWO <sub>6</sub>	18-0164	Katı hal, Hidrotermal	Eu <sup>3+</sup>	Kırmızı
14			Katı hal, Hidrotermal	Dy <sup>3+</sup>	Açık Sarı
15	Ca <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub>	48-0108	Katı hal	Eu <sup>3+</sup> [16]	Kırmızı
16			Katı hal	Dy <sup>3+</sup>	Açık Sarı
17	Sr <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub>	74-8160	Katı hal	Eu <sup>3+</sup>	Kırmızı
18			Katı hal	Dy <sup>3+</sup>	Sarı
19			Katı hal	Tb <sup>3+</sup>	Koyu Yeşil
20			Katı hal	Pr <sup>3+</sup>	Pembe-Turuncu

Çizelge 4.1 (devamı)

21	Ba <sub>2</sub> MgWO <sub>6</sub>	73-2404	Katı hal	Eu <sup>3+</sup>	Kırmızı
22			Katı hal	Dy <sup>3+</sup>	Açık Sarı
23			Katı hal	Tb <sup>3+</sup>	Açık Yeşil
24			Katı hal	Pr <sup>3+</sup>	Açık Pembe
25	Ba <sub>2</sub> ZnWO <sub>6</sub>	73-0134	Katı hal	- [18]	Yeşil
26			Katı hal	Eu <sup>3+</sup>	Kırmızı
27			Katı hal	Dy <sup>3+</sup>	Açık Sarı

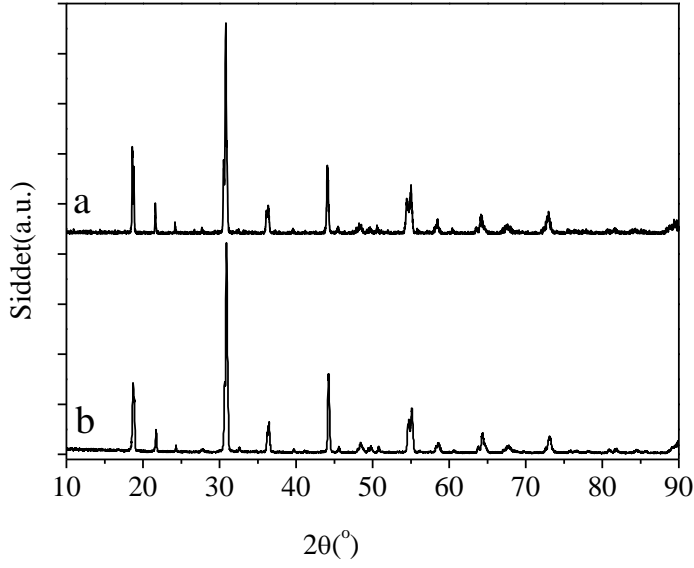
\*Katkı oranı: Lantanoid iyonları Ca<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup>, Ba<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> ve Zn<sup>2+</sup> iyonlarının konuttaki toplam mollerine %2 oranla katkılanmıştır. Ayrıca literatürde sentezlenmiş olan malzemelerin literatür numarası da verilmiştir.

#### 4.1. TANIMLAMA ÇALIŞMALARI

##### 4.1.1. Sr<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub>:Eu<sup>3+</sup>, Ca<sub>2</sub>BaWO<sub>6</sub>:Ln, Ba<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub>:Ln, (Ln: Eu<sup>3+</sup>, Dy<sup>3+</sup>) Işıldarlarını Tanımlama Çalışmaları

###### 4.1.1.1. Sr<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub> konut fazının yapı analizi

Sr<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub> konutunun tanımlama çalışmaları Winxpow paket programıyla gerçekleştirilmiştir. Ölçülen XRD spektrumu Şekil 4.1'de; toz deseni verileri de Çizelge 4.2'de verilmektedir. Analizi yapılan toz desenlerinin Sr<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub> (JCPDS no: 76-1983) yapısına ait olduğu belirlenmiştir. Malzemenin kristal sistemi ortorombik; uzay grubu, Pmm2 (25) ve hücre parametreleri de a=8.203 b=5.767 c=5.848 Å ve α=β=γ=90° olarak verilmektedir.



Şekil 4.1. a) Katı hal yöntemi ile b) Hidrotermal yöntem ile sentezlenen  $\text{Sr}_2\text{CaWO}_6$  konut fazının X-ışını toz deseni (JCPDS no: 76-1983)

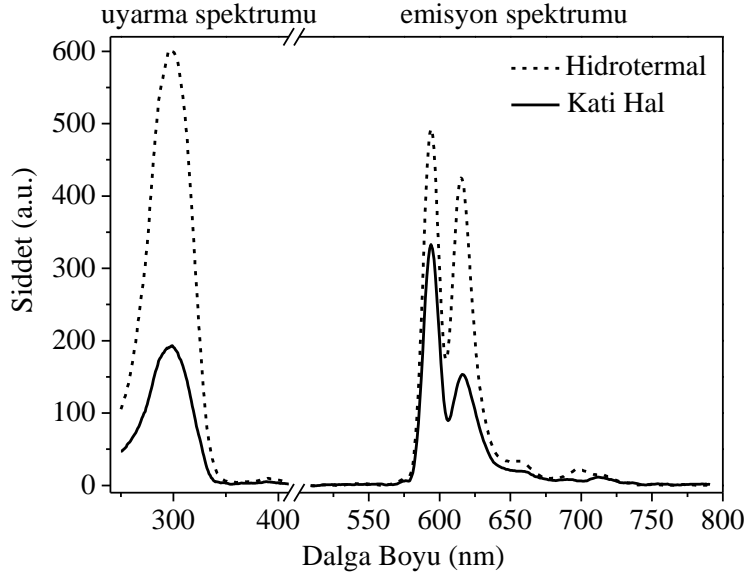
Çizelge 4.2.  $\text{Sr}_2\text{CaWO}_6$  konut fazının XRD verileri (JCPDS no: 76-1983).

2θ	Şiddet	h	k	l	2θ	Şiddet	h	k	l	2θ	Şiddet	h	k	l
18,62	29	1	0	1	44,07	33	0	2	2	64,58	4	0	4	0
18,79	25	1	1	0	48,18	3	3	1	2	67,56	3	3	3	2
21,62	9	2	0	0	54,44	14	2	1	3	72,77	6	2	3	3
30,54	26	0	0	2	54,61	8	4	0	2	72,86	7	6	1	1
30,78	100	2	1	1	54,89	10	4	2	0	73,12	3	0	4	2
30,99	28	0	2	0	54,99	17	2	3	1	81,54	3	4	4	0
36,11	7	1	1	2	58,50	3	1	3	2	89,01	3	6	1	3
36,24	4	3	0	1	63,58	3	0	0	4	89,46	4	6	3	1
36,39	9	1	2	1	64,13	13	4	2	2	89,83	3	5	0	4

#### 4.1.1.2. $\text{Sr}_2\text{CaWO}_6:\text{Eu}^{3+}$ ışıldarının fotoluminesans çalışmaları

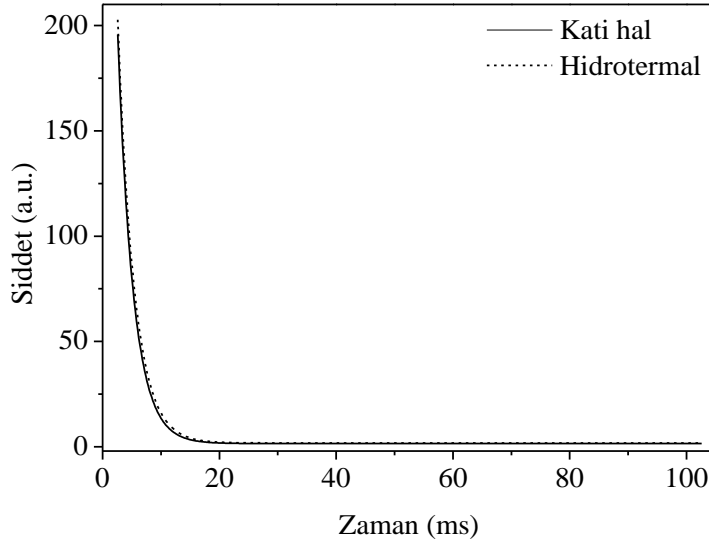
$\text{Sr}_2\text{CaWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarının uyarma spektrumu Şekil 4.2’de verilmektedir. Uyarma spektrumunda 299 nm’de geniş uyarma bandı gözlenmektedir. Bu şiddetli ve geniş uyarma bandı konut kristalin yük transfer geçişine karşılık gelmektedir. Ayrıca  $\text{Eu}^{3+}-\text{O}^{2-}$  arasındaki yük transfer geçişine ait bantlar ve  $\text{Eu}^{3+}$  aktivatör iyonunun  ${}^7\text{F}_0 \rightarrow {}^5\text{L}_j$  ( $j=0-6$ ) geçişlerine ait bantlar bu geniş uyarma bandı altında kalmaktadır.

$\text{Sr}_2\text{CaWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarının ışımada 594 ve 616 nm’de gözlenen şiddetli ışımada bantları  $\text{Eu}^{3+}$  iyonlarının  $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_1$  ve  $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_2$  geçişlerine aittir. Ayrıca 650-750 nm arasında gözlenen ışımada bantları ise  $\text{Eu}^{3+}$  iyonlarının  $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_j$  ( $j=3, 4$ ) geçişlerini göstermektedir [22].



Şekil 4.2. Katı hal ve hidrotermal yöntem ile hazırlanmış  $\text{Sr}_2\text{CaWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarının uyarma ve ışımada spektrumları.

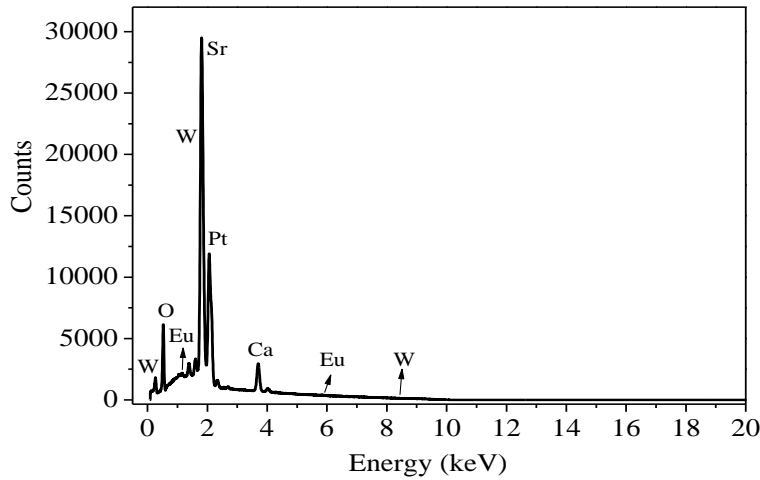
Işıldar faza ait sönüm eğrileri Şekil 4.3’de verilmektedir. Sönüm eğrilerinden elde edilen verilere göre katı hal yöntemi ve hidrotermal yöntemle hazırlanan ışıldar fazın sönüm süreleri ( $\tau$ ) sırasıyla 2.6 ve 2.80 ms olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.3. Kati hal ve hidrotermal yöntem ile hazırlanmış  $\text{Sr}_2\text{CaWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarının sönüm eğrileri.

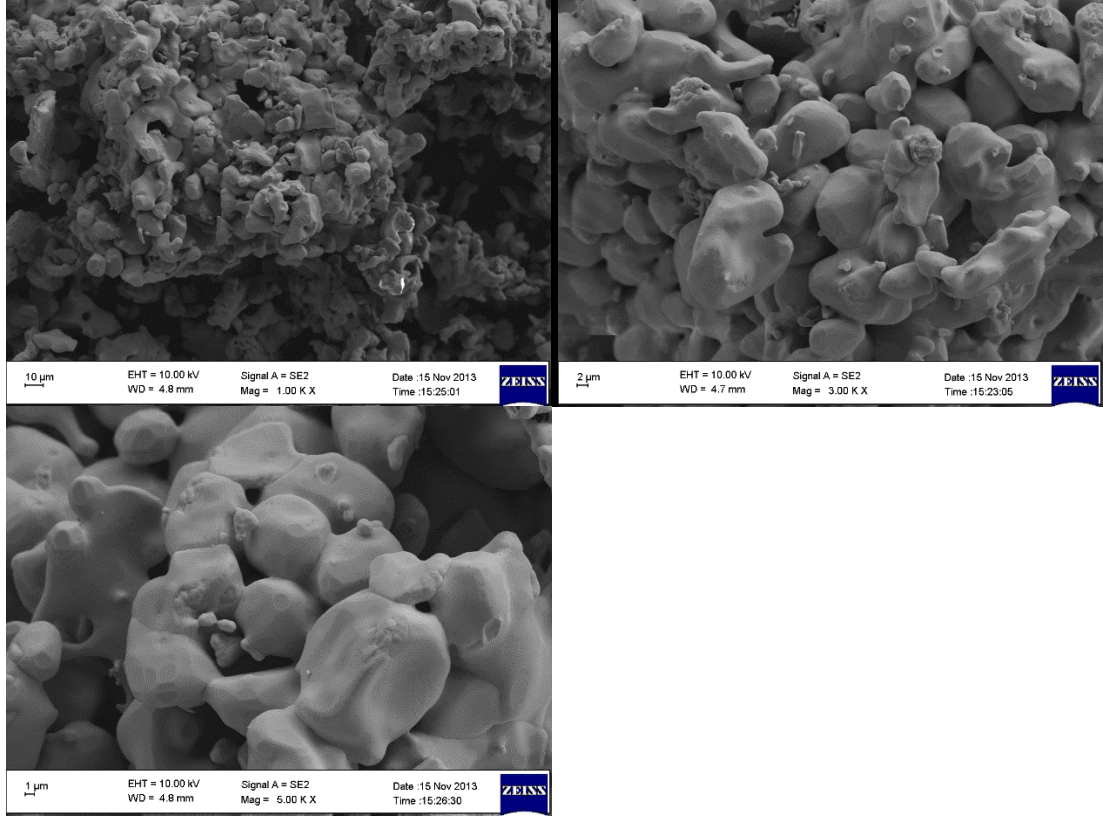
#### 4.1.1.3. Hidrotermal yöntemle hazırlanan $\text{Sr}_2\text{CaWO}_6:\text{Eu}^{3+}$ ışıldarının SEM-EDX analizleri

$\text{Sr}_2\text{CaWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarının EDX grafiği Şekil 4.4’de verilmiştir. EDX ölçümleri 0-20 keV aralığında yapılmıştır. Yapılan analizde Ca, Sr, O, W ve Eu elementlerinin yapıda bulunduğu tespit edilmiştir. Bu da XRD sonuçları ile birlikte öngörülen yapının oluştuğunu kanıtlamaktadır. Malzemeler platin kaplanarak analiz edildiği için Pt elementinin varlığı da gözlenmektedir.



Şekil 4.4.  $\text{Sr}_2\text{CaWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarının EDX grafiği.

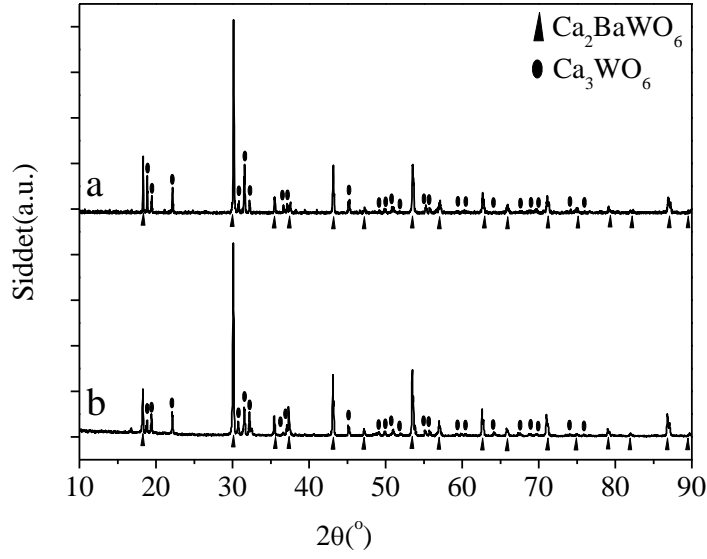
$\text{Sr}_2\text{CaWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarına ait SEM görüntüleri Şekil 4.5’de verilmektedir. SEM görüntülerinden taneciklerin serbest halde olmayıp, topaklanma oluştuğu gözlenmiştir. Tanecik boyutu dağılımı homojen olmayıp 2-20  $\mu\text{m}$  aralığındadır.



Şekil 4.5.  $\text{Sr}_2\text{CaWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarına ait SEM görüntüleri

#### 4.1.1.4. $\text{Ca}_2\text{BaWO}_6$ konut fazının yapı analizi

$\text{Ca}_2\text{BaWO}_6$  konutunun tanımlama çalışmaları Winxpow paket programıyla gerçekleştirilmiştir. Ölçülen XRD spektrumu Şekil 4.6’da; toz deseni verileri de Çizelge 4.3’de verilmektedir. Toz deseni daha önce yapılmış olan çalışmada monoklinik olarak kısmen indislenebilmiştir [19]. Analizi yapılan toz desenlerinde,  $\text{Ca}_2\text{BaWO}_6$  (JCPDS no: 18-0164) yapısının yanında  $\text{Ca}_3\text{WO}_6$  (JCPDS no: 22-0541) yapısının da oluştuğu belirlenmiştir. Malzemenin kristal sistemi kübik; uzay grubu,  $\text{Fm}\bar{3}\text{m}$  ve hücre parametreleri de  $a=b=c=8.380 \text{ \AA}$  ve  $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$  olarak verilmektedir.



Şekil 4.6. a) Katı hal yöntemi ile b) Hidrotermal yöntem ile sentezlenen  $\text{Ca}_2\text{BaWO}_6$  konut fazının X-ışını toz deseni (JCPDS no: 18-0164;  $\text{Ca}_3\text{WO}_6$  JCPDS no: 22-0541).

Çizelge 4.3.  $\text{Ca}_2\text{BaWO}_6$  konut fazının XRD verileri (JCPDS no: 18-0164).

2θ	Şiddet	h	k	l	2θ	Şiddet	h	k	l	2θ	Şiddet	h	k	l
18,33	10	1	1	1	53,55	60	4	2	2	79,12	10	4	4	4
30,12	100	2	2	0	57,15	10	5	1	1	82,34	5	7	1	1
35,48	5	3	1	1	62,67	40	4	4	0	86,92	50	6	4	2
37,16	5	2	2	2	65,94	5	5	3	1	89,90	5	7	3	1
43,18	40	4	0	0	71,13	40	6	2	0					
47,27	5	3	3	1	74,95	5	6	2	2					

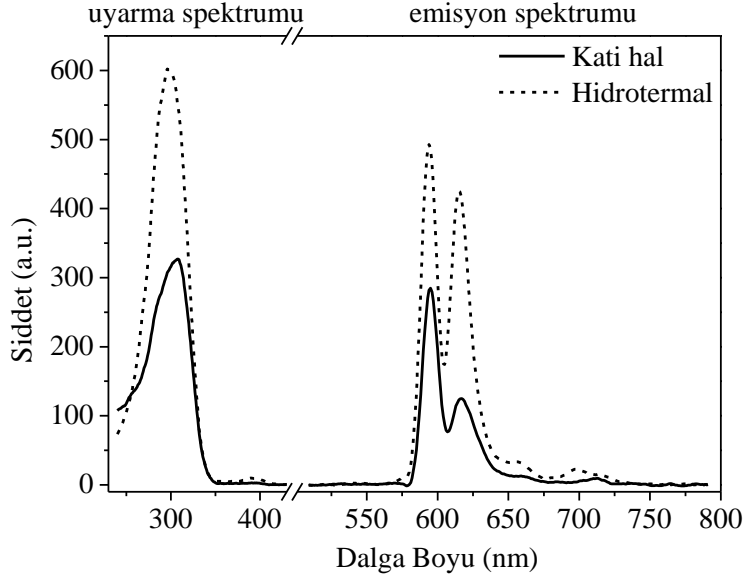
#### 4.1.1.5. $\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Ln}$ (Ln: $\text{Eu}^{3+}$ , $\text{Dy}^{3+}$ ) ışıldarlarının fotolüminesans çalışmaları

##### $\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Eu}^{3+}$ ışıldarının fotolüminesans çalışmaları

$\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarının uyarma spektrumu Şekil 4.7’de verilmektedir. Uyarma spektrumunda 308 nm’de geniş uyarma bandı gözlenmektedir. 308 nm’de gözlenen bu şiddetli ve geniş uyarma bandı konut kristalin yük transfer geçişine karşılık gelmektedir. Ayrıca  $\text{Eu}^{3+}-\text{O}^{2-}$  arasındaki yük transfer geçişine bantlar ve  $\text{Eu}^{3+}$  aktivatör iyonunun  ${}^7\text{F}_0 \rightarrow {}^5\text{L}_j$  ( $j=0-6$ ) geçişlerine ait bantlar bu geniş uyarma bandı altında kalmaktadır.

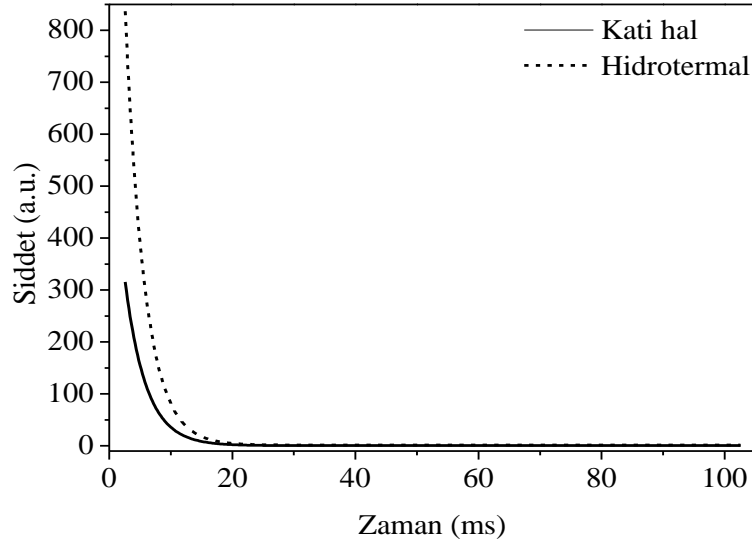


$\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarının ışımaya spektrumunda 595 ve 616 nm’de gözlenen şiddetli ışımaya bantları  $\text{Eu}^{3+}$  iyonlarının  $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_1$  ve  $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_2$  geçişlerine aittir. Ayrıca 650-750 nm arasında gözlenen ışımaya bantları ise  $\text{Eu}^{3+}$  iyonlarının  $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_j$  ( $j=3, 4$ ) geçişlerini göstermektedir [22].



Şekil 4.7. Katı hal ve hidrotermal yöntem ile hazırlanmış  $\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumları.

Işıldar faza ait sönüm eğrileri Şekil 4.8’de verilmektedir. Sönüm eğrilerinden elde edilen verilere göre katı hal yöntemi ve hidrotermal yöntemle hazırlanan ışıldar fazın sönüm süreleri ( $\tau$ ) sırasıyla 3.39 ve 3.15 ms olduğu belirlenmiştir.

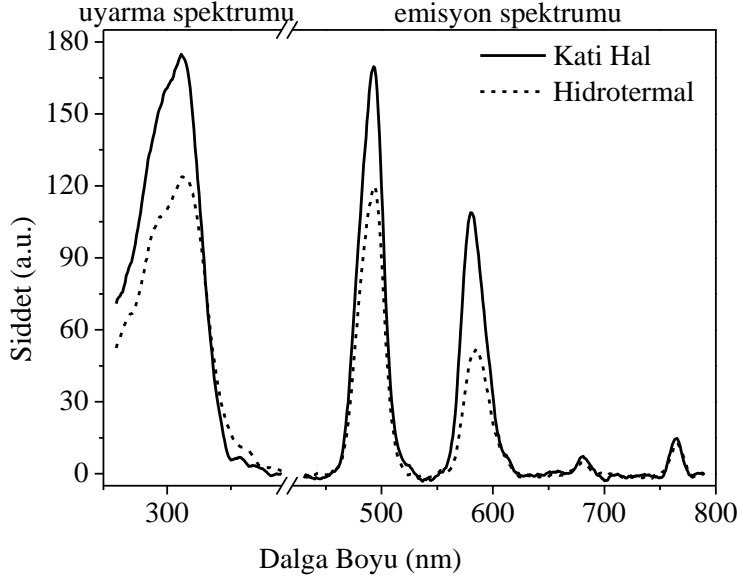


Şekil 4.8. Katı hal ve hidrotermal yöntem ile hazırlanmış  $\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarlarının sönüm eğrileri.

#### *$\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Dy}^{3+}$ ışıldarının fotolüminesans çalışmaları*

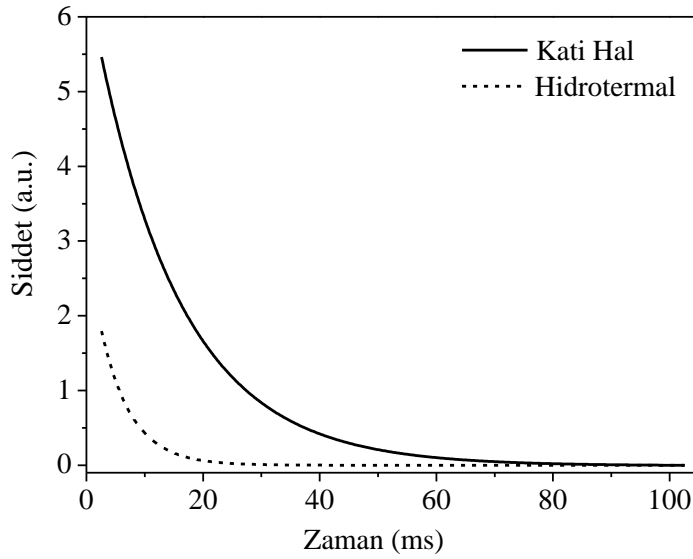
$\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Dy}^{3+}$  ışıldarlarının uyarma ve ışımaya spektrumu Şekil 4.9'da verilmektedir. Uyarma spektrumunda 310 nm'de geniş uyarma bandı gözlenmektedir. Bu şiddetli ve geniş uyarma bandı konut kristalin yük transfer geçişine karşılık gelmektedir. Ayrıca  $\text{Dy}^{3+}-\text{O}^{2-}$  arasındaki yük transfer geçişine ait bantlar ve  $\text{Dy}^{3+}$  aktivatör iyonunun  ${}^6\text{H}_{15/2} \rightarrow {}^4\text{M}_{17/2}$ , geçişine ait bantlar bu geniş uyarma bandı altında kalmaktadır. Ayrıca  ${}^6\text{H}_{15/2} \rightarrow {}^4\text{M}_{15/2}$  ve  ${}^6\text{H}_{15/2} \rightarrow {}^6\text{P}_{7/2}$  geçişlerine ait uyarma bandı 357 nm'de ve  ${}^6\text{H}_{15/2} \rightarrow {}^4\text{I}_{11/2}$  geçişine ait uyarma bandı ise 370 nm'de düşük şiddetli olarak gözlenmektedir.

$\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Dy}^{3+}$  ışıldarının ışımaya spektrumunda 594 ve 616 nm'de gözlenen şiddetli ışımaya bantları  $\text{Dy}^{3+}$  iyonlarının  ${}^4\text{F}_{9/2} \rightarrow {}^6\text{H}_{15/2}$  ve  ${}^4\text{F}_{9/2} \rightarrow {}^6\text{H}_{13/2}$  geçişlerine aittir. Ayrıca 650-800 nm arasında gözlenen düşük şiddetli ışımaya bantları ise  $\text{Dy}^{3+}$  iyonlarının  ${}^4\text{F}_{9/2} \rightarrow {}^6\text{H}_j$  ( $j=11/2, 9/2$ ) geçişlerine aittir [41].



Şekil 4.9. Katı hal ve hidrotermal yöntem ile hazırlanmış  $\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Dy}^{3+}$  ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumları.

İşıldar faza ait sönüm eğrileri Şekil 4.10'da verilmektedir. Sönüm eğrilerinden elde edilen verilere göre katı hal yöntemi ve hidrotermal yöntemle hazırlanan ışıldar fazın sönüm süreleri ( $\tau$ ) sırasıyla 14.65 ve 5.19 ms olduğu belirlenmiştir.



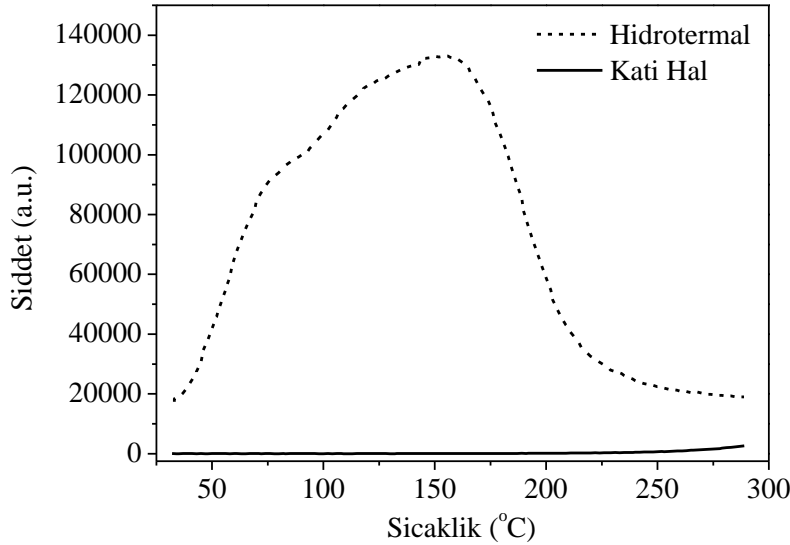
Şekil 4.10. Katı hal ve hidrotermal yöntem ile hazırlanmış  $\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Dy}^{3+}$  ışıldarının sönüm eğrileri

#### 4.1.1.6. $\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Dy}^{3+}$ ışıldarının termolüminesans çalışmaları

$\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Dy}^{3+}$  ışıldarı 5 dk  $\beta$ -ışını ile uyarıldıktan sonra 25-400 °C aralığında termolüminesans (TL) ölçümleri yapılmıştır. Katı hal yöntemi ile sentezlenen ışıldarda ışıma gözlenmezken hidrotermal yöntem ile sentezlenen ışıldar şiddetli ışıma yaptığı gözlenmektedir (Şekil 4.11). Yapılan ölçümde bant maksimum sıcaklığı 155 °C olarak belirlenmiştir. Elde edilen verilerden pik biçimi yöntemiyle aktivasyon enerjisi ( $E_{\text{ort}}$ ), frekans faktörü (s) ve kinetik mertebesi (b) hesaplanarak Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4.  $\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Dy}^{3+}$  ışıldarının termolüminesans verileri.

<b>b</b>	<b><math>E_{\tau}</math> (eV)</b>	<b><math>E_{\delta}</math> (eV)</b>	<b><math>E_{\omega}</math> (eV)</b>	<b><math>E_{\text{ort}}</math> (eV)</b>	<b>s</b>
2	0,087	0,204	0,147	0,146	0,009

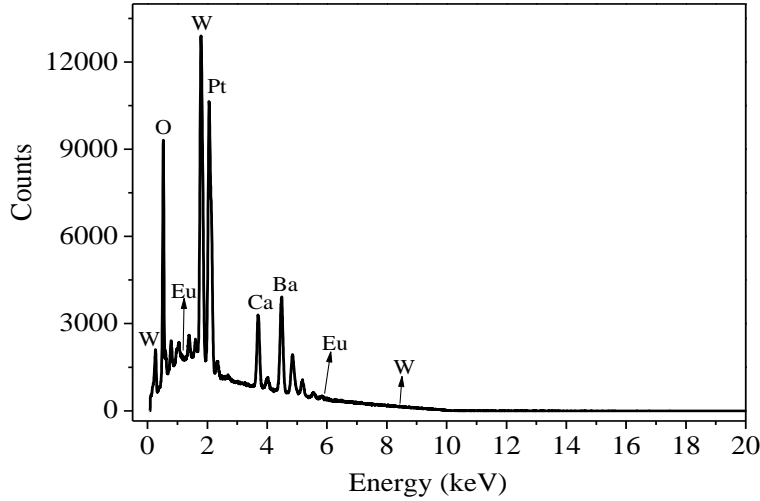


Şekil 4.11. Katı hal ve hidrotermal yöntem ile hazırlanmış  $\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Dy}^{3+}$  ışıldarının termolüminesans eğrisi.

#### 4.1.1.7. Hidrotermal yöntemle hazırlanan $\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Ln}$ (Ln: $\text{Eu}^{3+}$ , $\text{Dy}^{3+}$ ) ışıldarlarının SEM-EDX analizleri

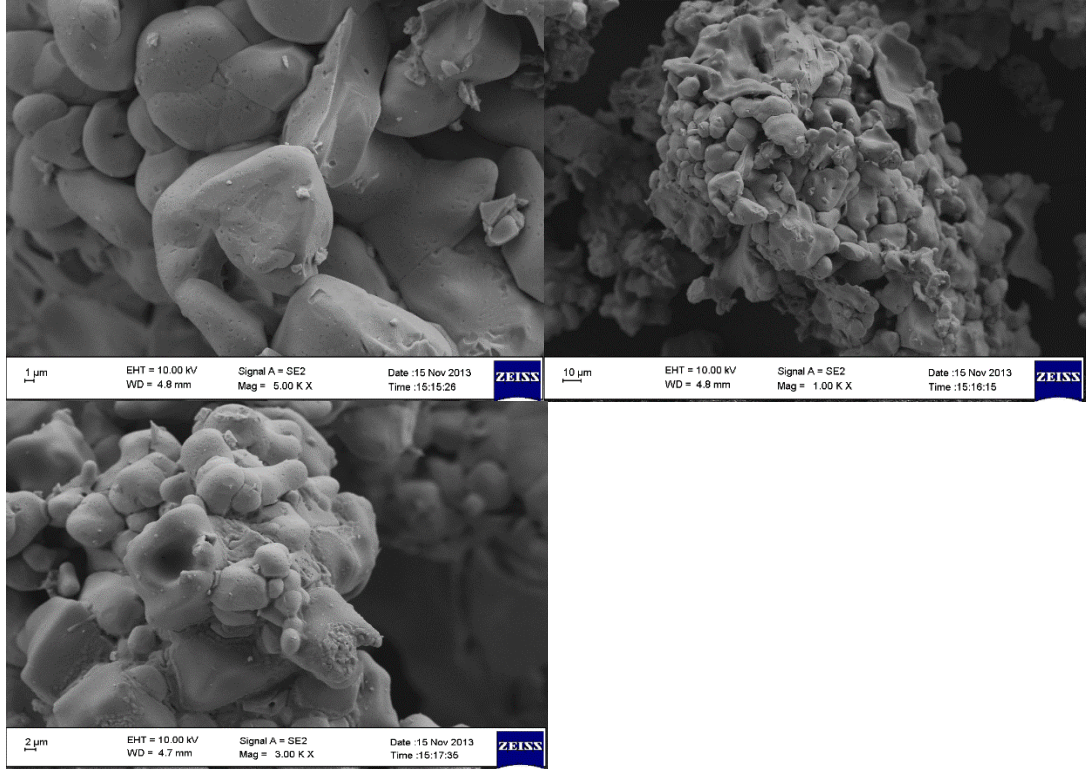
##### $\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Eu}^{3+}$ ışıldarının SEM-EDX analizleri

$\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarının EDX grafiği Şekil 4.12’de verilmiştir. EDX ölçümleri 0-20 keV aralığında yapılmıştır. Yapılan analizde Ca, Ba, O, W ve Eu elementlerinin yapıda bulunduğu tespit edilmiştir. Bu da XRD sonuçları ile birlikte öngörülen yapının oluştuğunu kanıtlamaktadır. Malzemeler platin kaplanarak analiz edildiği için Pt elementinin varlığı da gözlenmektedir.



Şekil 4.12.  $\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarının EDX grafiği.

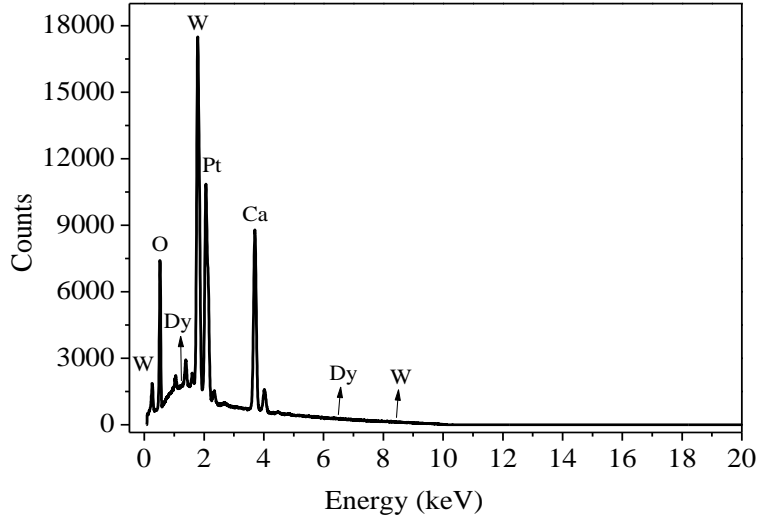
$\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarına ait SEM görüntüleri Şekil 4.13’de verilmektedir. SEM görüntülerinden taneciklerin bir kısmının serbest halde olduğu, bir kısmının da topaklandığı gözlenmiştir. Serbest tanecikler için, tanecik boyutu dağılımı homojen olmayıp 2-16  $\mu\text{m}$  aralığındadır.



Şekil 4.13.  $\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarına ait SEM görüntüleri

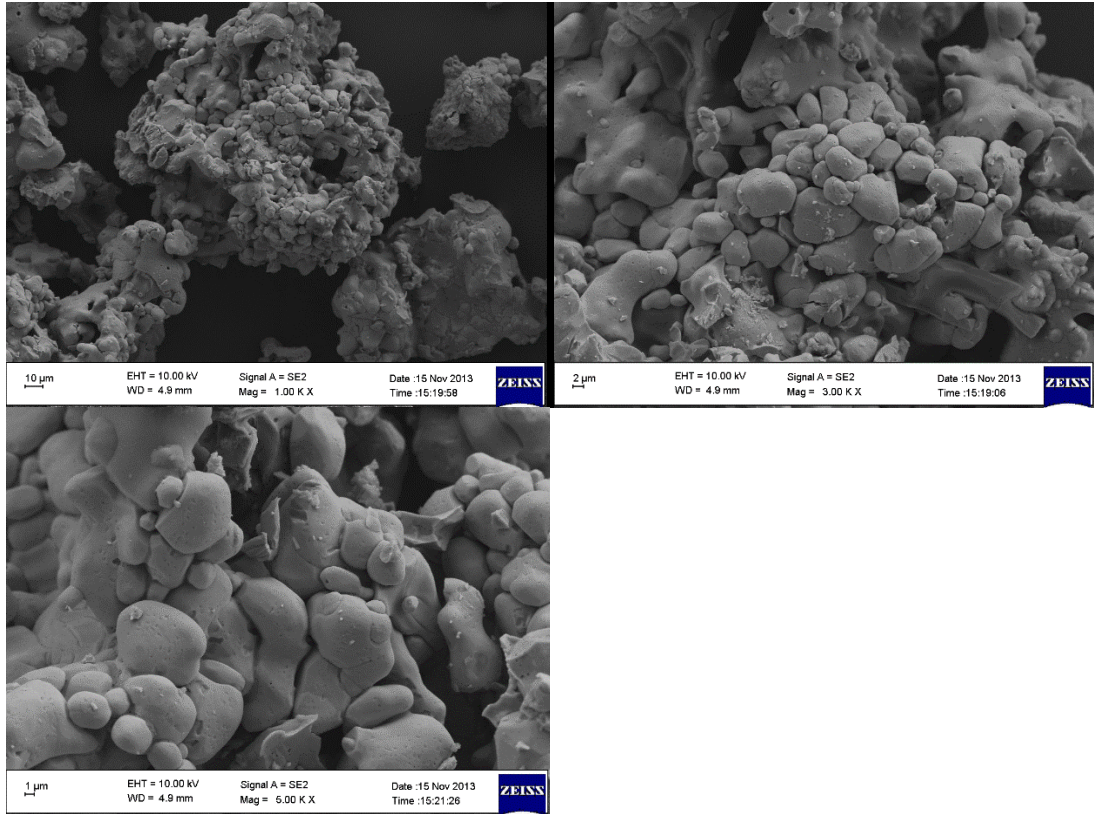
#### *$\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Dy}^{3+}$ ışıldarının SEM-EDX analizleri*

$\text{Ca}_2\text{BaWO}_6:\text{Dy}^{3+}$  ışıldarının EDX grafiği Şekil 4.14'de verilmiştir. EDX ölçümleri 0-20 keV aralığında yapılmıştır. Yapılan analizde Ca, O, W ve Dy elementlerinin yapıda bulunduğu tespit edilmiştir. Ancak Ba elementine rastlanmamıştır. Buna karşın XRD sonuçları yapının oluştuğunu kanıtlamaktadır. Malzemeler platin kaplanarak analiz edildiği için Pt elementinin varlığı da gözlenmektedir.



Şekil 4.14. Ca<sub>2</sub>BaWO<sub>6</sub>:Dy<sup>3+</sup> ışıldarının EDX grafiği.

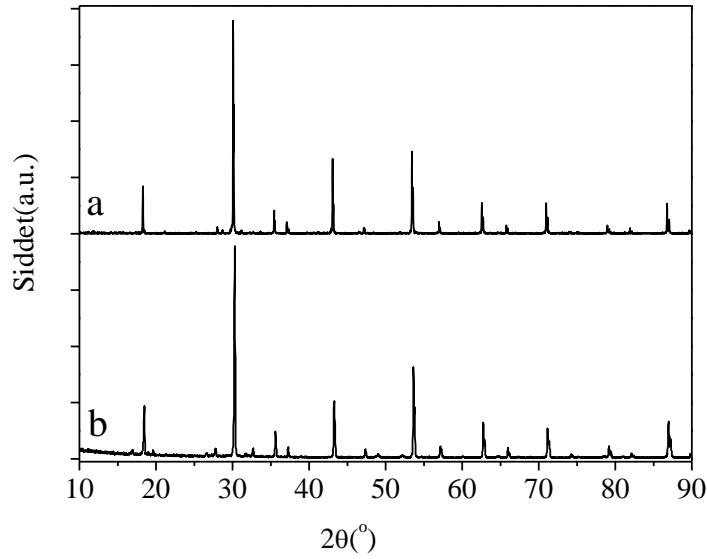
Ca<sub>2</sub>BaWO<sub>6</sub>:Dy<sup>3+</sup> ışıldarına ait SEM görüntüleri Şekil 4.15’de verilmektedir. SEM görüntülerinden taneciklerin bir kısmının serbest halde olduğu, bir kısmının da topaklandığı gözlenmiştir. Serbest tanecikler için, tanecik boyutu dağılımı homojen olmayıp 2-8 µm aralığındadır.



Şekil 4.15. Ca<sub>2</sub>BaWO<sub>6</sub>:Dy<sup>3+</sup> ışıldarına ait SEM görüntüleri.

#### 4.1.1.8. Ba<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub> konut fazının yapı analizi

Ba<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub> konutunun tanımlama çalışmaları Winxpow paket programıyla gerçekleştirilmiştir. Ölçülen XRD spektrumu Şekil 4.16'da; toz deseni verileri de Çizelge 4.5'de verilmektedir. Analizi yapılan toz deseninin Ba<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub> (JCPDS no: 22-0509) yapısına ait olduğu belirlenmiştir. Malzemenin kristal sistemi kübik; uzay grubu, Fm $\bar{3}$ m (225) ve hücre parametreleri de a=b=c=8.384 Å ve  $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$  olarak verilmektedir.



Şekil 4.16. a) Katı hal yöntemi ile b) Hidrotermal yöntem ile sentezlenen Ba<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub> konut fazının X-ışını toz deseni (JCPDS no: 22-0509)

Çizelge 4.5. Ba<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub> konut fazının XRD verileri (JCPDS no: 22-0509).

2θ	Şiddet	h	k	l	2θ	Şiddet	h	k	l	2θ	Şiddet	h	k	l
18,28	25	1	1	1	47,23	4	3	3	1	71,05	16	6	2	0
30,06	100	2	2	0	53,51	40	4	2	2	79,08	6	4	4	4
35,48	10	3	1	1	57,01	6	5	1	1	86,86	14	6	4	2
37,1	4	2	2	2	62,63	16	4	4	0					
43,12	30	4	0	0	65,86	4	5	3	1					

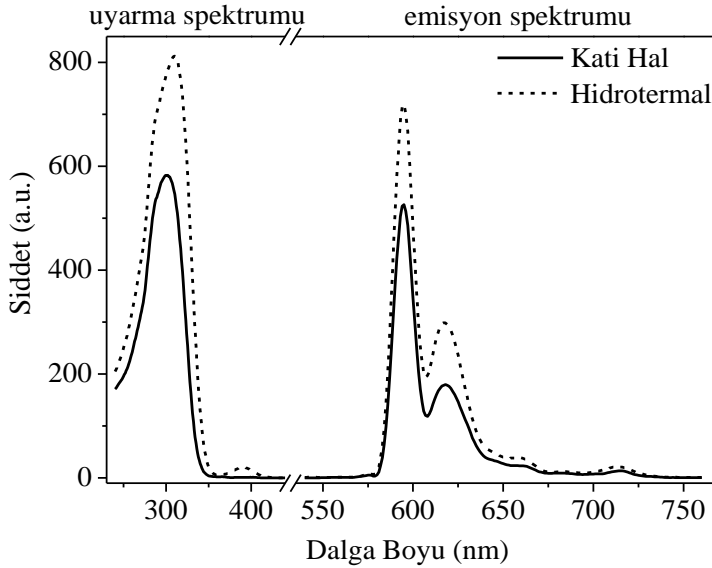


#### 4.1.1.9. Ba<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub>:Ln (Ln: Eu<sup>3+</sup>, Dy<sup>3+</sup>) ışıldarlarının fotolüminesans çalışmaları

##### Ba<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub>:Eu<sup>3+</sup> ışıldarının fotolüminesans çalışmaları

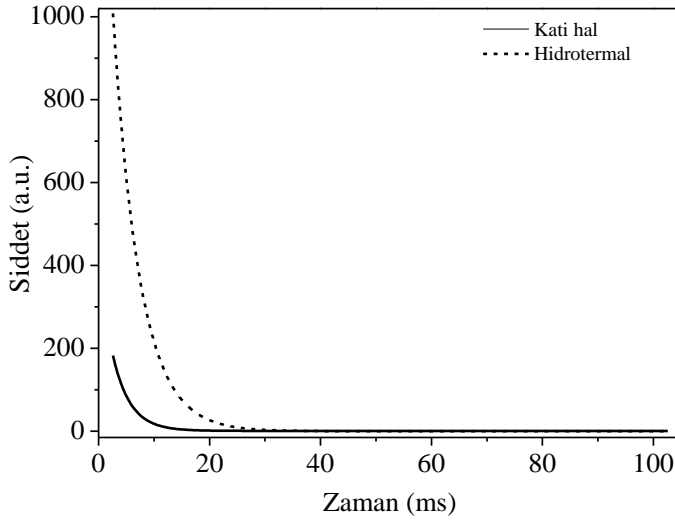
Ba<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub>:Eu<sup>3+</sup> ışıldarının uyarma spektrumu Şekil 4.17’de verilmektedir. Uyarma spektrumunda 300 nm’de geniş uyarma bandı gözlenmektedir. 300 nm’de gözlenen bu şiddetli ve geniş uyarma bandı konut kristalin yük transfer geçişine karşılık gelmektedir. Ayrıca Eu<sup>3+</sup>-O<sup>2-</sup> arasındaki yük transfer geçişine ait bantlar ve Eu<sup>3+</sup> aktivatör iyonunun <sup>7</sup>F<sub>0</sub>→<sup>5</sup>L<sub>j</sub> (j=0-5) geçişlerine ait bantlar bu geniş uyarma bandı altında kalmaktadır. 395 nm’deki uyarma bandı da Eu<sup>3+</sup> aktivatör iyonunun <sup>7</sup>F<sub>0</sub>→<sup>5</sup>L<sub>6</sub> geçişine aittir.

Ba<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub>:Eu<sup>3+</sup> ışıldarının ışımaya spektrumunda 595 ve 617 nm’de gözlenen şiddetli ışımaya bantları Eu<sup>3+</sup> iyonlarının <sup>5</sup>D<sub>0</sub>→<sup>7</sup>F<sub>1</sub> ve <sup>5</sup>D<sub>0</sub>→<sup>7</sup>F<sub>2</sub> geçişlerine aittir. Ayrıca 650-750 nm arasında gözlenen ışımaya bantları ise Eu<sup>3+</sup> iyonlarının <sup>5</sup>D<sub>0</sub>→<sup>7</sup>F<sub>j</sub> (j=3, 4) geçişlerini göstermektedir [22].



Şekil 4.17. Katı hal ve hidrotermal yöntem ile hazırlanmış Ba<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub>:Eu<sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumları.

İşıldar faza ait sönüm eğrileri Şekil 4.18’de verilmektedir. Sönüm eğrilerinden elde edilen verilere göre katı hal yöntemi ve hidrotermal yöntemle hazırlanan ışıldar fazın sönüm süreleri ( $\tau$ ) sırasıyla 3.13 ve 4.79 ms olduğu belirlenmiştir.

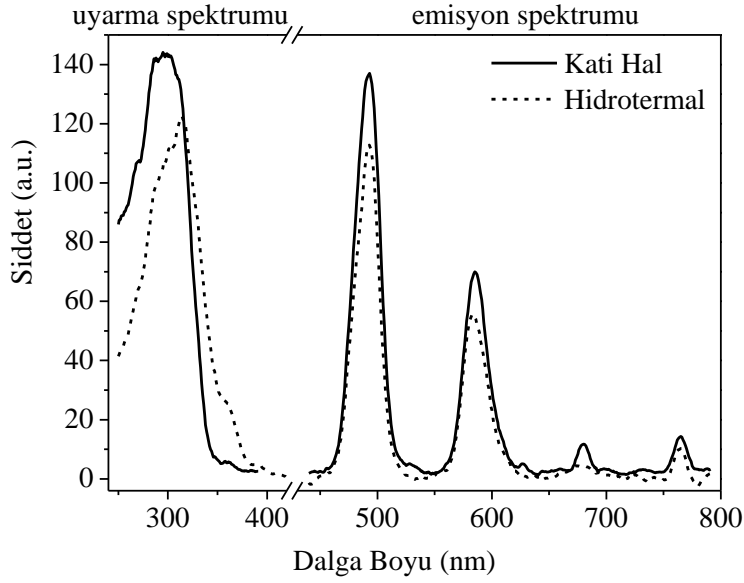


Şekil 4.18. Katı hal ve hidrotermal yöntem ile hazırlanmış  $Ba_2CaWO_6:Eu^{3+}$  ışıldarının sönüm eğrileri.

#### *$Ba_2CaWO_6:Dy^{3+}$ ışıldarının fotolüminesans çalışmaları*

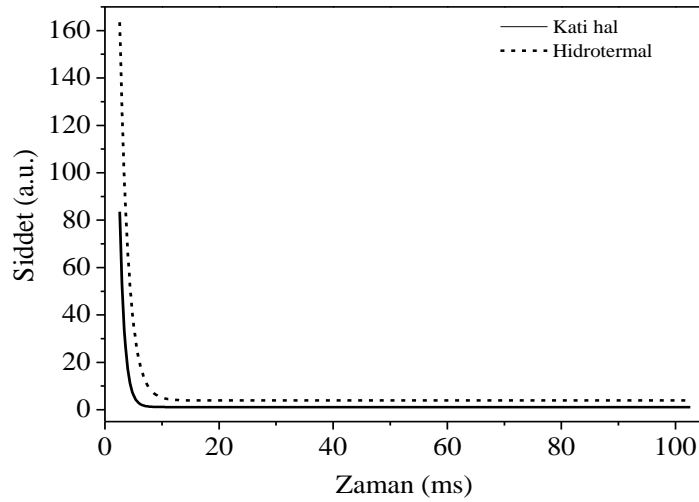
Katı hal yöntemi ve hidrotermal yöntemle sentezlenmiş  $Ba_2CaWO_6:Dy^{3+}$  ışıldarlarının uyarma ve ışımaya spektrumu Şekil 4.19'da verilmektedir. Uyarma spektrumunda katı hal yöntemi ile sentezlenen malzeme için 298 nm'de, hidrotermal yöntem ile sentezlenen malzeme için 316 nm'de geniş uyarma bantları gözlenmektedir. Bu şiddetli ve geniş uyarma bantları konut kristalin yük transfer geçişine karşılık gelmektedir. Ayrıca  $Dy^{3+}-O^{2-}$  arasındaki yük transfer geçişine ait bantlar ve  $Dy^{3+}$  aktivatör iyonunun  ${}^6H_{15/2} \rightarrow {}^4M_{17/2}$ , geçişine ait bantlar bu geniş uyarma bandı altında kalmaktadır.  $Dy^{3+}$  iyonunun  ${}^6H_{15/2} \rightarrow {}^4M_{15/2}$  ve  ${}^6H_{15/2} \rightarrow {}^6P_{7/2}$  geçişlerine ait uyarma bandı 360 nm'de gözlenmektedir.

$Ba_2CaWO_6:Dy^{3+}$  ışıldarının ışımaya spektrumunda 492 ve 585 nm'de gözlenen şiddetli ışımaya bantları  $Dy^{3+}$  iyonlarının  ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{15/2}$  ve  ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{13/2}$  geçişlerine aittir. Ayrıca 650-800 nm arasında gözlenen düşük şiddetli ışımaya bantları ise  $Dy^{3+}$  iyonlarının  ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_j$  ( $j=11/2, 9/2$ ) geçişlerine aittir [41].



Şekil 4.19. Katı hal ve hidrotermal yöntem ile hazırlanmış Ba<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub>:Dy<sup>3+</sup> uyarma ve ışımaya spektrumları.

İşıldar faza ait sönüm eğrileri Şekil 4.20’de verilmektedir. Sönüm eğrilerinden elde edilen verilere göre katı hal yöntemi ve hidrotermal yöntemle hazırlanan ışıldar fazın sönüm süreleri ( $\tau$ ) sırasıyla 0.86 ve 1.51 ms olduğu belirlenmiştir.

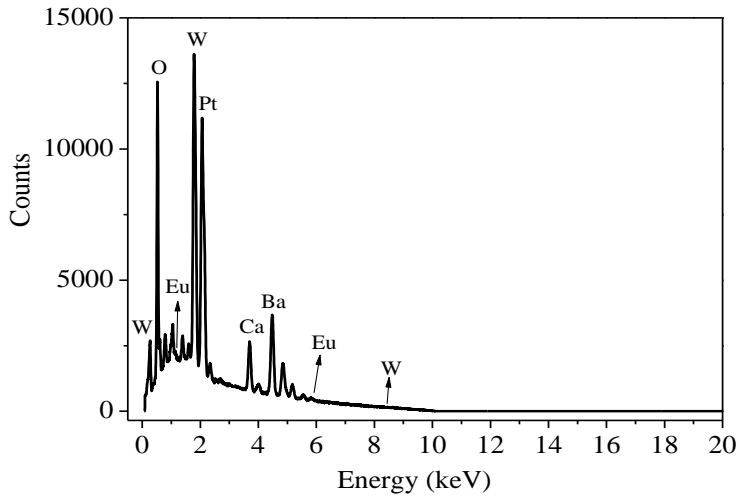


Şekil 4.20. Katı hal ve hidrotermal yöntem ile hazırlanmış Ba<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub>:Dy<sup>3+</sup> ışıldarının sönüm eğrileri.

#### 4.1.1.10. Hidrotermal yöntemle hazırlanan $Ba_2CaWO_6:Ln$ ( $Ln: Eu^{3+}, Dy^{3+}$ ) ışıldarlarının SEM-EDX analizleri

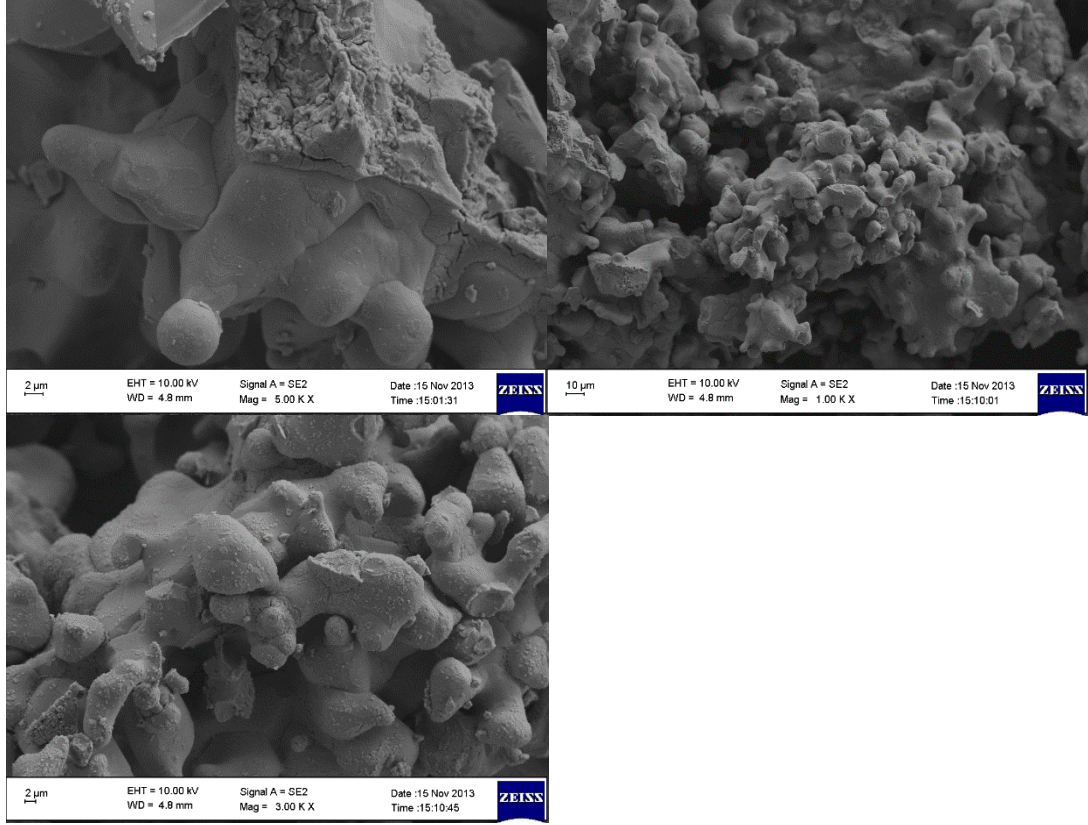
##### $Ba_2CaWO_6:Eu^{3+}$ ışıldarının SEM-EDX analizleri

$Ba_2CaWO_6:Eu^{3+}$  ışıldarının EDX grafiği Şekil 4.21’de verilmiştir. EDX ölçümleri 0-20 keV aralığında yapılmıştır. Yapılan analizde Ca, Ba, O, W ve Eu elementlerinin yapıda bulunduğu tespit edilmiştir. Bu da XRD sonuçları ile birlikte öngörülen yapının oluştuğunu kanıtlamaktadır. Malzemeler platin kaplanarak analiz edildiği için Pt elementinin varlığı da gözlenmektedir.



Şekil 4.21.  $Ba_2CaWO_6:Eu^{3+}$  ışıldarının EDX grafiği.

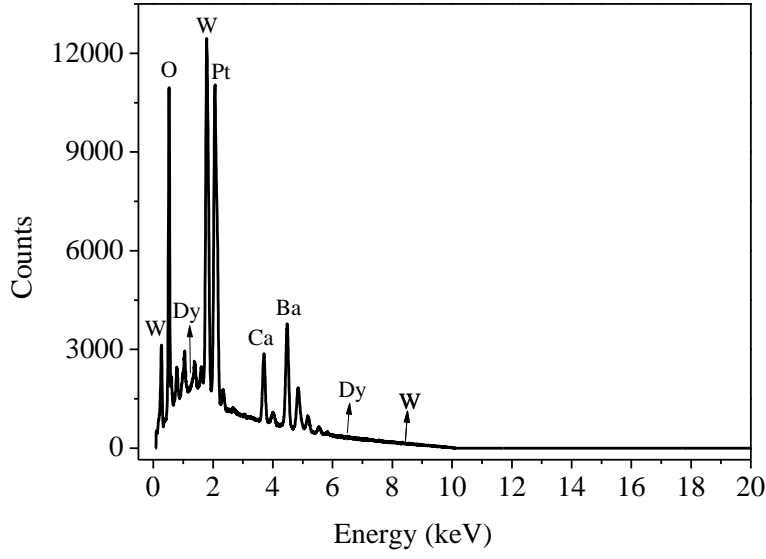
$Ba_2CaWO_6:Eu^{3+}$  ışıldarına ait SEM görüntüleri Şekil 4.22’de verilmektedir. SEM görüntülerinden topaklanma oluştuğu ve taneciklerin serbest halde olmadıkları anlaşılmaktadır. Tanecik boyutu dağılımı homojen olmayıp 2-30  $\mu m$  aralığındadır.



Şekil 4.22.  $Ba_2CaWO_6:Eu^{3+}$  ışıldarına ait SEM görüntüleri.

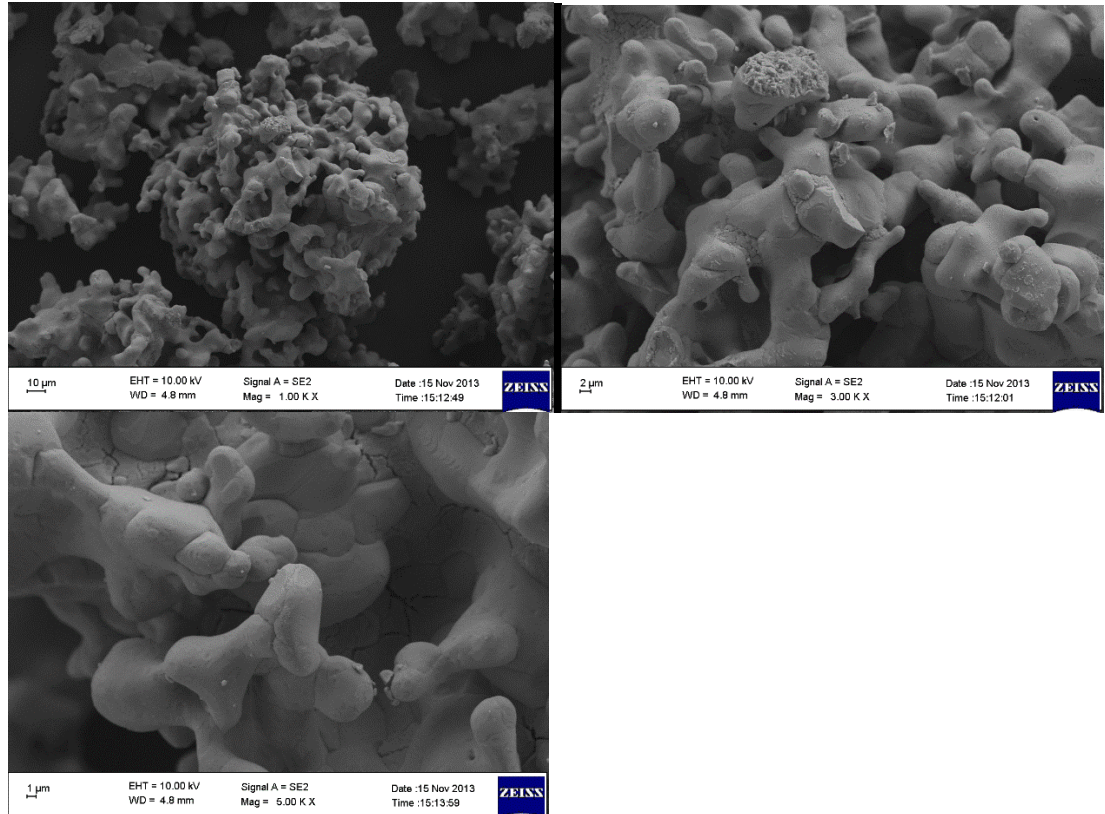
#### *$Ba_2CaWO_6:Dy^{3+}$ ışıldarının SEM-EDX analizleri*

$Ba_2CaWO_6:Dy^{3+}$  ışıldarının EDX grafiği Şekil 4.23’de verilmiştir. EDX ölçümleri 0-20 keV aralığında yapılmıştır. Yapılan analizde Ca, Ba, O, W ve Dy elementlerinin yapıda bulunduğu tespit edilmiştir. Bu da XRD sonuçları ile birlikte öngörülen yapının oluştuğunu kanıtlamaktadır. Malzemeler platin kaplanarak analiz edildiği için Pt elementinin varlığı da gözlenmektedir.



Şekil 4.23. Ba<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub>:Dy<sup>3+</sup> ışıldarının EDX grafiği.

Ba<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub>:Dy<sup>3+</sup> ışıldarına ait SEM görüntüleri Şekil 4.24’de verilmektedir. SEM görüntülerinden taneciklerin serbest halde olmayıp, topaklanma olduğu gözlenmiştir. Tanecik boyutu dağılımı homojen olmayıp 2-16 µm aralığındadır.

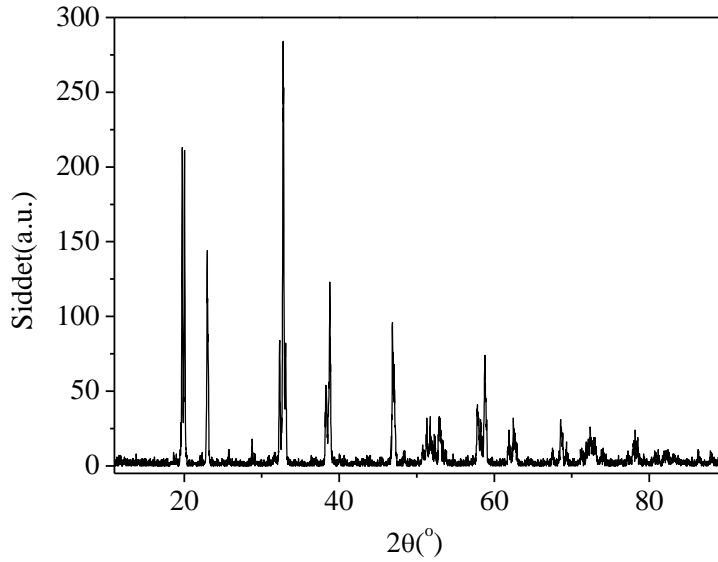


Şekil 4.24. Ba<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub>:Dy<sup>3+</sup> ışıldarına ait SEM görüntüleri.

#### 4.1.2. $\text{Ca}_2\text{MgWO}_6:\text{Ln}$ , $\text{Sr}_2\text{MgWO}_6:\text{Ln}'$ , $\text{Ba}_2\text{MgWO}_6:\text{Ln}''$ (Ln: $\text{Eu}^{3+}$ , $\text{Dy}^{3+}$ ; Ln': $\text{Eu}^{3+}$ , $\text{Dy}^{3+}$ , $\text{Pr}^{3+}$ , $\text{Tb}^{3+}$ ; Ln'': $\text{Eu}^{3+}$ , $\text{Pr}^{3+}$ ) Işıldarlarını Tanımlama Çalışmaları

##### 4.1.2.1. $\text{Ca}_2\text{MgWO}_6$ konut fazının yapı analizi

$\text{Ca}_2\text{MgWO}_6$  konutunun tanımlama çalışmaları Winxpow paket programıyla gerçekleştirilmiştir. Ölçülen XRD spektrumu Şekil 4.25'de; toz deseni verileri de Çizelge 4.6'da verilmektedir. Analizi yapılan toz deseninin  $\text{Ca}_2\text{MgWO}_6$  (JCPDS no: 48-0108) yapısına ait olduğu belirlenmiştir. Malzemenin kristal sistemi ortorombik; uzay grubu, Pmm2 (25) ve hücre parametreleri de  $a=7.71$   $b=5.41$   $c=5.54$  Å ve  $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$  olarak verilmektedir.



Şekil 4.25.  $\text{Ca}_2\text{MgWO}_6$  konut fazının X-ışını toz deseni (JCPDS no: 48-0108).

Çizelge 4.6.  $\text{Ca}_2\text{MgWO}_6$  konut fazının XRD verileri (JCPDS no: 48-0108).

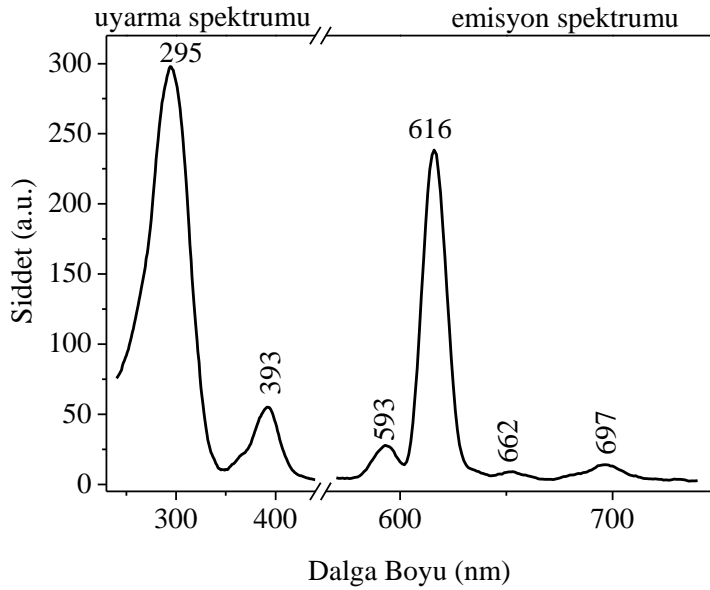
2θ	Şiddet	h	k	l	2θ	Şiddet	h	k	l	2θ	Şiddet	h	k	l
19,76	60	1	0	1	46,84	45	0	2	2	62,44	11	5	0	1
20,03	52	1	1	0	50,83	3	1	0	3	68,54	18	4	2	2
22,97	57	0	1	1	50,77	10	3	1	2	69,35	4	0	4	0
25,67	3	1	1	1	51,28	6	3	2	1	71,28	3	1	1	4
32,32	25	0	0	2	51,80	6	0	1	3	72,10	6	2	0	4
32,74	100	2	1	1	52,90	14	4	1	1	72,40	8	1	4	1
33,04	26	0	2	0	57,76	14	2	1	3	73,02	3	1	3	3
38,27	18	1	1	2	58,18	8	4	0	2	78,19	10	2	3	3
38,56	10	3	0	1	58,80	24	4	2	0					
38,77	35	3	1	0	61,83	6	3	0	3					

#### 4.1.2.2. $\text{Ca}_2\text{MgWO}_6:\text{Ln}$ (Ln: $\text{Eu}^{3+}$ , $\text{Dy}^{3+}$ ) ışıldarlarının fotoluminesans çalışmaları

##### $\text{Ca}_2\text{MgWO}_6:\text{Eu}^{3+}$ ışıldarının fotoluminesans çalışmaları

$\text{Ca}_2\text{MgWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarının uyarma spektrumu Şekil 4.26.'da verilmektedir. Uyarma spektrumunda 295 nm'de gözlenen şiddetli ve geniş uyarma bandı konut karistalin yük transfer geçişine karşılık gelmektedir.  $\text{Eu}^{3+}-\text{O}^{2-}$  arasındaki yük transfer geçişine bantlar ve  $\text{Eu}^{3+}$  aktivatör iyonunun  ${}^7\text{F}_0 \rightarrow {}^5\text{L}_j$  ( $j=0-5$ ) geçişlerine ait bantlar bu geniş uyarma bandı altında kalmaktadır. 393 nm'deki uyarma bandı da  $\text{Eu}^{3+}$  aktivatör iyonunun  ${}^7\text{F}_0 \rightarrow {}^5\text{L}_6$  geçişine aittir.

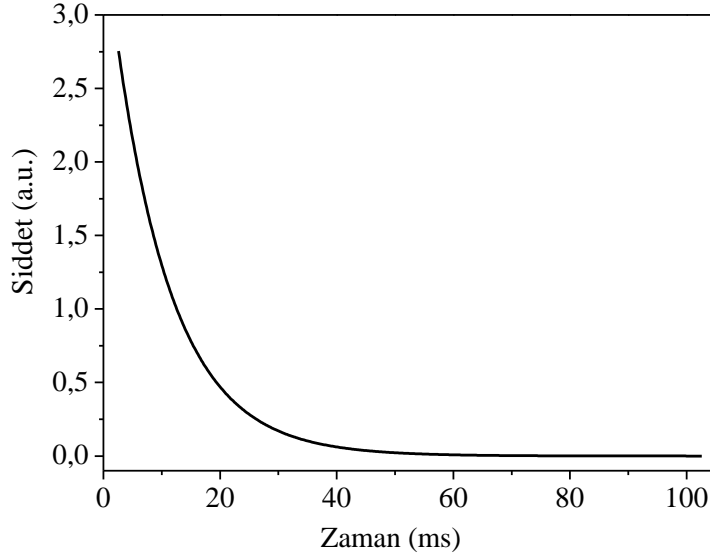
$\text{Ca}_2\text{MgWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarının ışımada spektrumunda 593, 616, 662 ve 697 nm'de dört ışımada bandı görülmektedir. En şiddetlisi 616 nm'de  ${}^5\text{D}_1 \rightarrow {}^7\text{F}_2$  geçişine ait olan bu ışımada bantları  $\text{Eu}^{3+}$  iyonlarının  ${}^5\text{D}_1 \rightarrow {}^7\text{F}_j$  ( $j=1-4$ ) geçişlerine karşılık gelmektedir [22].



Şekil 4.26.  $\text{Ca}_2\text{MgWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarının uyarma ve ışımada spektrumu

Işıldar faza ait sönüm eğrisi Şekil 4.27'de verilmektedir. Sönüm eğrisinden elde edilen verilere göre ışıldar fazın sönüm süresinin ( $\tau$ ) 9.84 ms olduğu belirlenmiştir.



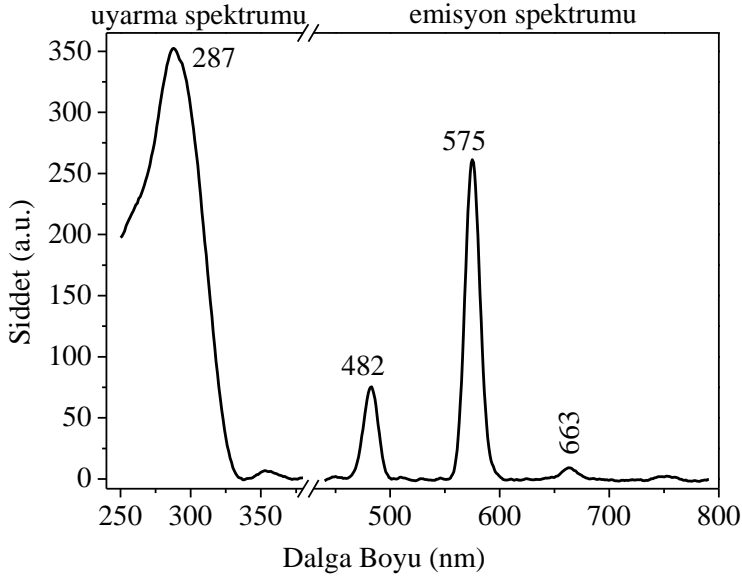


Şekil 4.27.  $\text{Ca}_2\text{MgWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarının sönüm eğrisi.

#### *$\text{Ca}_2\text{MgWO}_6:\text{Dy}^{3+}$ ışıldarının fotolüminesans çalışmaları*

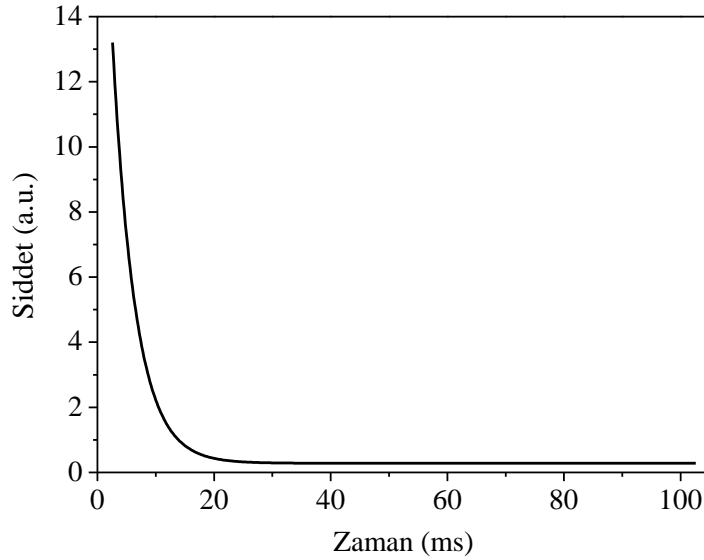
$\text{Ca}_2\text{MgWO}_6:\text{Dy}^{3+}$  ışıldarlarının uyarma ve ışımaya spektrumu Şekil 4.28'de verilmektedir. Uyarma spektrumunda 287 nm'de geniş uyarma bandı gözlenmektedir. Bu şiddetli ve geniş uyarma bantları konut kristalin yük transfer geçişine karşılık gelmektedir. Ayrıca  $\text{Dy}^{3+}-\text{O}^{2-}$  arasındaki yük transfer geçişine ait bantlar ve  $\text{Dy}^{3+}$  aktivatör iyonunun  ${}^6\text{H}_{15/2} \rightarrow {}^4\text{M}_{17/2}$ , geçişine ait bantlar bu geniş uyarma bandı altında kalmaktadır.  $\text{Dy}^{3+}$  iyonunun  ${}^6\text{H}_{15/2} \rightarrow {}^4\text{M}_{15/2}$  ve  ${}^6\text{H}_{15/2} \rightarrow {}^6\text{P}_{7/2}$  geçişlerine ait uyarma bandı 355 nm'de gözlenmektedir.

$\text{Ca}_2\text{MgWO}_6:\text{Dy}^{3+}$  ışıldarının ışımaya spektrumunda 482 ve 575 nm'de gözlenen şiddetli ışımaya bantları  $\text{Dy}^{3+}$  iyonlarının  ${}^4\text{F}_{9/2} \rightarrow {}^6\text{H}_{15/2}$  ve  ${}^4\text{F}_{9/2} \rightarrow {}^6\text{H}_{13/2}$  geçişlerine aittir. Ayrıca 650-800 nm arasında gözlenen düşük şiddetli ışımaya bantları ise  $\text{Dy}^{3+}$  iyonlarının  ${}^4\text{F}_{9/2} \rightarrow {}^6\text{H}_j$  ( $j=11/2, 9/2$ ) geçişlerine aittir [41].



Şekil 4.28. Ca<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Dy<sup>3+</sup> ışıldarlarının uyarma ve ışımaya spektrumu.

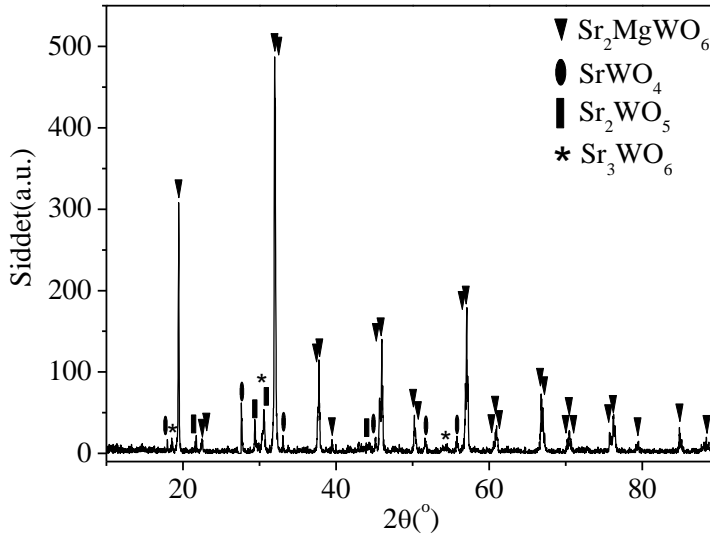
Işıldar faza ait sönüm eğrisi Şekil 4.29’da verilmektedir. Sönüm eğrisinden elde edilen verilere göre ışıldar fazın sönüm süresinin ( $\tau$ ) 3.90 ms olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.29. Ca<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Dy<sup>3+</sup> ışıldarlarının sönüm eğrisi.

#### 4.1.2.3. Sr<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub> konut fazının yapı analizi

Sr<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub> konutunun tanımlama çalışmaları Winxpow paket programıyla gerçekleştirilmiştir. Ölçülen XRD spektrumu Şekil 4.30'da; toz deseni verileri de Çizelge 4.7'de verilmektedir. Analizi yapılan toz deseninde Sr<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub> (JCPDS no: 74-8160) yapısının yanında SrWO<sub>4</sub> (JCPDS no: 08-0490), Sr<sub>2</sub>WO<sub>5</sub> (JCPDS no: 25-0810) ve Sr<sub>3</sub>WO<sub>6</sub> (JCPDS no: 28-1259) yapılarına ait piklerin varlığı gözlenmiştir. PDF kartında referans alınan ve literatürde yapılmış olan çalışmada da karışım elde edilmiştir [13]. Malzemenin kristal sistemi tetragonal; uzay grubu, I4/m ve hücre parametreleri de a=b=5.587 c=7.949 Å ve α=β=γ=90° olarak verilmektedir.



Şekil 4.30. Sr<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub> konut fazının X-ışını toz deseni (JCPDS no: 74-8160).

Çizelge 4.7. Sr<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub> konut fazının XRD verileri (JCPDS no: 74-8160).

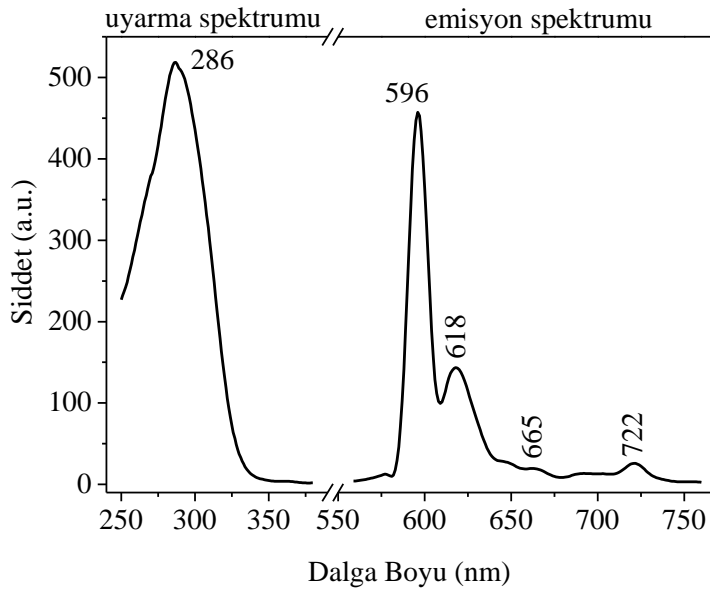
2θ	Şiddet	h	k	l	2θ	Şiddet	h	k	l	2θ	Şiddet	h	k	l
19,44	61	1	0	1	45,98	29	2	2	0	67,02	7	4	0	0
22,36	2	0	0	2	50,22	10	1	2	3	70,19	3	1	2	5
22,48	3	1	1	0	50,38	5	3	0	1	70,35	3	2	3	3
31,96	100	1	1	2	56,92	18	2	0	4	70,46	3	4	1	1
32,04	60	2	0	0	57,10	34	3	1	2	75,72	6	1	1	6
37,63	12	1	0	3	60,57	3	1	0	5	76,27	9	3	3	2
37,76	23	1	2	1	60,80	3	3	0	3	79,51	2	4	1	3
39,47	2	2	0	2	60,97	5	2	3	1	84,87	6	4	0	4
45,68	16	0	0	4	66,80	15	2	2	4	88,36	2	5	0	1

#### 4.1.2.4. $\text{Sr}_2\text{MgWO}_6:\text{Ln}$ (Ln: $\text{Eu}^{3+}$ , $\text{Dy}^{3+}$ , $\text{Pr}^{3+}$ , $\text{Tb}^{3+}$ ) ışıldarlarının fotolüminesans çalışmaları

##### $\text{Sr}_2\text{MgWO}_6:\text{Eu}^{3+}$ ışıldarının fotolüminesans çalışmaları

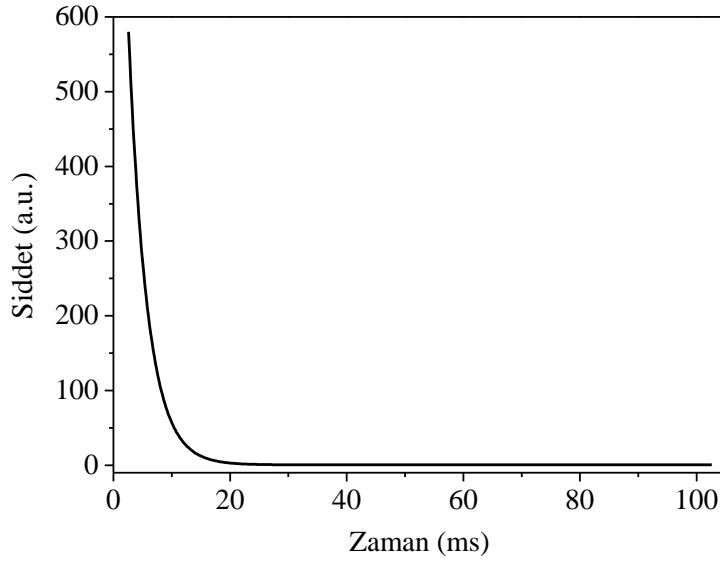
$\text{Sr}_2\text{MgWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarının uyarma spektrumu Şekil 4.31’de verilmektedir. Uyarma spektrumunda 286 nm’de gözlenen şiddetli ve geniş uyarma bandı konut karistalin yük transfer geçişine karşılık gelmektedir.  $\text{Eu}^{3+}-\text{O}^{2-}$  arasındaki yük transfer geçişine bantlar ve  $\text{Eu}^{3+}$  aktivatör iyonunun  ${}^7\text{F}_0 \rightarrow {}^5\text{L}_j$  ( $j=0-5$ ) geçişlerine ait bantlar bu geniş uyarma bandı altında kalmaktadır.

$\text{Sr}_2\text{MgWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarının ışımaya spektrumunda 596, 618, 665 ve 722 nm’de dört ışımaya bandı görülmektedir. En şiddetlisi 596 nm’de  ${}^5\text{D}_1 \rightarrow {}^7\text{F}_1$  geçişine ait olan bu ışımaya bantları  $\text{Eu}^{3+}$  iyonlarının  ${}^5\text{D}_1 \rightarrow {}^7\text{F}_j$  ( $j=1-4$ ) geçişlerine karşılık gelmektedir [22].



Şekil 4.31.  $\text{Sr}_2\text{MgWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu.

Işıldar faza ait sönüm eğrisi Şekil 4.32’de verilmektedir. Sönüm eğrisinden elde edilen verilere göre ışıldar fazın sönüm süresinin ( $\tau$ ) 3.17 ms olduğu belirlenmiştir.

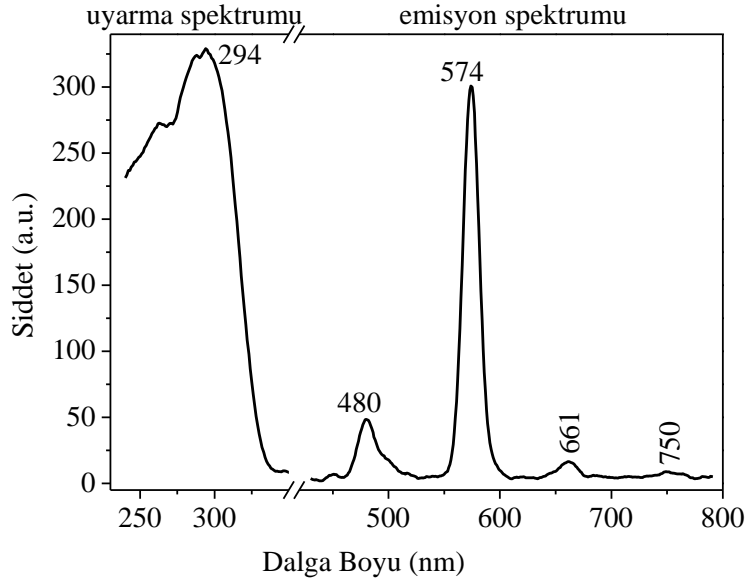


Şekil 4.32.  $Sr_2MgWO_6:Eu^{3+}$  ışıldarının sönüm eğrisi.

#### *$Sr_2MgWO_6:Dy^{3+}$ ışıldarının fotolüminesans çalışmaları*

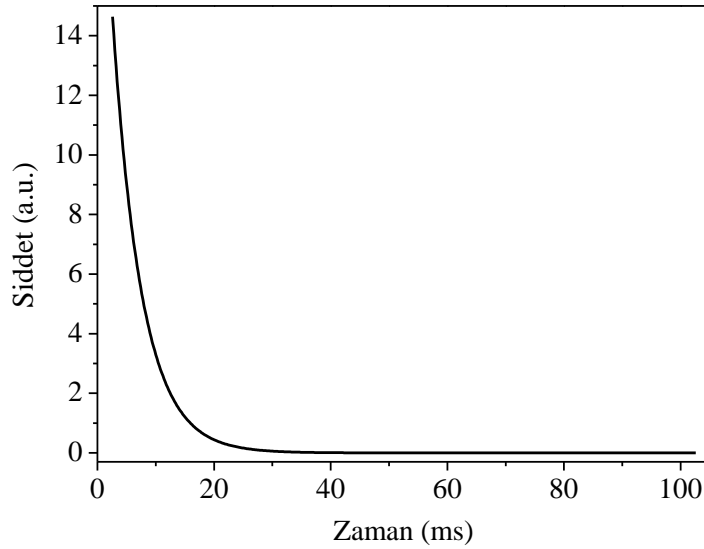
$Sr_2MgWO_6:Dy^{3+}$  ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu Şekil 4.33.'de verilmektedir. Uyarma spektrumunda 294 nm'de geniş uyarma bandı gözlenmektedir. Bu şiddetli ve geniş uyarma bantları konut kristalin yük transfer geçişine karşılık gelmektedir. Ayrıca  $Dy^{3+}-O^{2-}$  arasındaki yük transfer geçişine ait bantlar ve  $Dy^{3+}$  aktivatör iyonunun  ${}^6H_{15/2} \rightarrow {}^4M_{17/2}$ ,  ${}^6H_{15/2} \rightarrow {}^4M_{15/2}$  ve  ${}^6H_{15/2} \rightarrow {}^6P_{7/2}$  geçişlerine ait bantlar bu geniş uyarma bandı altında kalmaktadır.

$Sr_2MgWO_6:Dy^{3+}$  ışıldarının ışımaya spektrumunda 480 ve 574 nm'de gözlenen şiddetli ışımaya bantları  $Dy^{3+}$  iyonlarının  ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{15/2}$  ve  ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{13/2}$  geçişlerine aittir. Ayrıca 650-800 nm arasında gözlenen düşük şiddetli ışımaya bantları ise  $Dy^{3+}$  iyonlarının  ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_j$  ( $j=11/2, 9/2$ ) geçişlerine aittir [41].



Şekil 4.33. Sr<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Dy<sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışıma spektrumu.

Işıldar faza ait sönüm eğrisi Şekil 4.34’de verilmektedir. Sönüm eğrisinden elde edilen verilere göre ışıldar fazın sönüm süresinin ( $\tau$ ) 4.97 ms olduğu belirlenmiştir.

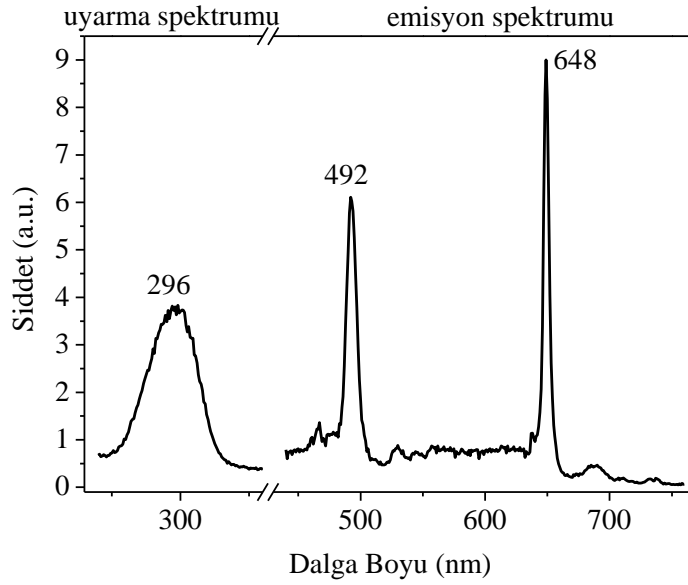


Şekil 4.34. Sr<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Dy<sup>3+</sup> ışıldarının sönüm eğrisi.

### $Sr_2MgWO_6:Pr^{3+}$ ışıldarının fotolüminesans çalışmaları

$Sr_2MgWO_6:Pr^{3+}$  ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu Şekil 4.35'de verilmektedir. Uyarma spektrumunda 296 nm'de geniş uyarma bandı gözlenmektedir. Bu şiddetli ve geniş uyarma bandı  $W^{6+}-O^{2-}$  arasındaki yük transfer geçişine aittir.

$Sr_2MgWO_6:Pr^{3+}$  ışıldarının ışımaya spektrumunda 492 ve 648 nm'de gözlenen şiddetli ışımaya bantları  $Pr^{3+}$  iyonlarının  $^3P_0 \rightarrow ^3H_4$  ve  $^3P_0 \rightarrow ^3F_2$  geçişlerine aittir. Bu 2 şiddetli bantın yanı sıra 467 nm'de  $^3P_0 \rightarrow ^3H_6$ , 637 ve 690 nm'de  $^1D_2 \rightarrow ^3H_j$  ( $j=4,5$ ) geçişlerine ait bantlar gözlenmektedir [42].

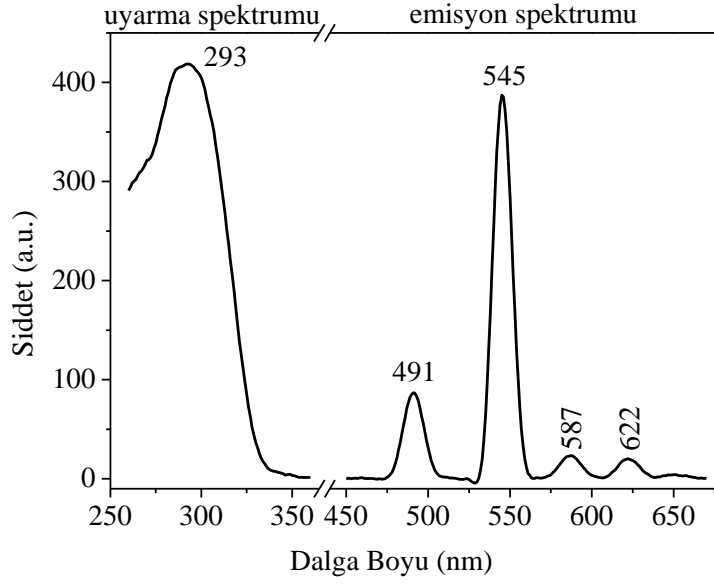


Şekil 4.35.  $Sr_2MgWO_6:Pr^{3+}$  ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu.

### $Sr_2MgWO_6:Tb^{3+}$ ışıldarının fotolüminesans çalışmaları

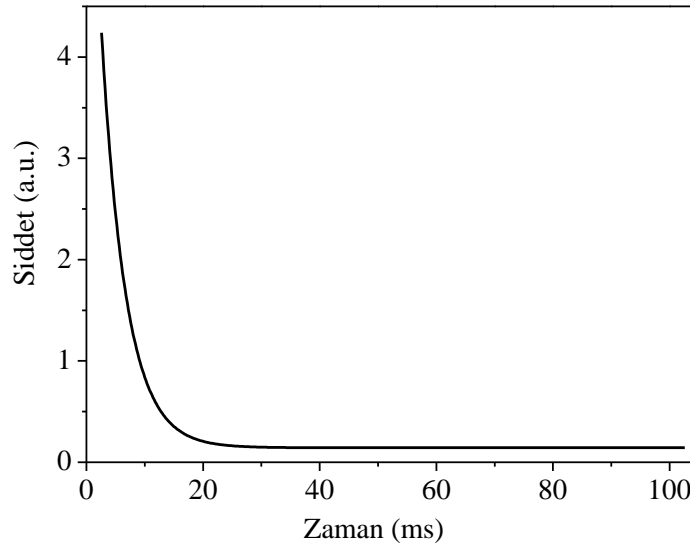
$Sr_2MgWO_6:Tb^{3+}$  ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu Şekil 4.36'da verilmektedir. Uyarma spektrumunda 293 nm'de geniş uyarma bandı gözlenmektedir. Bu şiddetli ve geniş uyarma bantları konut kristalin yük transfer geçişine ve  $Tb^{3+}$  iyonunun  $4f \rightarrow 5d$  geçişine karşılık gelmektedir.

$Sr_2MgWO_6:Tb^{3+}$  ışıldarının ışımaya spektrumunda 491 ve 545 nm'de gözlenen şiddetli ışımaya bantları  $Tb^{3+}$  iyonlarının  $^5D_4 \rightarrow ^7F_6$  ve  $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$  geçişlerine aittir. Ayrıca 587 ve 622 nm'de gözlenen düşük şiddetli ışımaya bantları ise  $Tb^{3+}$  iyonlarının  $^5D_4 \rightarrow ^7F_j$  ( $j=4, 3$ ) geçişlerine aittir [43].



Şekil 4.36. Sr<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Tb<sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu.

Işıldar faza ait sönüm eğrisi Şekil 4.37’de verilmektedir. Sönüm eğrisinden elde edilen verilere göre ışıldar fazın sönüm süresinin ( $\tau$ ) 4.17 ms olduğu belirlenmiştir.

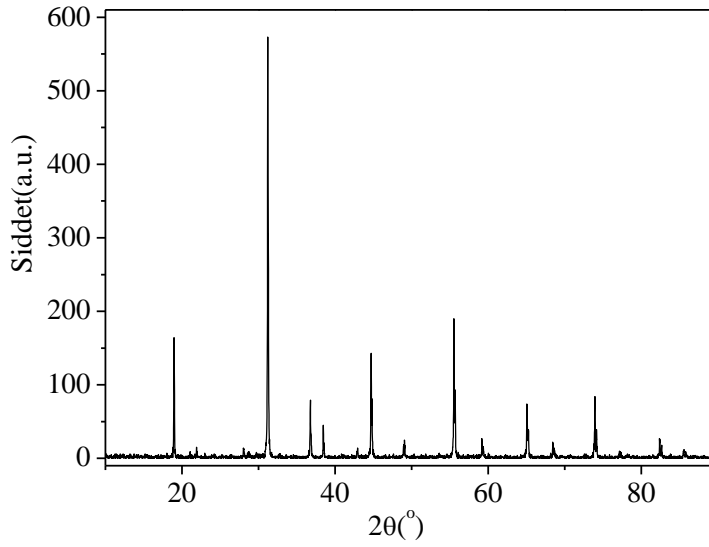


Şekil 4.37. Sr<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Tb<sup>3+</sup> ışıldarının sönüm eğrisi.



#### 4.1.2.5. Ba<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub> konut fazının yapı analizi

Ba<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub> konutunun tanımlama çalışmaları Winxpow paket programıyla gerçekleştirilmiştir. Ölçülen XRD spektrumu Şekil 4.38’de; toz deseni verileri de Çizelge 4.8’de verilmektedir. Analizi yapılan toz deseninin Ba<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub> (JCPDS no: 73-2404) yapısına ait olduğu belirlenmiştir. Malzemenin kristal sistemi kübik; uzay grubu, Fm $\bar{3}$ m ve hücre parametreleri de a=b=c=8.112 Å ve  $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$  olarak verilmektedir.



Şekil 4.38. Ba<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub> konut fazının X-ışını toz deseni (JCPDS no: 73-2404).

Çizelge 4.8. Ba<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub> konut fazının XRD verileri (JCPDS no: 73-2404).

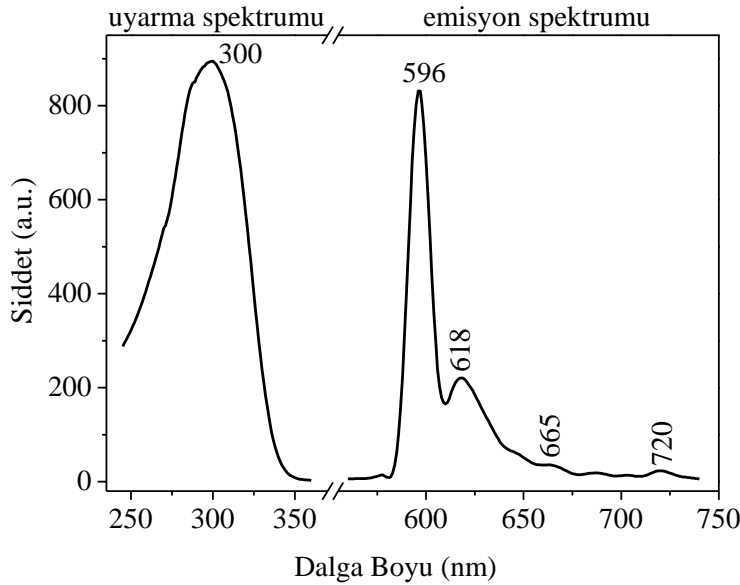
2θ	Şiddet	h	k	l	2θ	Şiddet	h	k	l	2θ	Şiddet	h	k	l
18,95	32	1	1	1	49,08	4	3	3	1	73,94	12	6	2	0
31,20	100	2	2	0	55,51	32	4	2	2	82,39	4	4	4	4
36,78	13	3	1	1	59,18	5	5	1	1	85,58	2	5	5	1
38,46	5	2	2	2	65,06	14	4	4	0					
44,70	27	4	0	0	68,44	4	5	3	1					

#### 4.1.2.6. Ba<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Ln (Ln: Eu<sup>3+</sup>, Pr<sup>3+</sup>) ışıldarlarının fotolüminesans çalışmaları

##### Ba<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Eu<sup>3+</sup> ışıldarının fotolüminesans çalışmaları

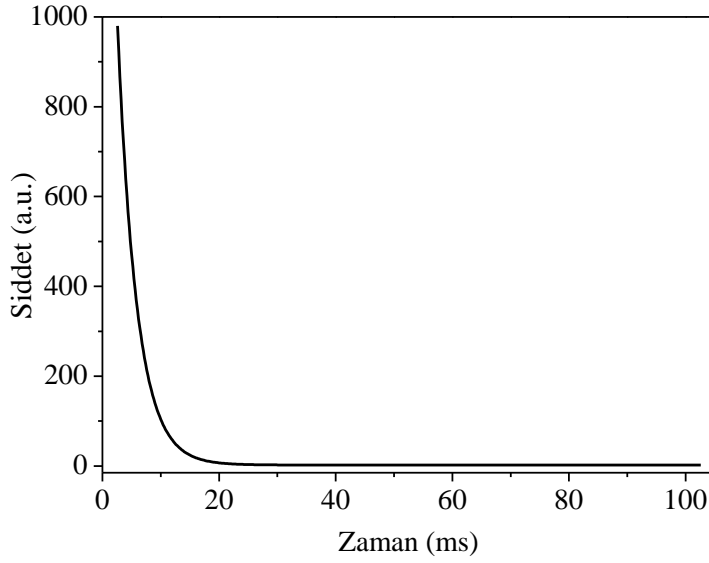
Ba<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Eu<sup>3+</sup> ışıldarının uyarma spektrumu Şekil 4.39’da verilmektedir. Uyarma spektrumunda 300 nm’de gözlenen şiddetli ve geniş uyarma bandı konut karistalin yük transfer geçişine karşılık gelmektedir. Eu<sup>3+</sup>-O<sup>2-</sup> arasındaki yük transfer geçişine bantlar ve Eu<sup>3+</sup> aktivatör iyonunun <sup>7</sup>F<sub>0</sub>→<sup>5</sup>L<sub>j</sub> (j=0-5) geçişlerine ait bantlar bu geniş uyarma bandı altında kalmaktadır.

Ba<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Eu<sup>3+</sup> ışıldarının ışımaya spektrumunda 596, 618, 665 ve 720 nm’de dört ışımaya bandı görülmektedir. En şiddetlisi 596 nm’de <sup>5</sup>D<sub>1</sub>→<sup>7</sup>F<sub>1</sub> geçişine ait olan bu ışımaya bantları Eu<sup>3+</sup> iyonlarının <sup>5</sup>D<sub>1</sub>→<sup>7</sup>F<sub>j</sub> (j=1-4) geçişlerine karşılık gelmektedir [22].



Şekil 4.39. Ba<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Eu<sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu.

İşıldar faza ait sönüm eğrisi Şekil 4.40’da verilmektedir. Sönüm eğrisinden elde edilen verilere göre ışıldar fazın sönüm süresinin ( $\tau$ ) 3.27 ms olduğu belirlenmiştir.

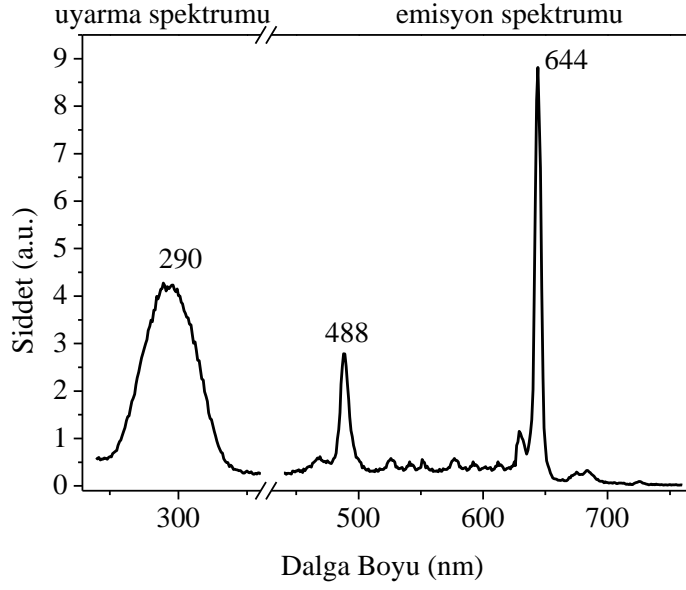


Şekil 4.40.  $Ba_2MgWO_6:Eu^{3+}$  ışıldarının sönüm eğrisi.

#### *$Ba_2MgWO_6:Pr^{3+}$ ışıldarının fotolüminesans çalışmaları*

$Ba_2MgWO_6:Pr^{3+}$  ışıldarlarının uyarma ve ışımaya spektrumu Şekil 4.41'de verilmektedir. Uyarma spektrumunda 290 nm'de geniş uyarma bandı gözlenmektedir. Bu şiddetli ve geniş uyarma bandı  $W^{6+}-O^{2-}$  arasındaki yük transfer geçişine aittir.

$Ba_2MgWO_6:Pr^{3+}$  ışıldarının ışımaya spektrumunda 488 ve 644 nm'de gözlenen şiddetli ışımaya bantları  $Pr^{3+}$  iyonlarının  $^3P_0 \rightarrow ^3H_4$  ve  $^3P_0 \rightarrow ^3F_2$  geçişlerine aittir. Bu iki şiddetli bantın yanı sıra 467 nm'de  $^3P_0 \rightarrow ^3H_6$ , 630 ve 684 nm'de  $^1D_2 \rightarrow ^3H_j$  ( $j=4,5$ ) geçişlerine ait bantlar gözlenmektedir [42].

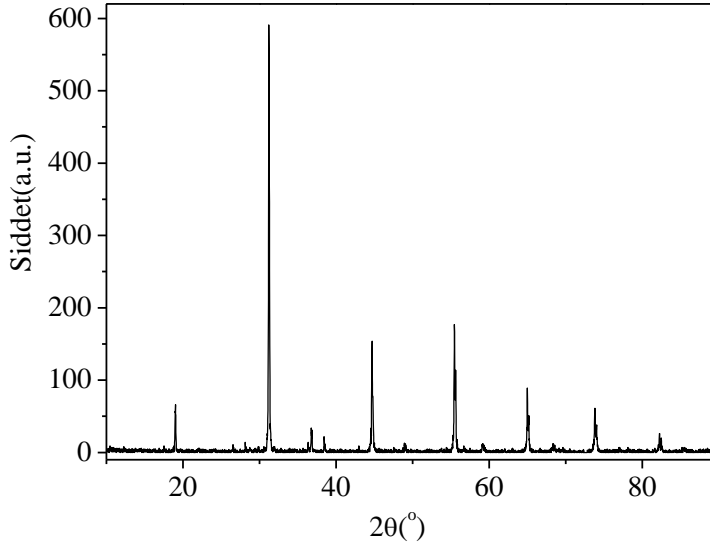


Şekil 4.41. Ba<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Pr<sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu.

#### 4.1.3. Ba<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub> ve Ba<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub>:Eu<sup>3+</sup> Işıldarlarını Tanımlama Çalışmaları

##### 4.1.3.1. Ba<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub> konut fazının yapı analizi

Ba<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub> konutunun tanımlama çalışmaları Winxpow paket programıyla gerçekleştirilmiştir. Ölçülen XRD spektrumu Şekil 4.42’de; toz deseni verileri de Çizelge 4.9’da verilmektedir. Analizi yapılan toz deseninin Ba<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub> (JCPDS no: 73-0134) yapısına ait olduğu belirlenmiştir. Malzemenin kristal sistemi kübik; uzay grubu, Fm $\bar{3}$ m (225) ve hücre parametreleri de a=b=c=8.118 Å ve  $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$  olarak verilmektedir.



Şekil 4.42. Ba<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub> konut fazının X-ışını toz deseni (JCPDS no: 73-0134).

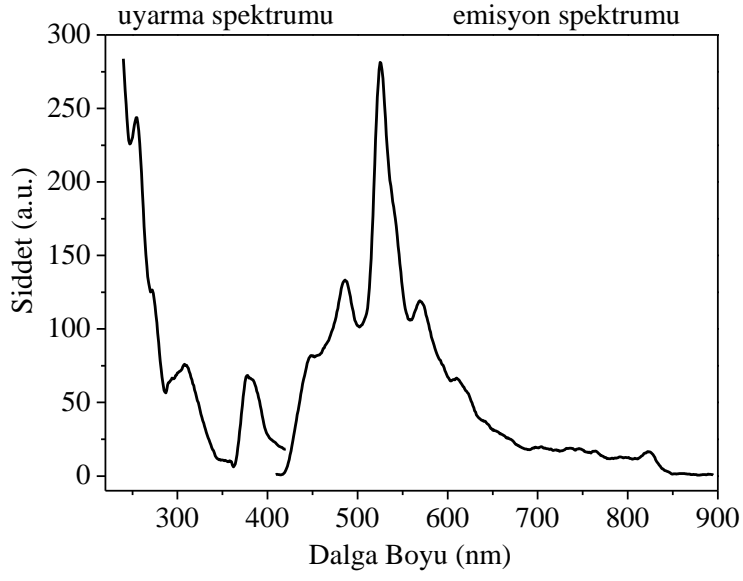
Çizelge 4.9. Ba<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub> konut fazının XRD verileri (JCPDS no: 73-0134).

2θ	Şiddet	h	k	l	2θ	Şiddet	h	k	l	2θ	Şiddet	h	k	l
19,03	17	1	1	1	44,71	25	4	0	0	68,30	2	5	3	1
31,23	100	2	2	0	55,47	30	4	2	2	73,82	11	6	2	0
36,76	5	3	1	1	59,14	2	5	1	1	82,25	3	4	4	4
38,45	2	2	2	2	64,98	12	4	4	0					

#### 4.1.3.2. Ba<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub> ve Ba<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub>:Eu<sup>3+</sup> ışıldarlarının fotolüminesans çalışmaları

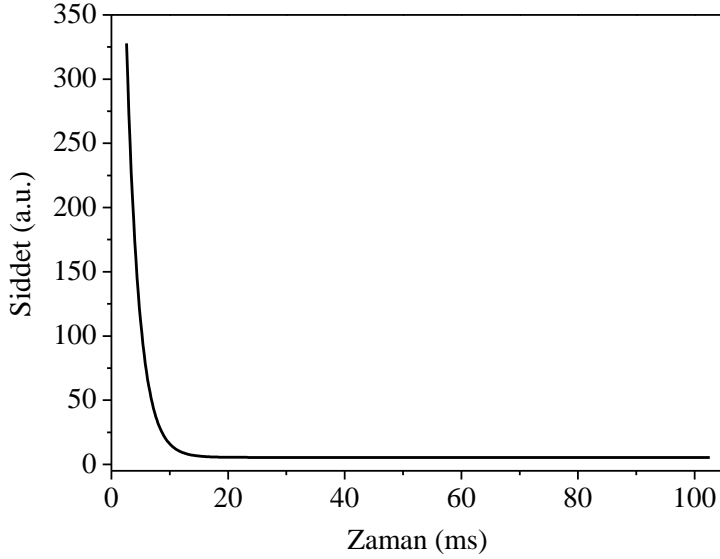
##### *Ba<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub> ışıldarının fotolüminesans çalışmaları*

Ba<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu Şekil 4.43'de verilmektedir. Uyarma spektrumunda tepe noktaları 255, 309 ve 377 nm ve ışımaya spektrumunda da tepe noktaları 486, 526 ve 579 nm olan şiddetli ve çok sayıda bant gözlenmiştir. Bu bantların WO<sub>6</sub><sup>6-</sup> grubunun ligant-metal yük transfer geçişine ait oldukları belirlenmiştir [7,18].



Şekil 4.43. Ba<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu.

Işıldar faza ait sönüm eğrisi Şekil 4.44'de verilmektedir. Sönüm eğrisinden elde edilen verilere göre ışıldar fazın sönüm süresinin ( $\tau$ ) 2.16 ms olduğu belirlenmiştir.

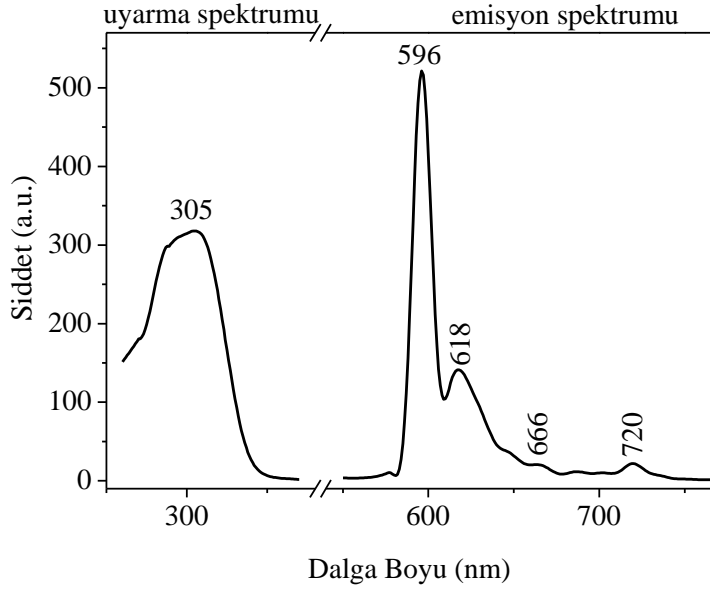


Şekil 4.44. Ba<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub> ışıldarının sönüm eğrisi.

### $Ba_2ZnWO_6:Eu^{3+}$ ışıldarının fotolüminesans çalışmaları

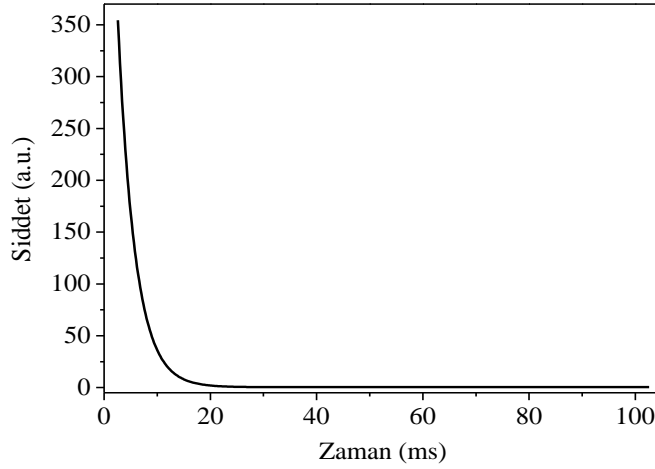
$Ba_2ZnWO_6:Eu^{3+}$  ışıldarının uyarmave ışım spektrumu Şekil 4.45’de verilmektedir. Uyarma spektrumunda 305 nm’de gözlenen şiddetli ve geniş uyarma bandı konut karistalin yük transfer geçişine karşılık gelmektedir.  $Eu^{3+}-O^{2-}$  arasındaki yük transfer geçişine bantlar ve  $Eu^{3+}$  aktivatör iyonunun  ${}^7F_0 \rightarrow {}^5L_j$  ( $j=0-5$ ) geçişlerine ait bantlar bu geniş uyarma bandı altında kalmaktadır.

$Ba_2ZnWO_6:Eu^{3+}$  ışıldarının ışım spektrumunda 596, 618, 666 ve 720 nm’de dört ışım bandı görülmektedir. En şiddetlisi 596 nm’de  ${}^5D_1 \rightarrow {}^7F_1$  geçişine ait olan bu ışım bantları  $Eu^{3+}$  iyonlarının  ${}^5D_1 \rightarrow {}^7F_j$  ( $j=1-4$ ) geçişlerine karşılık gelmektedir [22].



Şekil 4.45.  $Ba_2ZnWO_6:Eu^{3+}$  ışıldarının uyarma ve ışım spektrumu.

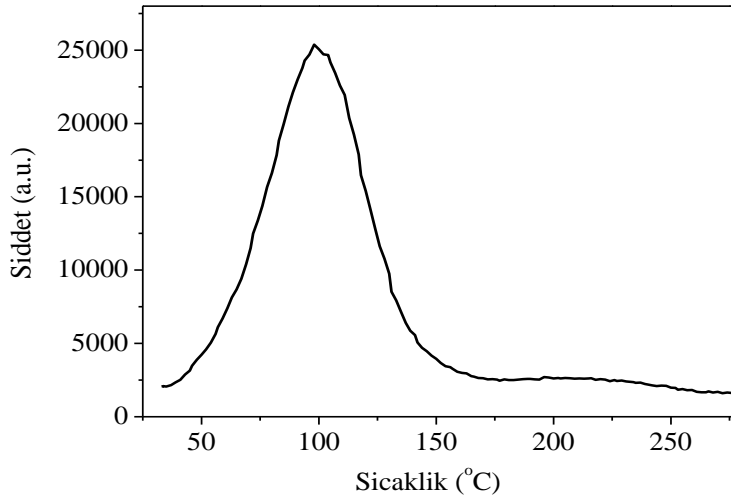
Işıldar faza ait sönüm eğrisi Şekil 4.46’da verilmektedir. Sönüm eğrisinden elde edilen verilere göre ışıldar fazın sönüm süresinin ( $\tau$ ) 3.23 ms olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.46. Ba<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub>:Eu<sup>3+</sup> ışıldarının sönüm eğrisi.

#### 4.1.3.3. Ba<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub> ışıldarının termoluminesans çalışmaları

Ba<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub> ışıldarı 5 dk β-ışını ile uyarıldıktan sonra 25-400 °C aralığında termoluminesans (TL) ölçümleri yapıldı (Şekil 4.47) Band maksimum sıcaklığı 98 °C olarak belirlendi. Elde edilen verilerden pik biçimi yöntemiyle aktivasyon enerjisi (E<sub>ort</sub>), frekans faktörü (s) ve kinetik mertebesi (b) hesaplanarak Çizelge 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.47. Ba<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub> ışıldarının termoluminesans eğrisi.

Çizelge 4.10. Ba<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub> ışıldarının termoluminesans verileri.

<b>b</b>	<b>E<sub>τ</sub> (eV)</b>	<b>E<sub>δ</sub> (eV)</b>	<b>E<sub>ω</sub> (eV)</b>	<b>E<sub>ort</sub> (eV)</b>	<b>s</b>
2	0,207	0,288	0,250	0,248	0,021



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

- Tez kapsamında hedeflenen, ortotungstat bazlı yeni ışıldarlar Katı Hal ve Hidrotermal Sentez yöntemleriyle sentezlendi ve karakterize edildi. Konut fazlara lantanoid iyonları katkılanarak yeni ışıldar fazlar sentezlendi. Sentezlenen tüm ışıldarlar Çizelge 4.1’de verilmektedir.
- Yapısal tanımlama çalışmalarında X-ışını toz kırınımı tekniği kullanılmış; elektronik tanımlama çalışmalarında ise ışımaya özelliklerinin incelenmesi için fotoluminesans ve tuzak parametrelerinin hesaplanması için termoluminesans teknikleri kullanılmıştır. Tanecik boyutları ise SEM tekniği ile incelenmiştir.
- Katkılanan lantanoid iyonlarından,  $\text{Eu}^{3+}$  iyonlarının 570-750 nm aralığında  $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_j$  ( $j=0-4$ ) [22];  $\text{Pr}^{3+}$  iyonlarının 450-700 nm aralığında  $^3\text{P}_0 \rightarrow ^3\text{F}_2$  ve  $^1\text{D}_2 \rightarrow ^3\text{H}_j$  ( $j=4-6$ ) [42];  $\text{Tb}^{3+}$  iyonlarının 450-650 nm aralığında  $^5\text{D}_4 \rightarrow ^7\text{F}_j$  ( $j=3-6$ ) [43] ve  $\text{Dy}^{3+}$  iyonlarının 450-800 nm aralığında  $^4\text{F}_{9/2} \rightarrow ^6\text{H}_j$  ( $j=15/2-9/2$ ) [41] geçişlerinden dolayı karakteristik ışımaya bantları gözlenmektedir.
- LED’lerde kullanılan ışıldarlara yeni bileşimlere sahip ışıldarlar ilave edilmiştir. Bu yeni ışıldar fazların LED’lere uygulanması üzerine çalışmalar yapılması planlanmaktadır.

## **KAYNAKLAR**

- [1] Emen F. M., “Silikat ve Aluminat Bazlı Yeni Işıldarın Hazırlanması ve Karakterizasyonu”, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2s., (2009).
- [2] Paulose, P.I., “Luminescence Studies of Certain Doped Phosphors and Glassy Materials”, Phd. Thesis, School of Pure&Applied Physics, Mahatma Gandhi University, Kottayam-686 560, India, 137pp, (2002).
- [3] Blistanov, A. A., Zadneprovski, B. I., Ivanov, M. A., Kochurikhin, V. V., Petrakov, V. S. and Yakimova, I. O., “Luminescence of Crystals of Divalent Tungstates”, Crystallography Reports, 50: 284-290, (2005).
- [4] Blasse, G., Bril, A., “On the  $\text{Eu}^{3+}$  Fluorescence in Mixed Metal Oxides. III. Energy Transfer in  $\text{Eu}^{3+}$ -Activated Tungstates and Molybdates of the Type  $\text{Ln}_2\text{WO}_6$  and  $\text{Ln}_2\text{MoO}_6$ ”, The Journal of Chemical Physics, 45: 2350, (1966).
- [5] Borchardt, H. J., “Rare-Earth Tungstates and 1:1 Oxytungstates”, The Journal of Chemical Physics, 39: 504, (1963).
- [6] Emen, F. M., “Silikat ve Aluminat Bazlı Yeni Işıldarın Hazırlanması ve Karakterizasyonu”, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 18 s., (2009).
- [7] Zhang, X., Li, Z., Zhang, H., Ouyanga, S., Zoua, Z., “Luminescence Properties of  $\text{Sr}_2\text{ZnWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  Phosphors”, Journal of Alloys and Compounds, 469: L6–L9, (2009).
- [8] Huang, J., Xu, J., Li, H., Luo, H., Yu, X., Li, Y., "Determining The Structure of Tetragonal  $\text{Y}_2\text{WO}_6$  and The Site Occupation of  $\text{Eu}^{3+}$  Dopant”, Journal of Solid State Chemistry, 184: 843–847, (2011).
- [9] Ye, S., Wang, C. H., Liu, Z. S., Lu, J., Jing, X. P., “Photoluminescence and Energy Transfer of Phosphor Series  $\text{Ba}_{2-z}\text{Sr}_z\text{CaMo}_{1-y}\text{W}_y\text{O}_6:\text{Eu},\text{Li}$  for White Light UVLED Applications”, Applied Physics B, 91: 551–557, (2008).

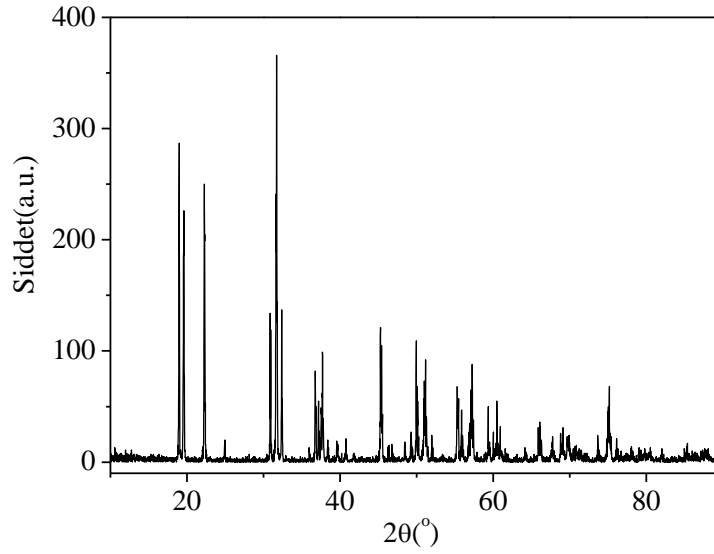
- [10] Zhang, Z., Zhang, H., Duana, C., Yuan, J., Wang, X., Xiong, D., Chena, H., Zhaoa, J., “Structure Refinement of  $\text{Lu}_2\text{WO}_6$  and Luminescent Properties of  $\text{Eu}^{3+}$ ,  $\text{Pr}^{3+}$  Doped  $\text{Lu}_2\text{WO}_6$ ”, *Journal of Alloys and Compounds*, 466: 258–263, (2008).
- [11] King, G., Abakumov, A. M., Hadermann, J., Alekseeva, A. M., Rozova, M. G., Perkisas, T., Woodward, P. M., Tendeloo, G. V., and Antipov, E. V., “Crystal Structure and Phase Transitions in  $\text{Sr}_3\text{WO}_6$ ”, *Inorganic Chemistry*, 49: 6058–6065, (2010).
- [12] Gateshki, M. and Igartua, J. M., “Crystal Structures and Phase Transitions of The Double-Perovskite Oxides  $\text{Sr}_2\text{CaWO}_6$  and  $\text{Sr}_2\text{MgWO}_6$ ” *Journal of Physics*, 16: 6639–6649, (2004).
- [13] Patwe, S.J., Achary, S.N., Mathews, M.D., Tyag, A.K., “Synthesis, Phase Transition and Thermal Expansion Studies on  $\text{M}_2\text{MgWO}_6$  ( $\text{M}=\text{Ba}^{2+}$  and  $\text{Sr}^{2+}$ ) Double Perovskites”, *Journal of Alloys and Compounds*, 390: 100–105, (2005).
- [14] Ezzahi, A., Manoun, B., Ider, A., Bih, L., Benmokhtar, S., Azrour, M., Azdouz, M., Igartua, J.M., Lazor, P., “X-ray Diffraction and Raman Spectroscopy Studies of  $\text{BaSrMWO}_6$  ( $\text{M}=\text{Ni}$ ,  $\text{Co}$ ,  $\text{Mg}$ ) Double Perovskite Oxides”, *Journal of Molecular Structure*, 985: 339–345, (2011)
- [15] Fu, W.T., Akerboom, S., Ijdo, D. J. W., “Crystal Structures Of The Double Perovskites  $\text{Ba}_2\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{WO}_6$ ”, *Journal of Solid State Chemistry*, 180: 1547-1552, (2007).
- [16] Lei, F., Yan, B., “Synthesis and Photoluminescence of Perovskite-type  $\text{Ca}_2\text{MgWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  Micrometer Phosphor”, *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, 10: 158-163, (2008).
- [17] Achary, S.N., Chakraborty, K.R., Patwe, S.J., Shinde, A.B., Krishna, P.S.R., Tyagi, A.K., “Anisotropic Thermal Expansion Behavior in Tetragonal  $\text{Sr}_2\text{MgWO}_6$ ”, *Materials Research Bulletin*, 41: 674–682, (2006).

- [18] Bugaris, D. E., Hodges, J. P., Huq, A., Loye, H. C. Z., “Crystal Growth, Structures and Optical Properties Of The Cubic Double Perovskites  $Ba_2MgWO_6$  and  $Ba_2ZnWO_6$ ”, *Journal of Solid State Chemistry*, 184: 2293–2298, (2011).
- [19] Özpozan, N.; “ $M_xM'_{3-x}WO_6$  Tipi Toprakalkali Ortotungstatlarının X-İşinleri Toz Difraksiyonu Yöntemi İle İncelenmesi”, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 5 s., (1987).
- [20] Özpozan, N.; “Dörtlü Toprak Alkali Ortotungstat ve Telluratlarında Yeni fazların Sentezi ve Faz Dönüşümlerinin İncelenmesi”, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 86-88 s., (1992).
- [21] Emen, F. M., Altinkaya, R., Sonmez, S. and Kulcu, N., “Synthesis, Characterization and Luminescence Properties of  $Sr_3WO_6:Eu^{3+}$  Phosphor”, *Acta Physica Polonica A*, 121: 249-250, (2012)
- [22] Emen, F. M., Altinkaya, R., “Luminescence and Thermoluminescence Properties of  $Sr_3WO_6:Eu^{3+}$  Phosphor”, *Journal of Luminescence*, 134: 618-621, (2013)
- [23] Zhao, X., Ding, Y., Li, Z., Yu, T., Zou, Z., “An efficient charge compensated red phosphor  $Sr_3WO_6:K^+,Eu^{3+}$  – For white LEDs”, *Journal of Alloys and Compounds*, 553:221–224, (2013)
- [24] Zhang, S., Hu, Y., Chen, L., Wang, X., Ju, G., Fan, Y., “Photoluminescence properties of  $Ca_3WO_6:Eu^{3+}$  red phosphor”, *Journal of Luminescence*, 142:116–121, (2013)
- [25] Anna Vanya Uluç, “Synthesis And Characterization of Phosphorescent Strontium Aluminate Compounds”, Sabancı Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, (2008).
- [26] *Fluorescence and Phosphorescence Analysis Principle and Application*, New York Interscience Publishers, 48-53.
- [27] Vij, D. R., “Photoluminescence” Shionoya, S., (ed), “Luminescence of Solids”, Plenum Press, New York and London, 95-133, (1998).

- [28] Heller, E. J., “The Semiclassical Way to Molecular Spectroscopy”, *Accounts of Chemical Research*, 14: 368-375, (1981).
- [29] Emen F. M., “Silikat ve Aluminat Bazlı Yeni Işıldarın Hazırlanması ve Karakterizasyonu”, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 14s., (2009).
- [30] Sevda SÖNMEZ, “Aydınlatmada Kullanılan Işıldar Maddelerin Sentezi ve İncelenmesi”, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 18 s., (2011).
- [31] William M.Yen, Shigeo Shionoya, Hajime Yamamoto, “Phosphor Handbook”, (2007).
- [32] G. Blasse, B.C. Grabmaier, “Luminescent Materials”, (1994).
- [33] Smets BMJ., “Advances in nonradiative processes in solids”, *Materials Chemistry and Physics*, 16:283, (1992).
- [34] Franz, K. A., Kehr, W. K., Siggel, A., Wiczorek, J., Adam, W., “Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry”, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 10.1002/14356007.a15 519, (2005).
- [35] Esra ÇIRÇIR, “Alüminasilikat Bazlı Yeni Işıldar Maddelerin Sentezi ve Karakterizasyonu”, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, (2011).
- [36] Kirk-Othmer., *Encyclopedia of Chemical Technology*, Wiley-Interscience Publication, New York, Fourth Edition , 15: 562-583, (1998).
- [37] Zang, C., “Reduction of  $\text{Eu}^{3+}$  to  $\text{Eu}^{2+}$  in  $\text{MAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  (M=Ca, Sr, Ba) in air condition”, *Journal of Solid State Chemistry*, 182 (7): 1673-1678, (2009).
- [38] Niyazi GÜNDÜZ, “Led Işık Kaynaklı Enerji Verimli Endüstriyel Aydınlatma Armatürü Optik Tasarımı”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 11-13 s., (2012).
- [39] Liao, J., Qiu, B., Wen, H., Li, Y., Hong, R., You, H., “Luminescence properties of monodispersed spherical  $\text{BaWO}_4:\text{Eu}^{3+}$  microphosphors for

- white light-emitting diodes”, *Journal of Materials Science*, 46:1184–1189, (2011).
- [40] Emen F. M., “Silikat ve Aluminat Bazlı Yeni Işıldarın Hazırlanması ve Karakterizasyonu”, *Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 60-62s., (2009).
- [41] Sun, X., Wu, S., Liu, X., Gao, P., Huang, S., “Intensive white light emission from Dy<sup>3+</sup>-doped Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> glasses”, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 368:51–54, (2013).
- [42] Noto, L. L., Chitambo, M. L., Ntwaeaborva, O. M., Swart, H. C., “Photoluminescence and thermoluminescence properties of Pr<sup>3+</sup> doped ZnTa<sub>2</sub>O<sub>6</sub> phosphor”, *Powder Technology*, 247:147–150, (2013).
- [43] Jin, Y., Hu, Y., Chen, L., Wang, X., Ju, G., Mu, Z., “Luminescent properties of Tb<sup>3+</sup>-doped Ca<sub>2</sub>SnO<sub>4</sub> phosphor”, *Journal of Luminescence*, 138:83–88, (2013).

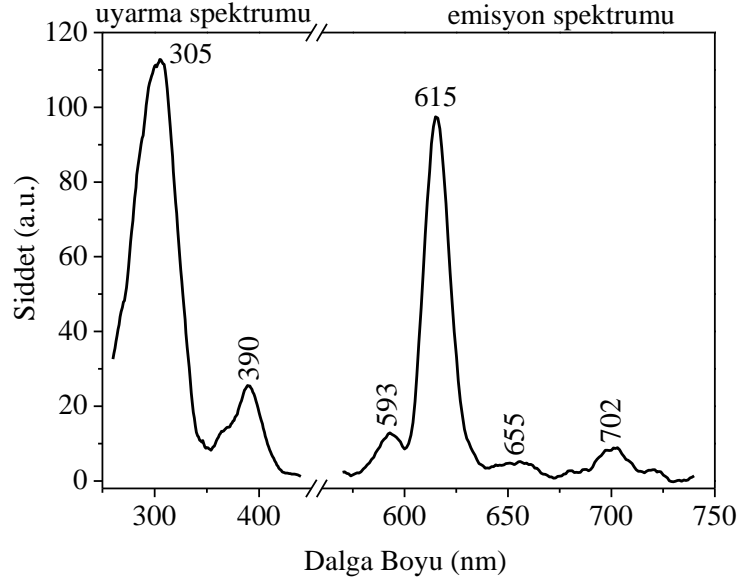
## EKLER



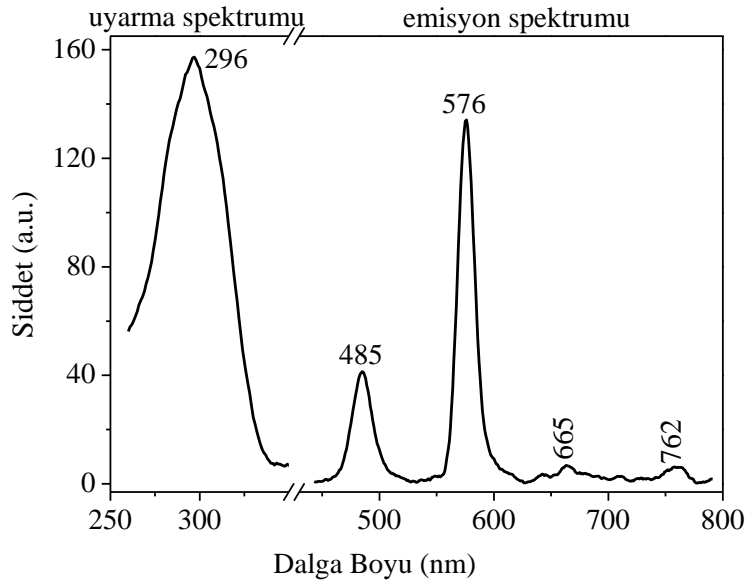
Ek-1. Ca<sub>3</sub>WO<sub>6</sub> konut fazının X-ışını toz deseni (JCPDS no: 22-0541, Monoklinik, P21/n, a=5,55 b=5,81 c=8,00, α=β=γ=90°).

Ek-2. Ca<sub>3</sub>WO<sub>6</sub> konut fazının toz deseni verileri(JCPDS no: 22-0541).

2θ	Şiddet	h	k	l	2θ	Şiddet	h	k	l	2θ	Şiddet	h	k	l
18,99	60	0	1	1	45,28	30	2	2	0	59,37	8	-2	3	1
19,61	45	-1	0	1	45,42	30	0	0	4	60,02	4	0	1	5
22,26	65	1	1	0	46,77	3	2	2	1	60,48	4	-1	0	5
24,94	4	-1	1	1	48,47	4	0	3	1	60,93	4	-3	2	1
30,87	30	0	2	0	49,30	8	-1	2	3	61,58	3	-3	0	3
31,72	100	-1	1	2	49,97	12	-2	1	3	64,16	3	0	4	0
32,36	30	2	0	0	50,95	6	-3	0	1	65,90	8	-2	2	4
36,76	16	-1	2	1	51,16	17	-1	1	4	66,08	10	2	2	4
37,19	7	0	1	3	51,98	4	3	1	0	67,58	6	4	0	0
37,54	16	1	0	3	55,31	18	1	3	2	67,77	6	-1	4	1
37,71	20	-2	1	1	55,88	14	0	2	4	68,81	6	-2	3	3
38,38	4	0	2	2	56,92	8	-2	0	4	69,12	6	-1	2	5
39,70	4	2	0	2	57,13	13	2	0	4	69,68	8	-4	1	0
40,76	4	1	1	3	57,26	20	-3	1	2	70,46	4	-4	1	1
41,81	3	-1	2	2	57,43	19	3	1	2	73,66	10	-1	1	6

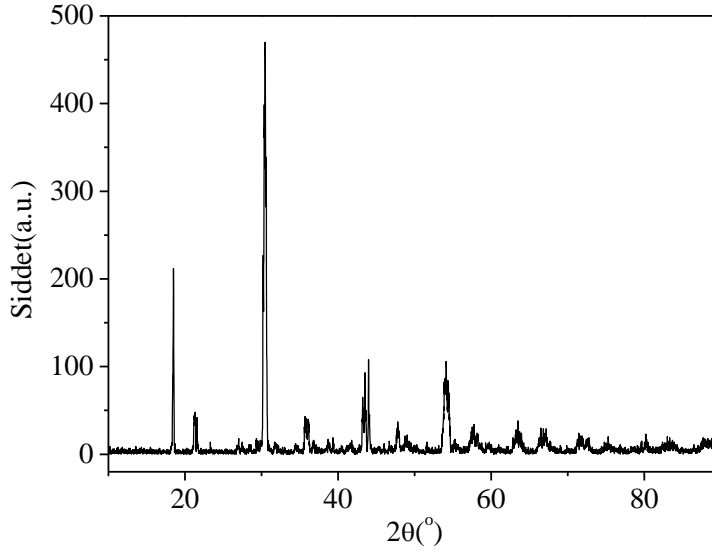


Ek-3.  $\text{Ca}_3\text{WO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu.



Ek-4.  $\text{Ca}_3\text{WO}_6:\text{Dy}^{3+}$  ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu.

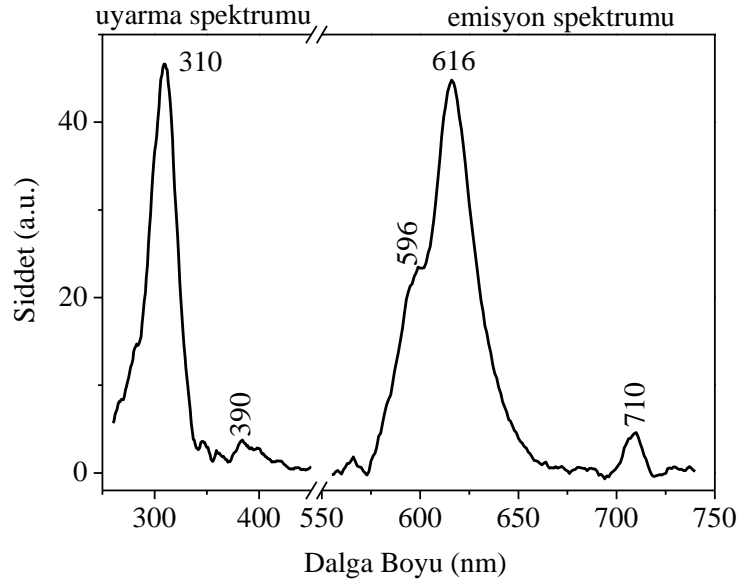




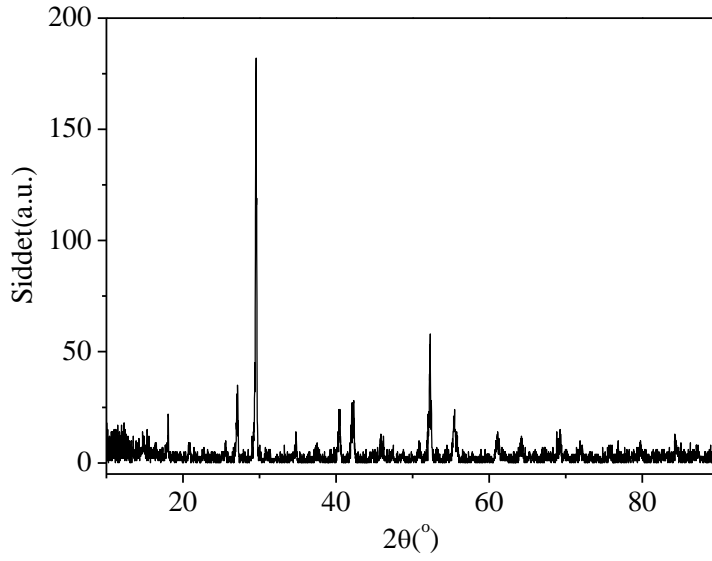
Ek-5. Sr<sub>3</sub>WO<sub>6</sub> konut fazının X-ışını toz deseni (JCPDS no: 28-1259, Triklirik, P-1, a=8,37 b=8,30 c=8,21, α=89,81° β=89,91° γ=89,67°).

Ek-6. Sr<sub>3</sub>WO<sub>6</sub> konut fazının XRD verileri (JCPDS no: 28-1259).

2θ	Şiddet	h	k	l	2θ	Şiddet	h	k	l	2θ	Şiddet	h	k	l
18,44	10	1	1	1	36,07	2	1	1	3	49,56	3	0	2	4
18,53	30	1	1	1	36,17	7	1	1	3	53,70	5	4	2	2
21,22	20	2	0	0	37,62	3	2	2	2	53,96	25	4	2	2
21,42	20	0	2	0	43,25	50	4	0	0	54,22	25	2	4	2
21,65	20	0	0	2	43,65	50	0	4	0	54,52	25	2	2	4
30,26	50	2	2	0	44,07	50	0	0	4	57,36	4	5	1	1
30,40	100	2	2	0	47,76	8	3	1	3	57,82	10	1	5	1
30,56	100	2	0	2	48,10	3	1	3	3	58,28	4	1	1	5
30,70	50	0	2	2	48,66	3	4	2	0	62,98	3	4	4	0
35,62	5	3	1	1	48,86	3	4	2	0	63,28	7	4	4	0
35,73	7	3	1	1	49,10	5	2	4	0	63,62	7	0	4	4
35,93	7	1	3	1	49,40	3	0	2	4	63,92	3	0	4	4



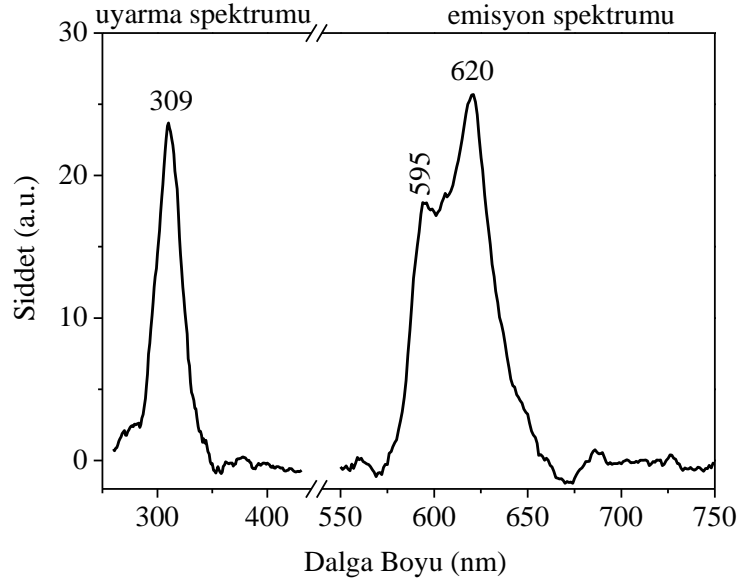
Ek-7. Sr<sub>3</sub>WO<sub>6</sub>:Eu<sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu.



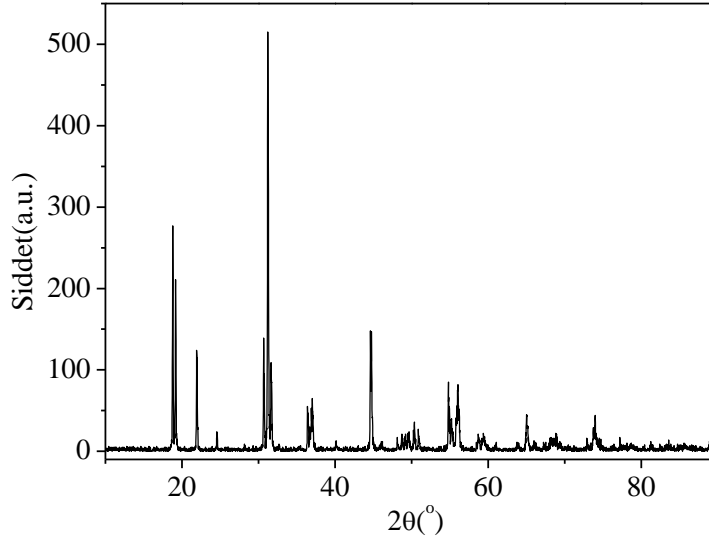
Ek-8. Ba<sub>3</sub>WO<sub>6</sub> konutunun X-ışını toz deseni (JCPDS no: 33-0182, Kübik, Fm3m, a=b=c= 17,18, α=β=γ=90°).

Ek-9. Ba<sub>3</sub>WO<sub>6</sub> konutunun XRD verileri (JCPDS no: 33-0182).

2θ	Şiddet	h	k	l	2θ	Şiddet	h	k	l	2θ	Şiddet	h	k	l
18,06	9	2	2	2	37,54	3	5	5	1	55,48	9	9	5	1
20,92	5	4	0	0	40,44	14	7	3	1	55,74	6	10	2	2
22,74	3	3	3	1	42,23	17	8	0	0	61,12	7	8	8	0
25,58	5	4	2	2	44,78	3	6	6	0	63,83	3	9	7	3
27,14	25	5	1	1	45,85	5	7	5	1	64,22	7	10	6	2
29,57	100	4	4	0	46,21	5	6	6	2	66,97	3	10	6	4
31,38	3	6	0	0	47,48	4	8	4	0	69,26	7	9	9	1
34,38	2	5	3	3	50,83	4	9	3	1	71,87	2	13	1	1
37,76	8	6	2	2	52,30	21	8	4	4					



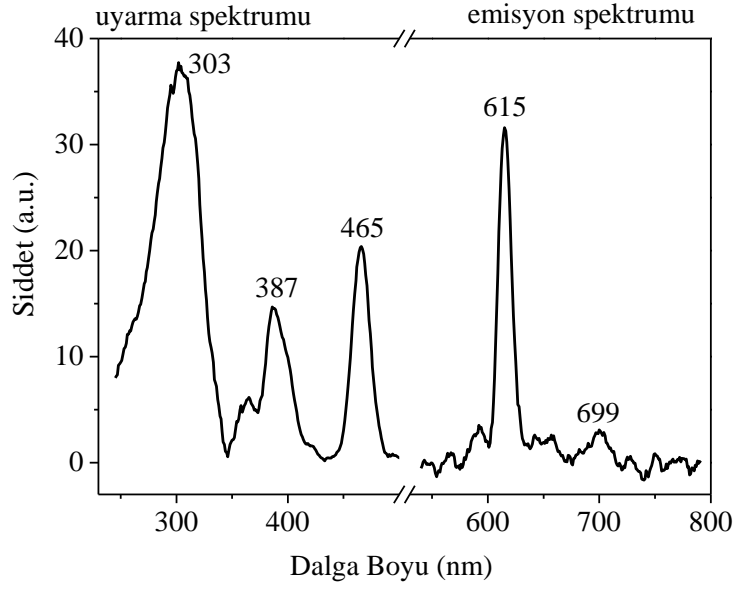
Ek-10. Ba<sub>3</sub>WO<sub>6</sub>:Eu<sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu.



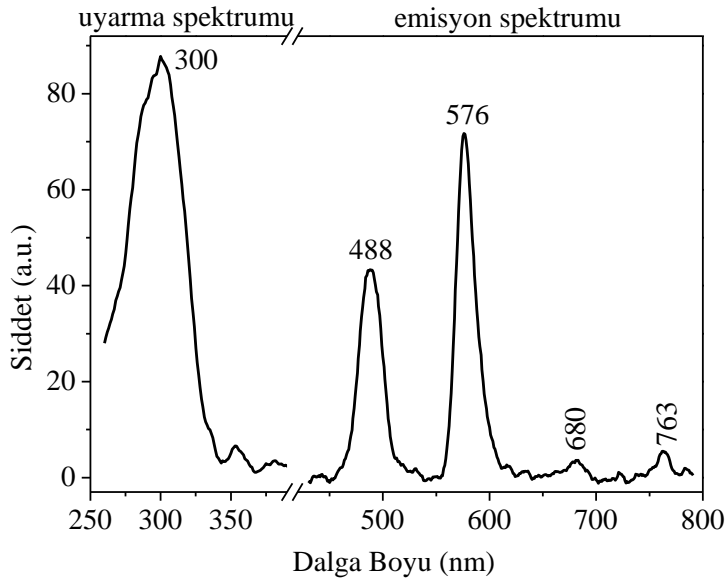
Ek-11.  $\text{Ca}_2\text{SrWO}_6$  konutunun X-ışını toz deseni (Ortorombik,  $\text{Pmm}2$ ,  $a=8,09$   $b=5,83$   $c=5,65$ ,  $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ ) [19].

Ek-12.  $\text{Ca}_2\text{SrWO}_6$  konutunun indislenmiş XRD verileri.

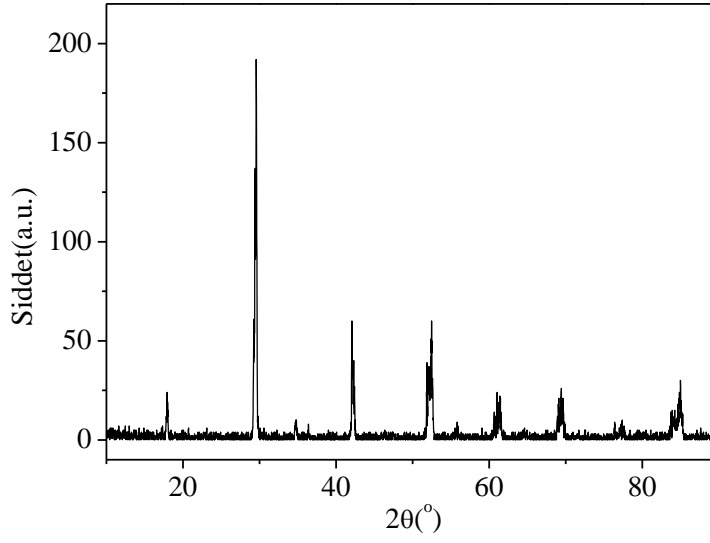
2θ	Şiddet	h	k	l	2θ	Şiddet	h	k	l	2θ	Şiddet	h	k	l
18,76	54	1	1	0	44,74	29	4	0	0	64,98	9	1	4	0
19,14	41	1	0	1	46,06	2	1	2	2	67,22	2	1	0	4
21,90	24	0	1	1	48,12	3	1	3	0	68,02	3	3	3	2
24,54	5	1	1	1	48,70	4	3	2	1	68,94	4	4	3	1
30,66	27	0	2	0	49,18	4	3	1	2	73,00	3	0	4	2
31,20	100	2	1	1	49,66	5	1	0	3	73,80	5	2	3	3
31,62	21	0	0	2	50,34	7	4	1	1	73,96	8	6	1	1
36,38	11	1	2	1	50,86	5	0	1	3	77,23	3	2	4	2
36,68	6	3	1	0	54,78	16	2	3	1	81,26	2	4	4	0
36,88	10	3	0	1	56,02	16	2	1	3	83,56	3	7	0	0
37,02	12	1	1	2	58,74	3	1	3	2	88,88	2	2	3	4
40,06	2	3	1	1	59,36	4	5	0	1					
44,60	29	0	2	2	63,81	2	0	4	0					



Ek-13.  $\text{Ca}_2\text{SrWO}_6:\text{Eu}^{3+}$  ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu.



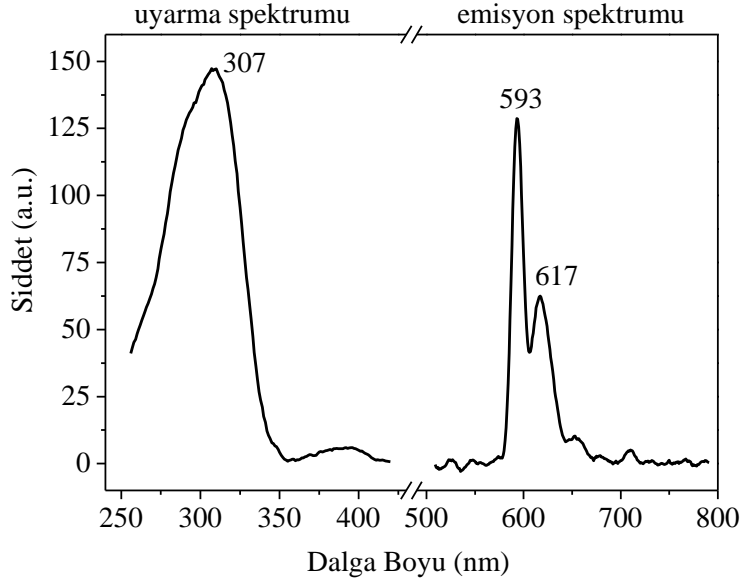
Ek-14.  $\text{Ca}_2\text{SrWO}_6:\text{Dy}^{3+}$  ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu.



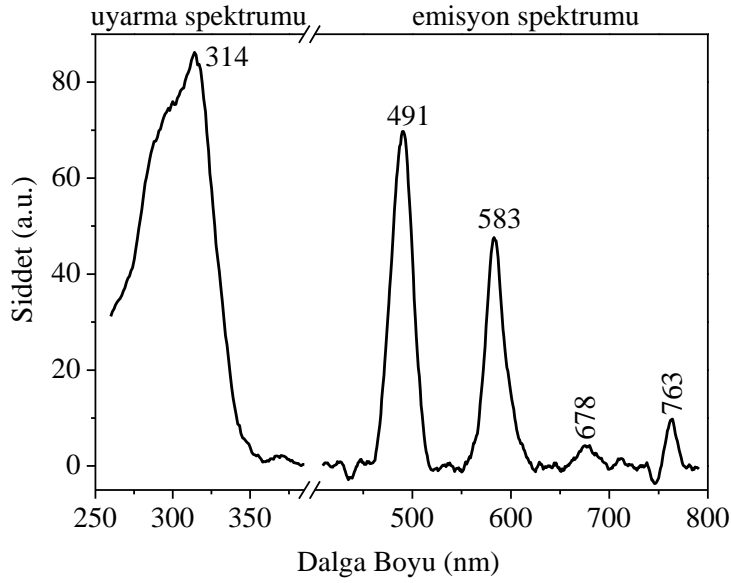
Ek-15. Ba<sub>2</sub>SrWO<sub>6</sub> konutunun X-ışını toz deseni (JCPDS no: 26-0190, Monoklinik, I2/m, a=6,11 b= 6,03 c= 8,55, α=γ=90° β=91,57°).

Ek-16. Ba<sub>2</sub>SrWO<sub>6</sub> konutunun XRD verileri (JCPDS no: 26-0190).

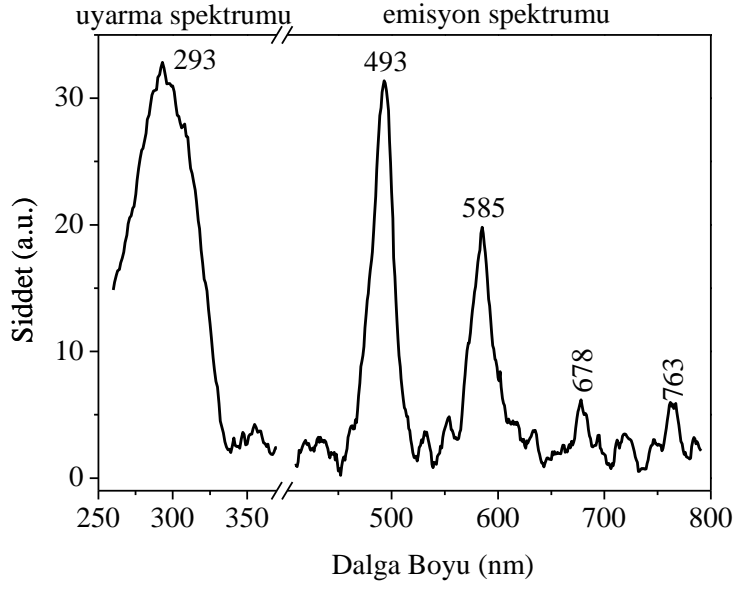
2θ	Şiddet	h	k	l	2θ	Şiddet	h	k	l	2θ	Şiddet	h	k	l
17,94	60	0	1	1	42,31	80	0	0	4	61,42	80	0	4	0
20,72	20	1	1	0	45,92	10	-1	2	3	64,12	10	-1	2	5
29,27	10	2	0	0	46,36	10	0	3	1	64,60	10	1	4	1
29,42	10	0	2	0	47,56	10	1	3	0	68,92	60	-4	0	3
29,59	10	1	1	2	51,86	80	-2	0	4	69,11	80	-1	1	6
34,77	60	2	1	1	52,15	100	-1	3	2	69,42	60	2	4	0
36,03	10	-2	0	2	52,48	100	3	1	2	76,39	40	2	1	6
35,56	10	0	2	2	60,66	60	4	0	0	77,00	40	-4	2	3
42,08	100	2	2	0	61,04	80	-4	0	1	77,39	40	0	4	4



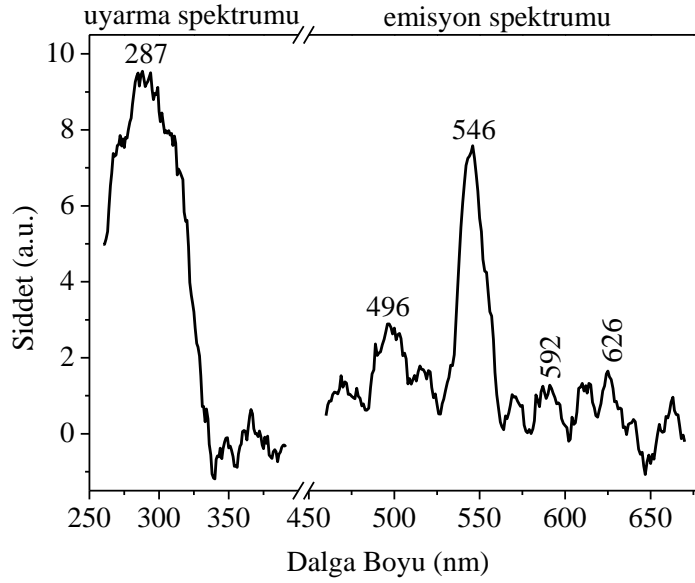
Ek-17. Ba<sub>2</sub>SrWO<sub>6</sub>:Eu<sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu.



Ek-18. Ba<sub>2</sub>SrWO<sub>6</sub>:Dy<sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu.

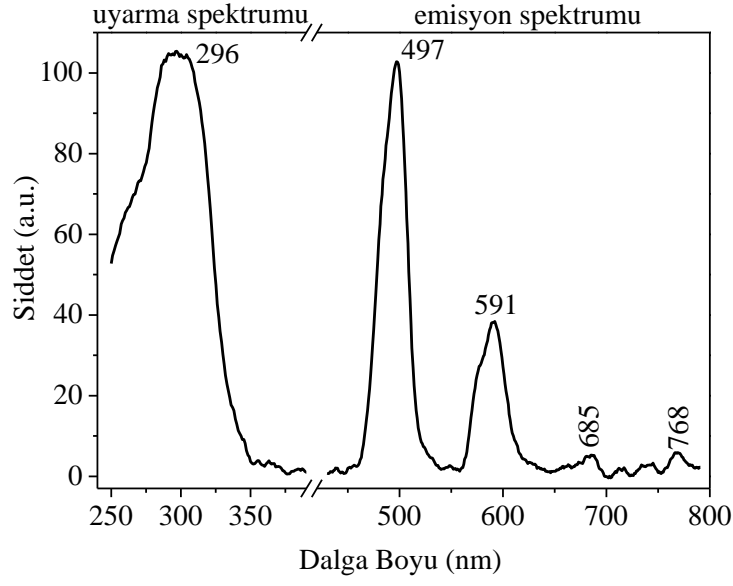


Ek-19. Sr<sub>2</sub>CaWO<sub>6</sub>:Dy<sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu.

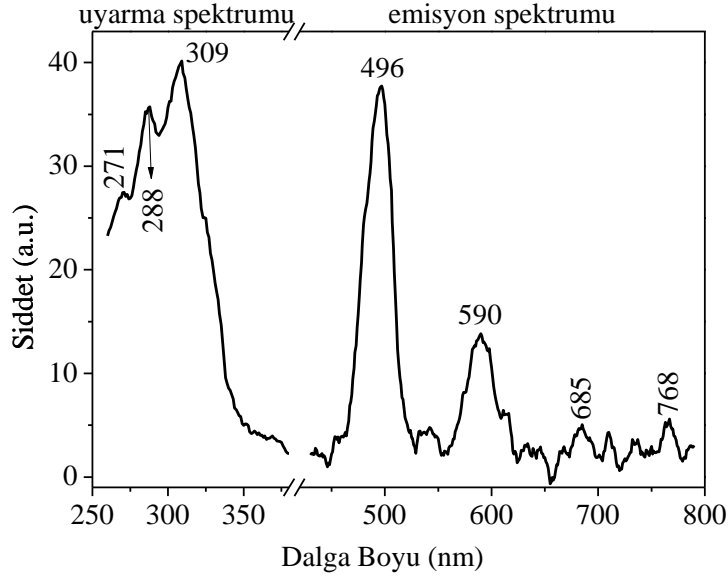


Ek-20. Ba<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Tb<sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu.





Ek-21. Ba<sub>2</sub>MgWO<sub>6</sub>:Dy<sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu.



Ek-22. Ba<sub>2</sub>ZnWO<sub>6</sub>:Dy<sup>3+</sup> ışıldarının uyarma ve ışımaya spektrumu.

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı:** Ramazan ALTINKAYA

**Doğum Tarihi:** 02/02/1985

**Öğrenim Durumu:**

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Kimya	Mersin Üniversitesi	2004 - 2011
Yüksek Lisans	Anorganik Kimya	Mersin Üniversitesi	2011 - 2014

### ESERLER (Makaleler ve Bildiriler)

1. F.M. Emen, R. Altinkaya, “Luminescence and thermoluminescence properties of  $\text{Sr}_3\text{WO}_6:\text{Eu}^{3+}$  phosphor” Journal of Luminescence 134 (2013) 618–621.
2. F.M. Emen, R. Altinkaya, S. Sonmez, N. Kulcu, “Synthesis, Characterization and Luminescence Properties of  $\text{Sr}_3\text{WO}_6:\text{Eu}^{3+}$  Phosphor” Acta Physica Polonica A Vol. 121 (2012) 249-250.
3. F.M.Emen, R. Altinkaya, S. Sönmez, N. Külcü “Synthesis, Characterization And Luminescence Properties of  $\text{Sr}_3\text{WO}_6:\text{Eu}^{3+}$  Phosphor”, Advances in Applied Physics & Materials Science Congress, 12-15 May 2011, Antalya.
4. F. M. Emen, S. Sönmez, R. Altinkaya, G. Yıldız, M. Yeşildağ, N. Külcü “Comparation Of Luminescence Properties Of Phosphor  $\text{Y}_2\text{O}_3:\text{Eu}^{3+}$  Which Prepared By Solid State And Hydrothermal Methods” 8. Nanobilim ve Nanoteknoloji Konferansı, NANOTR 8, p.047, 25-29 Haziran 2012, Ankara.
5. N. Külcü, F. M. Emen, S. Sönmez, R. Altinkaya “Comparation Of Luminescence Properties Of Phosphor  $\text{CeMgAl}_{11}\text{O}_{17}:\text{Tb}^{3+}$  Which Prepared By Solid State And Hydrothermal Methods” 8. Nanobilim ve Nanoteknoloji Konferansı, NANOTR 8, p.046, 25-29 Haziran 2012, Ankara.
6. S. Sönmez, R. Altinkaya, F. M. Emen, N. Külcü “Synthesis, Characterization And Luminescence Properties Of  $\text{CeMgAl}_{11}\text{O}_{17}:\text{Dy}^{3+}$

- Phosphor” 8. Nanobilim ve Nanoteknoloji Konferansı, NANOTR 8, p.045, 25-29 Haziran 2012, Ankara.
7. S. Sönmez, R. Altinkaya, T. Çetin, F. M. Emen, N. Külcü  
“ $Y_2O_3:Sm^{3+}$  Işıldarının Hazırlanması ve Lüminesans Özelliklerinin İncelenmesi” III. Ulusal Anorganik Kimya Kongresi, p.268, 19-22 Mayıs 2011, Çanakkale.
  8. R. Altinkaya, S. Sönmez, F. M. Emen, T. Çetin, N. Külcü  
“ $Ca_3WO_6:Eu^{3+}$  Işıldar Fazının Sentezi, Karakterizasyonu ve Lüminesans Özelliklerinin İncelenmesi” III. Ulusal Anorganik Kimya Kongresi, p.244, 19-22 Mayıs 2011, Çanakkale.
  9. R. Altinkaya, F. M. Emen, E. Ekdal, K. Ocakoğlu, T. Karalı, N. Külcü  
“ $SrMgZnSi_2O_7:Eu^{3+}$  Işıldar Nanotozlarının Termolüminesans Özellikleri” IV. Lüminesans Dozimetri Kongresi, LÜMİDOZ IV, p.4, 20-22 Eylül 2010, Gaziantep.
  10. F. M. Emen, A. Ege, E. Ekdal, S. Sönmez, R. Altinkaya, L. Türkler, N. Külcü  
“Hidrotermal Yöntemle Hazırlanan  $SrZnMgSi_2O_7:Mn^{2+}$  Işıldarının Termolüminesans Özellikleri” IV. Lüminesans Dozimetri Kongresi, LÜMİDOZ IV, s.16, 20-22 Eylül 2010, Gaziantep.
  11. Nevzat Külcü, Fatih Mehmet Emen, Ramazan Altinkaya, Sevda Sönmez, Aynur Gürbüz, Tülay Çetin  
“Hydrothermal Synthesis of  $SrMgZnSi_2O_7:Eu^{3+}$  Phosphor” 6. Nanobilim ve Nanoteknoloji Konferansı, NANOTR 6, p.303, 15-18 June 2010, İzmir.
  12. R. Altinkaya, M. Alkan, F.M. Emen, N. Külcü, V. E. Kafadar ve A.N. Yazıcı  
“Sol -Jel Yöntemiyle  $Zn_2SiO_4:Eu^{3+},Gd^{3+}$  Işıldarının Sentezi ve Işıma Özelliklerinin İncelenmesi” III. Lüminesans Dozimetri Kongresi, LÜMİDOZ III, 28-30 Eylül 2009, Bodrum/Muğla.
  13. R. Altinkaya, F. M. Emen ve N. Külcü  
“ $CdSiO_3:Eu^{3+},Y^{3+}$  Fazının Sentezi ve Işıma Özelliklerinin İncelenmesi” II. Ulusal Anorganik Kimya Kongresi, p.107, 16-19 Mayıs 2009, Elazığ.