

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI



**BAZI NADİR TOPRAK ELEMENTLERİN, KALSİYUM BORATLI TÜRDEKİ
BİLEŞİKLERE KATKILANDIRILMASIYLA, GERÇEKLEŞEN LUMİNESANS
VE YAPISAL KARAKTERİZASYONLARIN BELİRLENMESİ**

KEREMCAN GÜVENDİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Halil GÜLER** (Tez Danışmanı)
Prof. Dr. Orhan ZEYBEK
Dr. Öğr. Üyesi Ali ÇETİN

BALIKESİR, ŞUBAT - 2023

ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “**Bazı Nadir Toprak Elementlerin, Kalsiyum Boratlı Türdeki Bileşiklere Katkılandırılmasıyla, Gerçekleşen Luminesans ve Yapısal Karakterizasyonların Belirlenmesi**” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Keremcan GÜVENDİ

**Bu tez çalışması Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından
(2019/116) nolu proje ile desteklenmiştir.**

ÖZET

BAZI NADİR TOPRAK ELEMENTLERİN, KALSİYUM BORATLI TÜRDEKİ BİLEŞİKLERE KATKILANDIRILMASIYLA, GERÇEKLEŞEN LUMİNESANS VE YAPISAL KARAKTERİZASYONLARIN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KEREMCAN GÜVENDİ

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KİMYA ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF.DR. HALİL GÜLER)

BALIKESİR, ŞUBAT - 2023

Bu tez çalışmasında, CaB_2O_4 bileşiğine bazı nadir toprak metal oksitleri katkılandırılarak sentezlenmesi hedeflenmiştir. Yöntem olarak katı-hal kimyasal reaksiyonlar ile yüksek sıcaklık ortamında (700-1000 °C) açık atmosfer ortamında deneyler gerçekleştirilmiştir. Sentezlenen bileşiklerin kristal yapısal analizleri toz kırınımı X-ışınları kırınımı ile gerçekleştirilmiş olup fotoluminesans (PL) analizleri ile de sentezlenen maddelerin ayrıntılı karakteristik ışıldama davranışları yorumlanmıştır. Yapılan sentez deneylerinde dört farklı kalsiyum boratlı bileşik gözlemlenmiştir, bunlar sırası ile CaB_2O_4 (ICDD 22-140), CaB_2O_4 (ICDD 27-67), $\text{Ca}(\text{BO}_2)_2$ (ICDD 73-79) ve $\text{Ca}(\text{B}_3\text{O}_4)(\text{OH})_3(\text{H}_2\text{O})$ (ICDD 82-1825) maddeleridir. Katkılandırma yaptığımız bazı nadir toprak metal oksitleri (Re_2O_3 ; Re^{3+} : Nd^{+3} , Ce^{+3} , Gd^{+3} ve Eu^{+3}) ile sentezlenen kalsiyum boratlı bileşiklerin PL analizleri sonucunda, bu malzemelerin ışıldama özelliklerinin literatür verileri ile uyumlu oldukları gözlemlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Bor kimyası, kalsiyum borat, optik özellikler, luminesans

Bilim Kod / Kodları : 20103

Sayfa Sayısı : 91

ABSTRACT

DETERMINATION OF LUMINANCES AND STRUCTURAL CHARACTERIZATIONS OCCURRED BY THE ADDITION OF SOME RARE EARTH ELEMENTS TO CALCIUM BORATED TYPE COMPOUNDS

MSC THESIS
KEREMCAN GÜVENDİ
BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
CHEMISTRY
(SUPERVISOR: PROF.DR. HALİL GÜLER)

BALIKESİR, FEBRUARY - 2023

In this thesis, it is aimed to synthesize CaB_2O_4 by adding some rare earth metal oxides, as a method, experiments were carried out in an open atmosphere environment at high temperature (700-1000 °C) with solid-state chemical reactions technique. Structural analyzes of the synthesized compounds were performed by powder X-Ray Diffraction (XRD), and detailed photoluminescence (PL) characteristic behaviors of the synthesized substances were also done experimentally. In the synthesis experiments, we observed four different calcium borate compounds, respectively, CaB_2O_4 (ICDD 22-140), CaB_2O_4 (ICDD 27-67), $\text{Ca}(\text{BO}_2)_2$ (ICDD 73-79) and $\text{Ca}(\text{B}_3\text{O}_4)(\text{OH})_3(\text{H}_2\text{O})$ (ICDD 82-1825). As a result of PL analyzes of the doped some rare earth metal oxides (Re_2O_3 ; Re^{3+} : Nd^{+3} , Ce^{+3} , Gd^{+3} and Eu^{+3}) to calcium borate compounds, it was observed that PL analyzes were compatible with the literature data.

KEYWORDS: Boron chemistry, calcium borate, optical properties, luminescence

Science Code / Codes : 20103

Page Number : 91

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
TABLO LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 Elementsel Bor, Metal Boratlar ve Kalsiyum Boratlı Bil. Fiz. ve Kim.Özellikleri.....	1
1.2 Kimya Lit. Kalsiyum Boratlı Bileşikler Hakkında Yapılan Çalışmalar	3
1.3 Luminesans Işıma ve Genel Özellikleri.....	6
1.4 Boratlı Bileşiklerde Luminesans Özellikler	10
1.5 Tez Konusunun Amacı	10
2. MATERYAL VE YÖNTEM	12
2.1 Kullanılan Kimyasallar	12
2.2 Kullanılan Cihazlar.....	12
2.3 Katı-Hal Yöntemi	12
3. BULGULAR	13
3.1 Deneysel Sonuçların Yorumlanması	13
3.2 Sentezlenen Bileşiklerin XRD Analizlerinin Yorumlanması	18
3.3 Sentezlenen Maddelerin XRD Verileri ve Grafikleri	20
3.4 Deneysel Fotoluminesans Grafikleri ve Yorumları.....	67
3.5 Sonuç ve Genel Değerlendirme	87
4. KAYNAKLAR	88
5.ÖZGEÇMİŞ	91

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: CaO-B ₂ O ₃ faz sistemi	3
Şekil 1.2: Jablonski enerji diyagramı	9
Şekil 3.1: KG-1 XRD grafiği	20
Şekil 3.2: KG-2 XRD grafiği	22
Şekil 3.3: KG-3 XRD grafiği	23
Şekil 3.4: KG-4 XRD grafiği	24
Şekil 3.5: KG-5 XRD grafiği	25
Şekil 3.6: KG-6 XRD grafiği	26
Şekil 3.7: KG-7 XRD grafiği	27
Şekil 3.8: KG-8 XRD grafiği	28
Şekil 3.9: KG-9 XRD grafiği	29
Şekil 3.10: KG-10 XRD grafiği	31
Şekil 3.11: KG-11 XRD grafiği	32
Şekil 3.12: KG-12 XRD grafiği	34
Şekil 3.13: KG-13 XRD grafiği	35
Şekil 3.14: KG-14 XRD grafiği	37
Şekil 3.15: KG-15 XRD grafiği	39
Şekil 3.16: KG-16 XRD grafiği	40
Şekil 3.17: KG-17 XRD grafiği	41
Şekil 3.18: KG-18 XRD grafiği	42
Şekil 3.19: KG-19 XRD grafiği	43
Şekil 3.20: KG-20 XRD grafiği	44
Şekil 3.21: KG-21 XRD grafiği	45
Şekil 3.22: KG-22 XRD grafiği	46
Şekil 3.23: KG-23 XRD grafiği	47
Şekil 3.24: KG-24 XRD grafiği	48
Şekil 3.25: KG-25 XRD grafiği	49
Şekil 3.26: KG-26 XRD grafiği	50
Şekil 3.27: KG-27 XRD grafiği	51
Şekil 3.28: KG-28 XRD grafiği	52
Şekil 3.29: KG-29 XRD grafiği	54
Şekil 3.30: KG-30 XRD grafiği	55
Şekil 3.31: KG-31 XRD grafiği	56
Şekil 3.32: KG-32 XRD grafiği	57
Şekil 3.33: KG-33 XRD grafiği	58
Şekil 3.34: KG-34 XRD grafiği	59
Şekil 3.35: KG-35 XRD grafiği	60
Şekil 3.36: KG-36 XRD grafiği	61
Şekil 3.37: KG-37 XRD grafiği	62
Şekil 3.38: KG-38 XRD grafiği	63
Şekil 3.39: KG-39 XRD grafiği	64
Şekil 3.40: KG-40 XRD grafiği	65
Şekil 3.41: KG-41 XRD grafiği	66
Şekil 3.42: Nd ⁺³ 'ün enerji seviye diyagramı ve enerji transfer mekanizması	68
Şekil 3.43: Ce ⁺³ 'ün enerji seviye diyagramı ve enerji transfer mekanizması	69

Sayfa

Şekil 3.44: Gd ⁺³ ve Eu ⁺³ 'ün enerji seviye diyagramı ve enerji transfer mekanizması.....	69
Şekil 3.45: KG-21-24 PL grafiği.....	70
Şekil 3.46: KG-25 PL grafiği.....	71
Şekil 3.47: KG-26 PL grafiği.....	72
Şekil 3.48: KG-27 PL grafiği.....	73
Şekil 3.49: KG-28 PL grafiği.....	74
Şekil 3.50: KG-29 PL grafiği.....	75
Şekil 3.51: KG-30 PL grafiği.....	76
Şekil 3.52: KG-31 PL grafiği.....	77
Şekil 3.53: KG-32 PL grafiği.....	78
Şekil 3.54: KG-34 PL grafiği.....	79
Şekil 3.55: KG-35 PL grafiği.....	80
Şekil 3.56: KG-36 PL grafiği.....	81
Şekil 3.57: KG-37 PL grafiği.....	82
Şekil 3.58: KG-38 PL grafiği.....	83
Şekil 3.59: KG-39 PL grafiği.....	84
Şekil 3.60: KG-40 PL grafiği.....	85
Şekil 3.61: KG-41 PL grafiği.....	86

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1: Deneylerin tablosu.	13
Tablo 3.2: Deney kodları tablosu	14
Tablo 3.3: KG-1 XRD verileri.....	21
Tablo 3.4: KG-2 XRD verileri.....	22
Tablo 3.5: KG-3 XRD verileri.....	23
Tablo 3.6: KG-4 XRD verileri.....	24
Tablo 3.7: KG-5 XRD verileri.....	25
Tablo 3.8: KG-6 XRD verileri.....	26
Tablo 3.9: KG-7 XRD verileri.....	27
Tablo 3.10: KG-8 XRD verileri.....	28
Tablo 3.11: KG-9 XRD verileri.....	30
Tablo 3.12: KG-10 XRD verileri.....	31
Tablo 3.13: KG-11 XRD verileri.....	33
Tablo 3.14: KG-12 XRD verileri.....	35
Tablo 3.15: KG-13 XRD verileri.....	36
Tablo 3.16: KG-14 XRD verileri.....	38
Tablo 3.17: KG-15 XRD verileri.....	39
Tablo 3.18: KG-16 XRD verileri.....	40
Tablo 3.19: KG-17 XRD verileri.....	41
Tablo 3.20: KG-18 XRD verileri.....	42
Tablo 3.21: KG-19 XRD verileri.....	43
Tablo 3.22: KG-20 XRD verileri.....	44
Tablo 3.23: KG-21 XRD verileri.....	45
Tablo 3.24: KG-22 XRD verileri.....	46
Tablo 3.25: KG-23 XRD verileri.....	47
Tablo 3.26: KG-24 XRD verileri.....	48
Tablo 3.27: KG-25 XRD verileri.....	49
Tablo 3.28: KG-26 XRD verileri.....	50
Tablo 3.29: KG-27 XRD verileri.....	51
Tablo 3.30: KG-28 XRD verileri.....	53
Tablo 3.31: KG-29 XRD verileri.....	54
Tablo 3.32: KG-30 XRD verileri.....	55
Tablo 3.33: KG-31 XRD verileri.....	56
Tablo 3.34: KG-32 XRD verileri.....	57
Tablo 3.35: KG-33 XRD verileri.....	58
Tablo 3.36: KG-34 XRD verileri.....	59
Tablo 3.37: KG-35 XRD verileri.....	60
Tablo 3.38: KG-36 XRD verileri.....	61
Tablo 3.39: KG-37 XRD verileri.....	62
Tablo 3.40: KG-38 XRD verileri.....	63
Tablo 3.41: KG-39 XRD verileri.....	64
Tablo 3.42: KG-40 XRD verileri.....	65
Tablo 3.43: KG-41 XRD verileri.....	66

SEMBOL LİSTESİ

ICDD	: International Centre for Diffraction Data
KF	: Kül Fırını
NM	: Nanometre
PL	: Photo Luminescence
TL	: Termo Luminescence
XRD	: X-Ray Diffraction

ÖNSÖZ

Tez çalışmam Covid-19 salgın dönemine denk geldiği için bu salgında yaşamlarını yitirenlere Allah'tan rahmet dilerim. Bu tez çalışmamın her aşamasında bilgi birikimi ve tecrübesi ile her zaman destek olan çok değerli danışmanım Prof. Dr. Halil GÜLER'e, daima yanımda olan, bana güvenen, destek olan ve yardımını hiç esirgemeyen annem Aysen GÜVENDİ, babam Kemal GÜVENDİ ve kardeşim Mert Aykan GÜVENDİ'ye desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

2019/116 kodlu "Bazı Nadir Toprak Elementlerin, Kalsiyum Boratlı Türdeki Bileşiklere Katkılandırılmasıyla, Gerçekleşen Luminesans ve Yapısal Karakterizasyonların Belirlenmesi" projemde bana destek sağlayan Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne verdiği destekten dolayı teşekkür etmeyi borç bilirim.

Balıkesir 2023

Keremcan GÜVENDİ

1. GİRİŞ

Tezin giriş kısmında teorik olarak konuların genel alt başlıklarından bahsedilecektir. Tez başlığımıza uygun olarak elementsel bor, metal boratlar ve özellikle tez konusunun özel çalışma başlığı olan kalsiyum boratlı bileşiklerle ilgili olarak genel literatür bilgileri paylaşılacaktır, daha sonra luminesans konusu ile ilgili çok temel bilgiler verilecek ve son kısımda da bazı metal boratlı bileşiklerin luminesans özelliklerine değinilip, tez konusunun amacı hakkında kısa bir bilgi verilecektir.

1.1 Elementsel Bor, Metal Boratlar ve Kalsiyum Boratlı Bileşiklerin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Kalsiyum boratlı bileşikler hakkında genel literatür bilgilerine girmeden önce kısaca elementsel bor hakkındaki bazı genel bilgileri vermek gerekecektir.

Elementsel bor, amorf yapı formunda olduğu durumda koyu kahve renkli bir tozdur. Kristal formda ise sert ve gevrek bir yapıda ve siyah renktedir. Ergime derecesi çok yüksek (2300 °C) ve atom ağırlığı 10,81 g/mol'dür. Bor tuzları alkali metal tuzlarıdır ve asit kökünün yerini boratlar almıştır. Bir bor asidi olan H_3BO_3 kökünün Na, Ca, Mg gibi bir veya birkaç baz katyonuyla birleşmesi sonucu bor tuzları oluşur (Boraks: $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$, Üleksit, $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$, kolemanit: $CaB_3O_4(OH)_3 \cdot H_2O$ gibi). Yer kabuğunun yüz binde birini oluşturan bor elementi doğada serbest halde bulunmamaktadır. Kristal veya amorf yapıdaki bor, laboratuvarlarda sentetik olarak elde edilebilir. Bor elementinin elektrik iletkenliği oda sıcaklığında çok düşük olmasına rağmen ısıtıldıkça iletkenliği de artar. Bu, metallere has bir özellik değildir. Diğer metalik özelliklerinin de çok az olmasından dolayı bor bir ametaldir. Ergimiş iken soğutulduğunda çok sert ve kırılğan bir madde halini alır. Havada ısıtıldığında yeşil bir alevle yanar. Araştırmacılar bor mineralinin bu özelliğinden dolayı, onu tayin etmekte yararlanmışlardır [1, 2, 3].

Metal boratlar ve genel özellikleri hakkında da kısa bir literatür bilgisi verecek olursak, metal boratlar, çok sayıda bor içeren oksiyanyonların adıdır. Boratlar aynı zamanda tetrahedral bor anyonlarını veya daha gevşek bir şekilde ya da her iki şekilde de borat anyonlarını içeren kimyasal bileşiklere de atıfta bulunabilir. Daha büyük boratlar ise, paylaşılan oksijen atomları [1] ile birleştirilen trigonal düzlemsel BO_3 veya tetrahedral BO_4 yapısal birimlerinden oluşur ve yapı içinde döngüsel veya doğrusal olabilirler. Bor, en sık

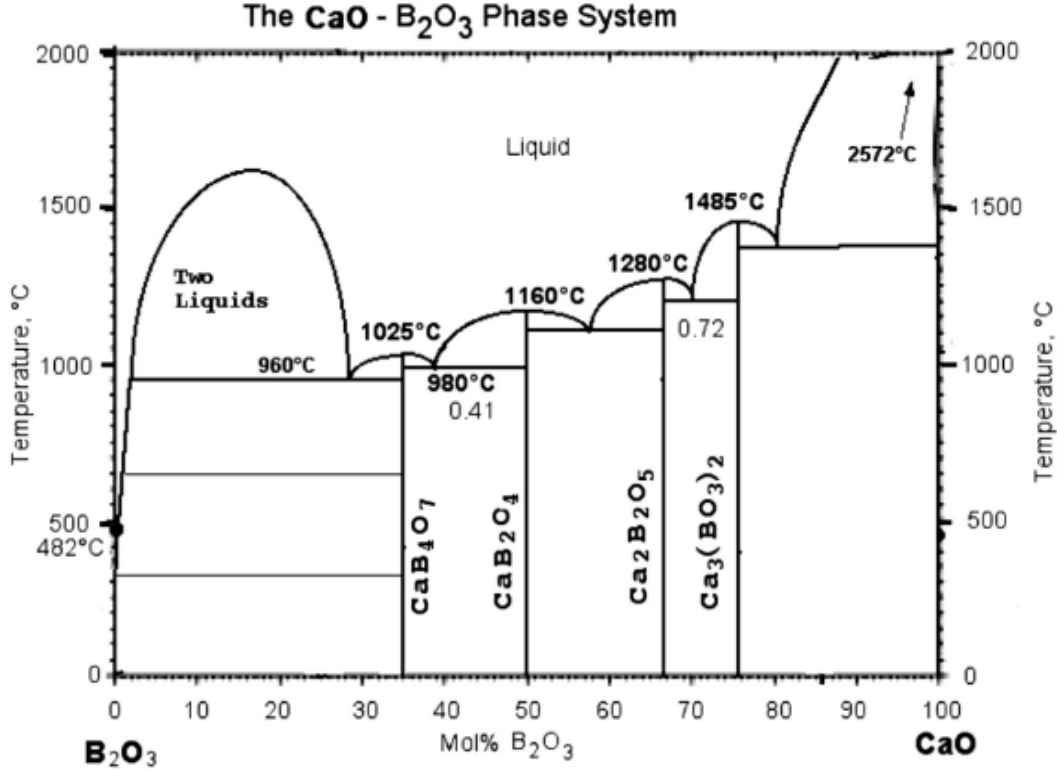
olarak doğada, borat mineralleri ve borosilikatlar gibi boratlar olarak ortaya çıktığı görülmektedir [4].

Doğal bileşiklerden sayabileceğimiz 100'ü aşkın bor mineraline ilaveten yapay yollardan elde edilen bor bileşiklerinin sayısı da gün geçtikçe artmaktadır. Bor minerallerine eşlik eden element olarak en çok oksijeni görmekteyiz. Başka bir deyişle, bor mineralleri aslında kompleks oksitlerdir. Ülkemiz, dünya bor mineralleri rezervinin yaklaşık %70'ine sahiptir. Bu anlamda yurdumuz bir bor oksit deposu ve cennetidir. Doğal bor mineralleri, değişik endüstri alanlarında hiçbir kimyasal dönüşüme uğratılmaksızın doğrudan katkı maddesi olarak kullanıldığı gibi kimyasal dönüşüme uğratarak çeşitli bor bileşikleri halinde çok değişik endüstriyel üretim sektörlerinde kullanılmaktadır. Ülkemizde en bol bulunan bor mineralleri, kolemanit, boraks, tinkal ve üleksittir.

Bor elementi kovalent bağlı moleküler ağ-yapı özelliğine sahip kararlı türler oluşturma kapasitesi bakımından karbonu andırmaktadır. Karbonlar, metaloboranlar, fosfokarbonlar gibi özel sınıflar oluşturan binlerce bor bileşiği sentezlenmiştir. Elementsel bor ve boratlar genelde toksik değildir, kullanırken özel bir dikkat ve bakım gerektirmezler. Ancak bazı bor hidrojen bileşikleri zehirlidir ve kullanılırken dikkat gerektirirler [5].

Kalsiyum boratlı bileşikler ve genel özellikleri hakkında da kısa bir literatür bilgisi verecek olursak, $\text{Ca}_3(\text{BO}_3)_2$ bileşiği R-3c uzay grubu ile trigonal kristal yapıya sahip olup ve kristal kafes parametreleri ise; a: 6.6377 Å, c: 11.849 Å ve Z: 6 [6-7]. $\text{Ca}_3(\text{BO}_3)_2$ kristaline, Nd^{3+} , Dy^{3+} ve Er^{3+} katkılıdırıldığında, $\text{Ca}_3(\text{BO}_3)_2$ bileşiğinin önemli bir lazer uygulamasına sahip yüksek teknolojik bir malzemeye dönüştüğü ilgili referans makalelerde belirtilmektedir [8-10].

Kalsiyum içeren değişik formlarda borat tipli bileşikleri mevcut olup, CaO bileşiğini B_2O_3 ile birleşimi sonucu gerçekleşirler. Kalsiyum boratlı bileşiklerde tetraboratların yanında metaborat, piroborat ve ortoboratlı formlarda mevcuttur. Bunların yanında hidroksil (-OH) grubu içeren boratlı formlarda mevcut olup, bunların önemli bir kısmına doğada mineral şeklinde rastlanılmaktadır [11]. Ülkemizde de en çok rastlanılan doğal formda olan kolemanit ($\text{CaB}_3\text{O}_4(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) minerali bir tür kalsiyum borat türünde bir bileşik olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 1.1: CaO-B₂O₃ faz sistemi.

Şekil 1.1'deki CaO-B₂O₃ faz diyagramına baktığımızda CaB₄O₇, CaB₂O₄, Ca₂B₂O₅ ve Ca₃(BO₃)₂ bileşiklerinin değişik mol kompozisyonu (CaO-B₂O₃) oranlarında oluştuğunu görülmektedir [11].

1.2 Kimya Literatüründe Kalsiyum Boratlı Bileşikler Hakkında Yapılan Çalışmalar

Fujimoto ve arkadaşları [12], seryum ile aktive edilmiş, CaB₂O₄ kristallerinin, fotoluminesans ve termoluminesans ile çalışmalarında seryum katkılı bir CaB₂O₄ kristali üzerinde çalıştıklarını, seryum katkılı kristali, nitrojen atmosferi altında platin pota kullanılarak basit katılaştırma yöntemiyle hazırladıklarını, elde edilen ürünü, 325 nm dalga boyu kullanılıp uyarılarak dalga boyu aralığı, 350-370 nm'de bir PL emisyon bandı analizinin yapıldığını bunu da ve Ce³⁺'ün emisyon izinli geçişi olan 5d (t_{2g}) → 4f (²F_{5/2}, ²F_{7/2}) olarak tanımlamışlardır. Ce³⁺'ün floresan kuantum verimliliği ve bozunma süresi sırasıyla yaklaşık %70 ve 29 ns olarak belirlenmiştir. TL ve PL spektrumlarının, Ce³⁺'ün 5d→4f yayılım bandının 350-370 nm dalga boyu aralığında gerçekleştirildiği rapor edilmiştir. Bileşiğin sentezinde, Ce³⁺'ün katılanmasının, CaB₂O₄, basit katılma yöntemiyle büyütüldüğü, başlangıç malzemeleri olarak CaCO₃, H₃BO₃ ve CeO₂ tozlarının stokiometrik oranlarda kullanılarak bir karışımından hazırladığı ve bu karışım platin

kroze içinde, elektrikli fırında 1160°C’de (CaB₂O₄ maddesinin erime sıcaklığı) nitrojen atmosferi altında yaklaşık 10 saat bekletildiği ve daha sonra fırının dakikada 1°C soğutulmuş oda koşullarında getirilerek maddenin sentezlendiği belirtilmektedir [12]. Termoluminisans (TL) analizlerinde, farklı sıcaklıklarda iki farklı çalışmanın yapıldığı, Ce³⁺ katkılı ve katkısız örneklerin çekiminde katkısız kristal için TL ışımaya eğrisi 452 K, 510 K ve 610 K’de üç tepe noktası gözlenirken, katkılı kristaldeyse sadece 360 K’de, yoğun bir ışımaya zirvesi gözlemlendiği, bu durumun Ce³⁺ iyonunun kristal yapıda oksijen nokta kusur boşluklarına ya da kalsiyum boşluklarına girmesiyle oluştuğu düşünülmektedir, ayrıca Ce³⁺ iyonunun Ca²⁺ katyonik alanlarda yerleştiği beklenmektedir. Ce³⁺ katkılı kristalin 1-1000 mGy ışınlama doz aralığında iyi bir lineer davranış sergilediği bu çalışmada bildirilmiştir [12].

Zhou ve arkadaşlarının [13], 2021 yılında yaptığı son çalışma olan “First-principles study of persistent luminescence mechanisms in CaB₂O₄:Ce³⁺” Yoğunluk Fonksiyonel Teorisine (DFT) dayalı ilk prensip hesaplamalarını yapmışlardır. CaB₂O₄:Ce³⁺ fosforlarında kalıcı luminesansın (PersL) ilk olarak, enerjileri ve Stokes kaymaları ve içsel boşlukların (Ca, O, B ve BO) enerjileri ve termodinamik geçiş seviyeleri, antisite konaktaki kusurlar (B, Ca) ve Ce³⁺ iyonları, CaB₂O₄’ün PersL’si üzerindeki etkilerini anlamak için hesaplar yapmışlardır.

Huang ve Liu [14] fosforesans özellikli CaB₂O₄:Eu³⁺ bileşiğini, Ca₄B₁₀O₁₉.7H₂O:Eu³⁺ maddesini öncü kullanarak termal dönüşüm yöntemi ile hazırladıklarını ve karakterize ettiklerini belirtmektedirler. Elde edilen bileşiğin, luminesans özelliğinin üzerinde öncünün hazırlama koşullarının ve öncünün kalsine etme sıcaklığının etkilerini araştırıldığını ve sonuç olarak maksimum ışıltama yoğunluğuna sahip CaB₂O₄:Eu³⁺ fosforunun, öncünün 900 °C’de, 4 saat boyunca kalsine edilmesiyle elde edildiğini, burada öncünün ağırlıkça %0,6 PEG4000 destekli hidrotermal proseste 120 °C’de, 24 saat boyunca hazırlandığını rapor etmişlerdir. Ayrıca, bu yöntemle hazırlanan CaB₂O₄:Eu³⁺ fosforun, geleneksel yüksek sıcaklık katı-hal yöntemiyle sentezlenen CaB₂O₄:Eu³⁺’dan daha iyi dağılım ve çok daha güçlü emisyon yoğunluğuna sahip olduğu ve bunun da CaB₂O₄:Eu³⁺ fosforun luminesans yoğunluğunun, mevcut yeni hazırlama yöntemi ile başarıldığını belirtmektedirler [14].

Zhao ve arkadaşları bir çalışmada da bir dizi yeni tip metaborat fosforu CaB₂O₄:Tb³⁺Li⁺ geleneksel katı-hal reaksiyon yöntemiyle başarılı bir şekilde sentezlendiklerini, numunelerin kristal yapıları, toz X-ışını kırınımı ve FTIR (Fourier dönüşümlü kızılötesi)

spektrumu ile karakterize edildiğini bildirmişlerdir. Uyarma ve emisyon spektrumlarının, bu fosforların 373 nm’de etkin bir şekilde uyarılabileceğini ve Tb^{3+} ’nin $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$ geçişine bağlı olarak 548 nm’de parlak yeşil emisyon sergilediğini gözlemlemişlerdir. Yapılan çalışmada dopant (katkılanan) iyonlarının konsantrasyonunun luminesans üzerindeki etkisi de incelenmiştir. %5 mol’e yakın Tb^{3+} doping konsantrasyonunun optimum olduğunu ve konsantrasyon sönmesinin Tb^{3+} doping konsantrasyonu %5 mol’ün üzerinde olduğunda gerçekleştiğini deneysel olarak bulmuşlardır. Ayrıca bu konsantrasyon söndürme mekanizmasının bir dipol-dört kutuplu etkileşimden kaynaklandığını ve kritik transfer mesafesini yaklaşık 14.34 Å olarak hesaplamışlardır. Yapılan bu çalışmayla, bu fosfor özellikli bileşiğin, yakın ultraviyole ışık tarafından pompalanması ile yaydığı yeşil renkli, fosfor özellikli bir madde olduğunu yaptıkları çalışma ile göstermişlerdir.

Mohan ve arkadaşları [15], bir dizi Dy^{3+} katkılı CaB_2O_4 fosfor maddesini, geleneksel katı hal reaksiyon yöntemiyle sentezleyerek XRD analizleriyle, numunenin kristal yapısının ortorombik CaB_2O_4 ile iyi bir şekilde eşleştiğini ve FTIR (Fourier dönüşümlü kızılötesi) spektra ile de numunelerde bulunan çeşitli titreşim bağlarını karakterize ettiklerini, ayrıca SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) görüntüleri ile hazırlanan fosforun düzensiz morfolojiye sahip bir mikroyapıya ait olduğunu belirttiklerini görmekteyiz. Hazırlanan fosfor örneklerinin, 350 nm uyarma dalga boyu altında mavi ($^4F_{9/2} \rightarrow ^6H_{15/2}$), sarı ($^4F_{9/2} \rightarrow ^6H_{13/2}$) ve kırmızı ($^4F_{9/2} \rightarrow ^6H_{11/2}$) bölgelerinde emisyon sağladığı anlaşılmıştır. Alkali metal Li^+ , Dy^{3+} iyonlarının luminesans yoğunluğunu da artıran fosfor sisteminin yük nötrürlüğünü korumak için eklendiği belirtilmektedir. CIE (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) kromatiklik çalışmalarının, hazırlanan fosfor numunelerinin beyaza yakın ışık yayılımı sergilediğini ve buna karşılık gelen ilişkili renk sıcaklığının (CCT) soğuk bölgede görüldüğünü göstermektedir. Sonuçlar ise sentezlenen fosforların yakın morötesi (NUV) bölgesinde beyaz ışık yayan diyotlar alanında potansiyel uygulamaya sahip bir fosfor özellikli bir madde olduğunu göstermektedir [15].

Huang ve arkadaşlarının [16], yeni bir borat $CaB_2O_4 \cdot 0.5H_2O:Eu^{3+}$ mikro yapılu fosfor bileşiğini, hidrotermal yöntemle sentezlenmişler ve luminesans özelliklerini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada yüzey aktif maddelerin ve Eu^{3+} doping miktarının numunelerin ışıltama özellikleri üzerindeki etkilerini incelediklerini görmekteyiz. Sonuçlarında ise, sürfaktanların girişinin $CaB_2O_4 \cdot 0.5H_2O:Eu^{3+}$ kristal yapısını etkilemediğini, ancak emisyon yoğunluğunu değiştirdiğini gözlemlediklerini, numunenin

söndürme konsantrasyonu %5 Eu^{3+} doping oranında bulduklarını, sonuç olarak da, $\text{CaB}_2\text{O}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}:\text{Eu}^{3+}$ ile rapor edilen $\text{CaB}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ karşılaştırıldığında, $\text{CaB}_2\text{O}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}:\text{Eu}^{3+}$, $\text{CaB}_2\text{O}_4:\text{Eu}^{3+}$ 'dan daha iyi kırmızı renk saflığı sergileyerek bu hidratlı borat konakçı fosforun, yeni bir potansiyelleştirilmiş fosfor olarak hizmet edebileceğini rapor etmişlerdir [16].

1.3 Luminesans Işıma ve Genel Özellikleri

Işıldama veya luminesans, bazı maddelerin, ısısı değişmeksizin elektromanyetik ışınım yaymasıdır, bu olay ışıldama olarak da bilinir. Başka elektromanyetik ışınım kaynaklarından temel farkı, kaynağın ısısında bir değişme olmamasıdır. Bu yönüyle ışıldama, kara cisim ışımasından farklıdır, “soğuk ışık” olarak da adlandırılır. Işıldama, herhangi bir cismin dış bir kaynaktan herhangi bir şekilde aldığı enerjinin bir kısmını elektromanyetik ışınım olarak salmasıdır. Işıldama, neon ve floresans lambaları, televizyon, yıldırım, kutup ışıması, ateşböcekleri gibi bazı canlılardaki organik bileşikler, bazı sentetik boyalarda da görülür.

Işıldamaya yol açan enerji kaynakları, elektron akışı, elektrik ya da manyetik alan, morötesi ışınım, alfa parçacıkları salınımı şeklindedir. Bu yolla uyarılmış atomlar, kararlı hallerine dönerken dışarıya ısı ya da elektromanyetik ışınım (ya da ikisi birlikte) yoluyla enerji verirler. Atomdaki bu uyarılma en dıştaki elektron kabuğunda oluşur. Belirtilen şekilde uyarılan atomun en dış elektron kabuğundaki elektron valans ya da değerlilik elektronu, bir üst enerji düzeyine yükselir. Ancak bu enerji düzeyi kararsız olduğundan tekrar eski enerji düzeyine düşecektir.

Bu, elektronun aldığı enerjii geri vermesidir ve bir foton salınımı olarak gerçekleşir. Herhangi bir atom tarafından yayınlanan ışımının frekansı, elektronun çekirdek çevresindeki dönüş frekansına bağlıdır. Farklı atomların dış elektron kabuğu farklı olduğu için salınan ışınımın frekansı da değişik olacaktır. Elektron çekirdeğe yakınsa dönüş frekansı artacaktır. Bunun sonucunda da yayınlanan ışımının frekansı yüksek olacaktır. Işıldama özelliği minerallerin değişik koşulları altında aktivatör denilen yabancı maddelerin etkileri sonucunda gelişmektedir. Işıldamanın tetikleyici enerji kaynağına göre sınıflandırılması aşağıdaki gibidir;

- Isıl ışıldama (termoluminesans)
- Optik uyarmalı ışıldama (OSL)

- Sürtünmeyle ışıldama (triboluminesans)
- Kimyasal ışıldama
- Elektriksel ışıldama
- Radyo ışıldama

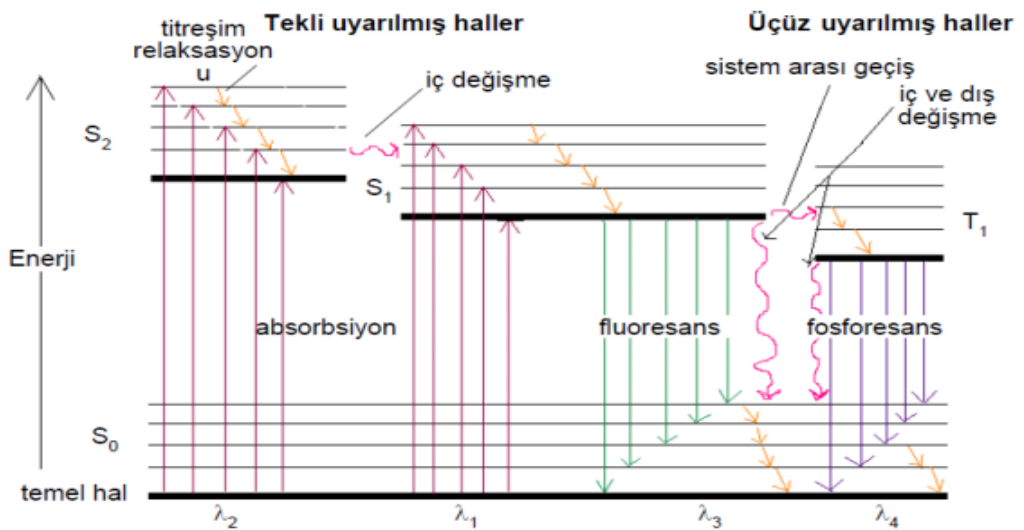
ışıldama ile görünür ışık yayılması (fotoluminesans) olayının gerçekleşme süresine (elektronun temel enerji düzeyine geri dönmesi için geçen süre) göre sınıflandırılması ise aşağıdaki gibidir; Flor ışıldama (fluoresans): $t < 10^{-8}$ sn ve Fosfor ışıldama (fosforesans): $t > 10^{-8}$ sn. Fosforesans, 10^{-4} saniyeden daha az ise kısa, dakikalık sürelerde ise uzun, saatlik sürelerde ise çok uzun ve 10 saatten fazla süreli ışımaya yapıyorlarsa süper ışıldarlar olarak sınıflandırılmaktadır. Gerçekte luminesans ışımaya, dalga boyu olarak görünür bölgeye düşen bir ışıktır, ışımaya bir maddenin dışarıdan verilen bir enerji ile uyarılması ile gerçekleşir. Luminesans ışımaya şu şekilde tanımlanmaktadır, bir malzemenin atomik hali veya moleküler hali olsun herhangi bir enerji kaynağı kullanılarak madde uyarıldıktan sonra tamamen kendine özgü dalga boyunda ışık yayması olayına bizler luminesans adı veriyoruz, luminesans ışımaya en temel özelliği ise ışımaya sonucunda maddenin ısısında herhangi bir değişim gözlenmez, bu özelliği nedeni ile de bu ışımaya daha önce bahsettiğimiz gibi soğuk ışık olarak tanımlanmaktadır. Luminesans ışımaya yapan malzemeler uyarılma enerjisinin bir kısmını soğurabilir, depolayıp daha sonra onu ışık olarak da yayabilir. Floresans ve fosforesans ışımaları luminesans terimi içinde birleştirilmiştir. Floresans ışımaya, uyarılma süresi içinde devam eder, eğer uyarıcı güç kaynağı kapatıldıktan sonra da belirli bir süre daha ışımaya devam eder ise bu olaya fosforesans adı verildiğini belirtmiştik. Luminesans ışımaya birçok çeşidi bulunan atomik düzeyde bir doğa olayı olduğundan bunun da farklı türleri vardır, literatürde en çok bilinenleri kısaca sıralarsak, bunların; fotoluminesans elektroluminesans, biyoluminesans, sonoluminesans, triboluminesans, kemiluminesans, katotoluminesans, radyoluminesans, termoluminesans, gibi türlerini yazabiliriz. Luminesans türleri hakkında sınıflandırma yaparsak; Termoluminesans (TL), uyarılmanın termal olarak ısıtma ile veya soğutma ile yapıldığında ortaya çıkan luminesans olayıdır, Kemiluminesans, kimyasal tepkimelerde, açığa tepkime enerjisinin ortamdaki malzemeleri uyarılmasıyla ortaya çıkan luminesans ışımaya olarak adlandırılır. Fotoluminesans ışımaya ise uyarılmanın elektromanyetik dalga ile yapıldığı luminesansa verilen adıdır. Fotoluminesans ışımaya iki çeşittir, birinci türde, fotoluminesans uyarılma süresi boyunca malzemenin kendine özgü dalga boyunda ışık vermesi olayıdır. Uyarıcı kaynaktan gelen etki kesilince luminesans da son bulur. Bu tür

luminesansa floresans adı verilir. Spektroskopide yararlanılan luminesans olaylarının çoğu floresanstır, ikinci türdeki luminesans ışımada ise uyarıcı kaynaktan gelen enerji kesildikten sonra bir süre daha devam eden luminesans olayıdır, bu olay fosforesans olarak adlandırılır. Uyarılma enerjisi elektrot tepkimesinden sağlanıyorsa, bunun sonucu gözlenen luminesans olayına elektroluminesans veya elektro kemiluminesans adı verilir. Biyolojik sistemlerde gözlenen luminesansa ise biyoluminesans denilmektedir. Luminesans olayları Jablonski diyagramı adı verilen hipotetik bir şekil üzerinde açıklanabilir (Şekil 1.2).

Işık saçan maddeler, genelde kükürtlü, selenür, oksisülfür, borat, alüminat, galat, arsenat, niobat, fosfat, silikat, alüminosilikat, sülfat, titanat ve halojenür gibi iyonları içeren çok sayıda anorganik tuzları kapsayan kristal yapıları maddelerdir [17]. Bu tipteki maddeler, kristal fazda, yüksek ısılarda katı-hal tepkimeleri ile sentezlenebilir ve soğurdukları enerjiyi uzun bir sürede veya hemen ışık olarak yayımlama özelliklerine de sahiptirler. Fosforlar veya luminofosforlar olarak da bilinen bu tip ışıldar maddeler, yüksek teknoloji malzemeleri olmanın yanında, aynı zamanda da aydınlatma, ışıklandırma tüpleri, X-ışını görüntüleyicileri ve sensörleri, katot ışını tüpleri, lazerler, optik hafızalar, plazma, projeksiyon panelleri, fiber optik termometreleri gibi günlük yaşamımızda yaygın şekilde kullanıldıkları görülmektedirler [18]. Uzun süreli floresans özellikli malzeme üretmek için yapılan ilk çalışmalar yaklaşık 100 yıl öncesine dayanmaktadır. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen ilk ışıldar bileşik $ZnS:Cu^{+}$ dır ve ışımaya süresi yaklaşık 40 dakikadır. Bileşikte Cu^{+} iyonları elektron tuzaklarının oluşmasını sağlayarak ışımaya süresini uzatmaktadır. Bu sebeple ikinci bir metal iyonu katkısı ile ışımaya süresinin daha fazla uzayacağı düşünülerek $ZnS: Cu^{+}, Co^{2+}$ ışıldarı elde edilmiş ve yaklaşık 1,5 saat ışımaya yaptığı görülmüştür. ZnS tipi birçok ışıldarlar da geliştirilerek, gece görüş malzemeleri ve gösterge panellerinde kullanılmıştır. Etkili ve uzun süreli bir ışımaya için ana kristalin kimyasal yapısı, aktivatör ve yardımcı aktivatörün türü, katkı oranı, katkı işlemi ve süresi ile katkı sıcaklığı önemli değişkenlerden olduğu bilinmektedir. Işıldarların kristal yapısı içerisine çok düşük konsantrasyonlarda aktivatör atomları yerleştirilerek değerlik ve iletim bandı arasında ek enerji bantları oluşturulabilir ve bu aktivatörler iyon uyarma ve ışımaya sürecinde aktif bir merkez olarak yer alırlar. Bir moleküldeki ışımaya ve ışımaya geçişleri Jablonski diyagramından görebiliriz. (Şekil 1.2) [19]. Moleküller arası enerji transferini temsil eden grafiğe Jablonski diyagramı denilmektedir. Floresans rezonans enerji transferleridir ve bu diyagram adını Polonyalı fizikçi Aleksander Jablonski'den almaktadır, yukarıda da

belirttiğimiz gibi floresans, fosforesans konuları incelendiğinde Jablonski enerji diyagramı olayları açıklamak için kullanılmaktadır.

Yukarıdaki şekilde bir molekülün uyarılmaları ve bu uyarılmaların hangi yollarla sonlandığı diyagram şeklinde verilmiştir. İşte bu diyagrama Jablonski diyagramı denilmektedir. Diyagramdaki yatay kalın çizgiler her bir elektronik enerji düzeyinin en altındaki titreşim enerji düzeylerini, ince çizgiler ise her bir elektronik enerji düzeyinde bulunan titreşim enerji düzeylerini göstermektedir. Elektronik enerji düzeyleri başlıca temel (S_0) ve uyarılmış ($S_1, S_2\dots$) singlet ve uyarılmış triplet (T_1) enerji düzeyleridir. Diyagramdan görüldüğü gibi, bir molekülün uyarılması, S_0 dan S_1 'e λ_1 ; S_0 dan S_2 ye λ_2 (daha kısa) dalga boylu ışınların soğurulmasıyla sağlanabilir. Moleküllerde elektronik uyarılmalar yanında titreşim uyarılmaları da olur. Doğrudan triplet hale (S_0 dan T_1 'e) uyarılma gözlenmez buna yasaklanmış geçiş denilmektedir. Foton soğurularak uyarılma süreci çok hızlı ($10^{-14} - 10^{-15}$ s) bir olay olup, çok kısa bir sürede gerçekleşir. Uyarılmış molekül birkaç adım üzerinden geçişler yaparak temel hale döner. Bu geçişler başlıca floresans, fosforesans gibi foton yayımı ve titreşim geçişleri, iç dönüşüm, dış dönüşüm, sistemler arası geçiş, ön ayrışma gibi ışımasız ısı, kinetik geçişlerdir. Temel hale dönüş, uyarılmış halin ömrünü en aza indiren geçiştir. Örneğin floresans geçişi, ışımasız süreçlere göre daha hızlı ise, o zaman moleküller büyük oranda floresans geçişiyle temel hale dönerler. Öte yandan ışımasız geçiş daha hızlı ise, o zaman da floresans ya hiç olmaz ya da çok düşük şiddetle gerçekleşir.



Şekil 1.2: Jablonski enerji diyagramı [19].

1.4 Boratlı Bileşiklerde Luminesans Özellikler

Luminesans materyaller; Eu^{2+} katkılandırılmış oksitlerin çoğunda uyarılma UV bölgesinde meydana gelir ve uyarılmanın hemen sonrasında ultraviyole, viyole (menekşe, mor rengi) yahut mavi renkli ışımaya emisyonu gerçekleşir. Oysaki Eu^{2+} dop edilmiş $\text{Ba}_2\text{LiB}_5\text{O}_{10}$ ve $\text{Ba}_2\text{Mg}(\text{BO}_3)_2$ konukçu bileşiklerinde spektrumun kırmızı bölgesine kadar kayan uzun dalga boylu emisyon gözlenmiştir. Geçmişte, emisyonun rengi büyük ölçüde doplayıcı iyonun (burada Eu^{2+}) çevresi temel alınarak açıklanmıştır. Yeni geliştirilen bir modelde ise vurgu değiştirilmiştir. Yeni modelde vurgu oksijen atomu (O), koordinasyon sayılarına ve geometrilerine kaydırılmış ve böylece boratlarda gözlenen geniş uyarılma aralığı ile Eu^{2+} 'de görülen yaygın emisyon enerjileri açıklanabilmiştir. Bu modele göre, uzun dalga boylu (yeşil ve kırmızı) Eu^{2+} emisyonu, üç veya daha fazla sayıda ağır atom (Ba, Sr gibi) tarafından sarılmış, O atomları içeren konukçularda gözlenirken, kısa dalga boylu emisyon, sadece bir veya iki Ba/Sr atomuyla koordine olmuş O atomları içeren bileşiklerde gözlenir. O koordinasyon çevrelerinin ideal geometrilerden sapması durumunda ise daha uzun boylu emisyonun neden olurlar [20, 21].

$\text{Eu}(\text{II})$ borat ve Eu^{2+} aktiflenmiş stronsiyum borat bileşiklerinin, $\text{Sr}_{1-x}\text{Eu}_x\text{B}_2\text{O}_4$, $\text{Sr}_{1-x}\text{Eu}_x\text{B}_4\text{O}_7$ ve $\text{Sr}_{1-x}\text{Eu}_x\text{B}_6\text{O}_{10}$ detaylı luminesans özelliklerinin çalışıldığı literatürde görülmektedir. Yüksek basınç ortamında, sentezlenen EuB_2O_4 ve SrB_2O_4 . Eu^{2+} luminesans ışımalarının da Eu^{+2} iyonunun $(4f^7) \rightarrow (4f^6)(5d)$ 'ye geçişi ile açıklandığı görülmektedir [22].

1.5 Tez Konusunun Amacı

Bu tez çalışmasında amacımız, özellikle bazı kalsiyum boratlı bileşiklerin, $\text{Ca}_3(\text{BO}_3)_2$, CaB_4O_7 , CaB_2O_4 , $\text{Ca}_2\text{B}_2\text{O}_5$ ve kolemanit mineralinin ($\text{CaB}_3\text{O}_4(\text{OH})_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), teknolojik ve endüstriyel kullanımları yoğun olan metal boratlı tipteki bileşikler olması nedeni ile, CaO ve bor kaynağı olarak B_2O_3 ve H_3BO_3 kullanılarak kül fırında, yüksek sıcaklık aralığında (700-1000 °C) ve açık atmosfer ortamında katı-katı kimyasal tepkimeleri ile kalsiyum boratlı bileşiklerin sentezlenmesi sağlanacaktır. Katkılandırılmada kullanacağımız, nadir toprak metal oksitleri (Re_2O_3), (Re^{3+} : Nd^{3+} , Ce^{3+} , Gd^{3+} ve Eu^{3+}) yazdıklarımız olup, deneysel sentezde iki farklı yöntem izlenecektir. Birinci yöntemde kristal yapıda oluşan kusursal boşluklara nadir toprak metal iyonunun girmesi, ikincisinde ise kristal örgüdeki kalsiyum iyonu ile kısmen yer değiştirerek kristal yapı içerisinde bulunması hedeflenecektir. Elde edilen malzemelerin kristal yapıları, XRD tekniği ile aydınlatılacaktır. Malzemelerin optiksel luminesans özellikleri ise PL cihazı ile analiz edilecektir. Bilimsel literatürde $\text{Ca}_3(\text{BO}_3)_2$ kristaline, Nd^{3+} , Dy^{3+} ve Er^{3+} katkılandırıldığında,

$\text{Ca}_3(\text{BO}_3)_2$ bileşiminin önemli bir lazer uygulamasına sahip yüksek teknolojik bir malzemeye dönüştüğü ilgili bilimsel makalelerinin bulunması bu konudaki çalışmaları önemli kılmaktadır. Ayrıca ülkemizin bor minerallerince zengin olduğunu düşünürsek, bor madenlerimizin ekonomik katkısı yüksek olan teknolojik malzemelere dönüştürülmesiyle ilgili bilimsel çalışmalara katkı sağlayacağı inancıyla, bu tez çalışmasının konusu ve hedefi belirlenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Kullanılan Kimyasallar

Reaksiyonda CaO, H₃BO₃, B₂O₃, Li₂O₃, La₂O₃, Nd₂O₃, Eu₂O₃, Gd₂O₃, Ce₂O₃ kullanılmıştır. Kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıktadır.

2.2 Kullanılan Cihazlar

Katı-hal reaksiyonları için Protherm PLF 120/10 marka KF (kül fırını) kullanılmıştır. X-ışını toz difraksiyon çekimleri homojenize edilen toz karışımdan elde edilen peletlerle Philips marka Panalytical X-Pert Pro marka cihazdan alınmıştır. PL analizleri uyarılma kaynağı olarak 349 nm dalga boyuna sahip, Nd:YLFQ lazer ışığı kullanılarak, elde edilen luminesans ışıkları da uygun lensler ile toplanıp, Intensified Charge Coupled Device (ICDD) kamerası ile tespit edilmiştir.

2.3 Katı-Hal Yöntemi

Hedeflenen maddeyi elde etmek için kullanılacak olan bileşiğin stokiyometrik oranına uygun olarak tartılmış ve havanda iyice öğütülmüştür. Hazırlanan homojen karışım porselen kroze aktarılmıştır ve 450 °C arasındaki sıcaklıkta 4 saat boyunca kalsinasyon yapılmış daha sonra porselen kroze kül fırına konularak, 700-1000 °C arasındaki sıcaklıklara çıkarılarak 18 saat ısıtılma tabii tutulmuştur. Sonra fırın oda sıcaklığına soğuyacak şekilde ayarlanmıştır. Daha sonra sentezlenen numuneler, XRD ve PL çekimlerinin yapılması için desikatörlerde muhafaza edilmiştir.

3. BULGULAR

3.1 Deneysel Sonuçların Yorumlanması

Tablo 3.1’de yapılan deneylerin kimyasal eşitlikleri stokiyometrik oranlar dikkate alınarak hedeflenen bileşikler yaklaşık olarak verilmiştir, Tablo 3.2’de ise sentezlenen bileşiklerde katkılanma malzemesi olarak kullanılan nadir toprak metal oksitleri kütlece yüzde oranlarında ve stokiyometrik değerlerinde ayrıntılı olarak ifade edilmiştir.

Tablo 3.1: Deneylerin tablosu.

Deney Kodları	Reaksiyon Denklemleri
DENEY 1 (D-1):	$2\text{CaO} + 6\text{H}_3\text{BO}_3 \rightarrow \text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} + 9\text{H}_2\text{O}$
DENEY 2 (D-2):	$2\text{CaO} + 3\text{B}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11}$
DENEY 3 (D-3):	$2\text{CaO} + 2\text{B}_2\text{O}_3 + x\text{Nd}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Ca}_2\text{Nd}_x\text{B}_4\text{O}_{11}$
DENEY 4 (D-4):	$\text{CaO} + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{Nd}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Ca}_{0,9}\text{Nd}_{0,066}\text{B}_2\text{O}_4$
DENEY 5 (D-5):	$\text{CaO} + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{La}_2\text{O}_3 + \text{Li}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Ca}_{0,9}\text{La}_{0,066}\text{B}_2\text{O}_4$
DENEY 6 (D-6):	$\text{CaO}_{(2-x)} + \text{B}_2\text{O}_3 + x\text{Li}_2\text{O}_3 + x\text{Nd}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Ca}_{(2-x)}\text{Nd}_x\text{B}_2\text{O}_4$
DENEY 7 (D-7):	$\text{CaO}_{(2-x)} + \text{B}_2\text{O}_3 + x\text{Li}_2\text{O}_3 + x\text{Ce}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Ca}_{(2-x)}\text{Ce}_x\text{B}_2\text{O}_4$
DENEY 8 (D-8):	$\text{CaO}_{(2-x)} + \text{B}_2\text{O}_3 + x\text{Li}_2\text{O}_3 + x\text{Gd}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Ca}_{(2-x)}\text{Gd}_x\text{B}_2\text{O}_4$
DENEY 9 (D-9):	$\text{CaO}_{(2-x)} + \text{B}_2\text{O}_3 + x\text{Li}_2\text{O}_3 + x\text{Eu}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Ca}_{(2-x)}\text{Eu}_x\text{B}_2\text{O}_4$
DENEY10 (D-10):	$\text{CaO} + 2\text{B}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{CaB}_2\text{O}_4$
DENEY 11 (D-11):	$\text{CaO}_{(2-x)} + \text{B}_2\text{O}_3 + x\text{Nd}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{CaO}_{(2-x)}\text{Nd}_x\text{B}_2\text{O}_4$
DENEY 12 (D-12):	$\text{CaO}_{(2-x)} + \text{B}_2\text{O}_3 + x\text{Ce}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{CaO}_{(2-x)}\text{Ce}_x\text{B}_2\text{O}_4$
DENEY 13 (D-13):	$\text{CaO}_{(2-x)} + \text{B}_2\text{O}_3 + x\text{Gd}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{CaO}_{(2-x)}\text{Gd}_x\text{B}_2\text{O}_4$
DENEY 14 (D-14):	$\text{CaO}_{(2-x)} + \text{B}_2\text{O}_3 + x\text{Eu}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{CaO}_{(2-x)}\text{Eu}_x\text{B}_2\text{O}_4$

Tablo 3.2: Deney kodları tablosu.

KOD	Deneyler	Katkılanan Madde (KM)	KM Miktarı	Azaltılan- Artırılan Madde ve Miktarı	Fırınlanma Süresi	Fırınlanma Derecesi
KG-1	D – 1	Nd ₂ O ₃	Kütlece % 1	-	18 saat	900 °C
KG-2	D – 1	Nd ₂ O ₃	Kütlece % 2	-	18 saat	900 °C
KG-3	D – 1	Nd ₂ O ₃	Kütlece % 3	-	18 saat	900 °C
KG-4	D – 1	Nd ₂ O ₃	Kütlece % 4	-	18 saat	900 °C
KG-5	D – 1	Nd ₂ O ₃	Kütlece % 5	-	18 saat	900 °C
KG-6	D – 1	Nd ₂ O ₃	Kütlece % 6	-	18 saat	900 °C
KG-7	D – 1	Nd ₂ O ₃	Kütlece % 7	-	18 saat	900 °C
KG-8	D – 1	Nd ₂ O ₃	Kütlece % 8	-	18 saat	900 °C
KG-9	D – 1	Nd ₂ O ₃	Kütlece % 9	-	18 saat	900 °C
KG-10	D – 10	-	-	-	18 saat	900 °C
KG-11	D – 1	-	-	H ₃ BO ₃ %50 artırıldı	18 saat	900 °C
KG -12	D - 2	-	-	B ₂ O ₃ %50 artırıldı	18 saat	900 °C

Tablo 3.2 (devam)

KOD	Deneyleyler	Katkılanan Madde (KM)	KM Miktarı	Azaltılan-Artırılan Madde ve Miktarı	Fırınlanma Süresi	Fırınlanma Derecesi
KG -13	D - 2	Nd ₂ O ₃	Kütlece % 1	B ₂ O ₃ %50 artırıldı	18 saat	900 °C
KG -14	D - 2	Nd ₂ O ₃	Kütlece % 5	B ₂ O ₃ %50 artırıldı	18 saat	900 °C
KG -15	D - 2	Nd ₂ O ₃	% 10	B ₂ O ₃ %50 artırıldı	18 saat	900 °C
KG -16	D - 3	Nd ₂ O ₃	-	-	18 saat	1.000°C
KG-17	D-4	Nd ₂ O ₃	0.0066 Mol	CaO 0.1 M azaltıldı	18 saat	900 °C
KG-18	D-5	La ₂ O ₃	0.0066 Mol	CaO 0.1 M azaltıldı	18 saat	900 °C
KG-19	D-4	Nd ₂ O ₃	0.0066 Mol	CaO 0.1 M azaltıldı	18 saat	900 °C
KG-20	D-4	Nd ₂ O ₃	0.0056 Mol	CaO 0.1 M azaltıldı	18 saat	900 °C
KG-21	D-6	Nd ₂ O ₃	0.04 Mol	CaO 0.08 M azaltıldı	18 saat	850 °C
KG-22	D-7	Ce ₂ O ₃	0.04 Mol	CaO 0.08 M azaltıldı	18 saat	850 °C
KG-23	D-8	Gd ₂ O ₃	0.04 Mol	CaO 0.08 M azaltıldı	18 saat	850 °C

Tablo 3.2 (devam)

KOD	Deneyler	Katkılanan Madde (KM)	KM Miktarı	Azaltılan- Artırılan Madde ve Miktarı	Fırınlanma Süresi	Fırınlanma Derecesi
KG-24	D-9	Eu ₂ O ₃	0.04 Mol	CaO 0.08 M azaltıldı	18 saat	850 °C
KG-25	D-6	Nd ₂ O ₃	0.08 Mol	CaO 0.16 M azaltıldı	18 saat	850 °C
KG-26	D-7	Ce ₂ O ₃	0.08 Mol	CaO 0.16 M azaltıldı	18 saat	850 °C
KG-27	D-8	Gd ₂ O ₃	0.08 Mol	CaO 0.16 M azaltıldı	18 saat	850 °C
KG-28	D-9	Eu ₂ O ₃	0.08 Mol	CaO 0.16 M azaltıldı	18 saat	850 °C
KG-29	D-6	Nd ₂ O ₃	0.02 Mol	CaO 0.04 M azaltıldı	18 saat	850 °C
KG-30	D-7	Ce ₂ O ₃	0.02 Mol	CaO 0.04 M azaltıldı	18 saat	850 °C
KG-31	D-8	Gd ₂ O ₃	0.02 Mol	CaO 0.04 M azaltıldı	18 saat	850 °C
KG-32	D-9	Eu ₂ O ₃	0.02 Mol	CaO 0.04 M azaltıldı	18 saat	850 °C
KG-33	D-10	-	-	-	18 saat	850 °C
KG-34	D-11	Nd ₂ O ₃	0.01 Mol	-	18 saat	850 °C
KG-35	D-12	Ce ₂ O ₃	0.01 Mol	-	18 saat	850 °C
KG-36	D-13	Gd ₂ O ₃	0.01 Mol	-	18 saat	850 °C

Tablo 3.2: (devam)

KOD	Deneyler	Katkılanan Madde (KM)	KM Miktarı	Azaltılan-Artırılan Madde ve Miktarı	Fırınlanma Süresi	Fırınlanma Derecesi
KG-37	D-14	Eu ₂ O ₃	0.01 Mol	-	18 saat	850 °C
KG-38	D-11	Nd ₂ O ₃	0.03 Mol	-	18 saat	850 °C
KG-39	D-12	Ce ₂ O ₃	0.03 Mol	-	18 saat	850 °C
KG-40	D-13	Gd ₂ O ₃	0.03 Mol	-	18 saat	850 °C
KG-41	D-14	Eu ₂ O ₃	0.03 Mol	-	18 saat	850 °C

3.2 Sentezlenen Bileşiklerin XRD Analizlerinin Yorumlanması

KG-1-KG-9 arası yapılan deneylerde bor kaynağı olarak H_3BO_3 kullanılmıştır. Luminesans ışıması oluşturabilmek için katkılama olarak Nd_2O_3 kullanılmıştır. KG-1-KG-9 kodlu deneylerinde Nd_2O_3 miktarının kütlece değişimi Tablo 3.2’de belirtilmiştir. Elde edilen XRD grafikleri incelendiğinde, sentezlenen bileşiğin CaB_2O_4 formülünde olduğu, XRD verilerinin en yüksek “d” değerinin 3.44-3.49 aralığında değişerek gözlemlendiği ve bu yapının ICDD kart numara referansı olarak 22-140 ve 27-67’ye uyduğu görülmektedir. Bu kartlarda CaB_2O_4 bileşiği her ikisi için ortorombik kristal yapılarında olup (ICDD No: 22-140; a: 8.355 Å, b:13.816 Å ve c: 4.919 Å, ICDD No: 27-67; a: 8.38 Å, b: 13.81 Å ve c: 5.0 Å) ve kristal parametrelerinin birbirlerine çok yakın oldukları görülmektedir. KG-10’da katkısız saf CaB_2O_4 bileşiğinin sentezlenmiş XRD verileri verilmiştir. KG-11’de bor kaynağı olarak H_3BO_3 %50 oranında artırılıyor. XRD analizinde sentezlenen bileşiğin $CaB_2O_4.H_2O$ formül yapısına uyduğu görülmektedir (ICDD 16-366). KG-12’de bor kaynağı olarak B_2O_3 kullanılmıştır. Gözlemlenen bileşiğin bu durumda $Ca(BO_2)_2$ formül yapısında olduğu ve ICDD 73-79 (Ortorombik, a: 6.2046 Å, b: 11.5865 Å ve c: 4.2747 Å) numaralı karta uyum sağladığı görülmektedir. KG-13-KG-15 arasında yapılan deneylerde Nd_2O_3 oranı % kütle oranı olarak 1.5, 5 ve 10 oranında değiştirilmiştir. XRD analiz grafiklerinde KG-13’de $Ca(BO_2)_2$ (ICDD 73-79) fazı gözlemlenmiş, K-14 ve KG-15’te ise CaB_2O_4 bileşiğinin (ICDD 22-140 ve ICDD 27-67) sentezlendiği gözlemlenmiştir. KG-16’da yapılan deneyde reaksiyon sıcaklığı $1000^\circ C$ ’ye yükseltilmiştir, elde edilen bileşiğin camsı formda olduğu gözlemlenmiş, krozeden sentezlenen bileşiği ayıramadığımız için çekilen XRD’de sadece krozeeye ait Al_2O_3 (ICDD 10-973) yapısının değerleri gözlemlenmiştir. KG-17 ve KG-18’de yapılan deneylerde ise sırasıyla Nd_2O_3 ve La_2O_3 katkılama bileşikleri kullanılmıştır. XRD analizlerinde ise KG-17’de CaB_2O_4 ’ün ICDD 22-140, ICDD 27-67 gözlemlenirken KG-18’de ise CaB_2O_4 ’ün ICDD 73-79 numaralı karta ait yapı gözlemlenmiştir. Bu deneylerle birlikte Li_2O_3 eklenmeye başlanmıştır. Bunun sebebi ise ortamdaki yük dengesini lityum iyonunca sağlanması amaçlanmıştır [23]. Bundan sonraki deneylerde KG-33’e kadar Li_2O_3 yük dengesi olarak kullanılmıştır.

KG-19 ve KG-20’de Nd_2O_3 oranları yük dengesini göstererek değişik stokiometrik oranlarda kullanılmıştır. Deneysel XRD çekimlerinde en yüksek pikin $d=3.01$ Å ve 3.03 Å değerlerinde gözlemlendiği bunun da $Ca(BO_2)_2$ ICDD 73-79 numaralı kart bilgilerine uyum sağladığı anlaşılmaktadır. KG-21 ve KG-32 aralığında yapılan deneylerde ise Tablo 3.2’de belirtildiği üzere değişik stokiometrik oranlarda Nd_2O_3 , Ce_2O_3 , Gd_2O_3 ve Eu_2O_3

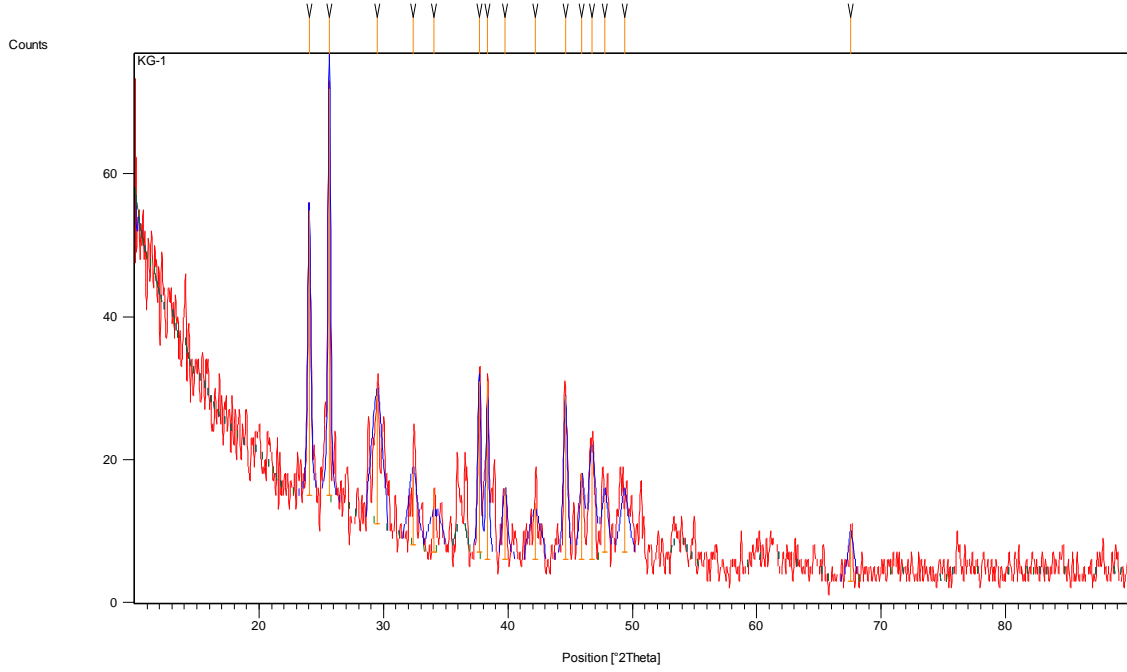
katkılama bileşikleri kullanılmıştır. Bu deneylerin XRD çekimlerinde ise KG-26 ve KG-30 no'lu deneylerde $\text{Ca}(\text{B}_3\text{O}_4)(\text{OH})_3(\text{H}_2\text{O})$; ICDD 82-1825 kart numarasına ait kalsiyum boratlı bileşik gözlemlenirken diğer deneylerde ise ICDD 73-79 kart numaralı $\text{Ca}(\text{BO}_2)_2$ bileşiği gözlemlenmiştir.

KG-33 numaralı deneyde ise herhangi bir nadir toprak metal oksit konulmadan sentezi sağlanmış, XRD grafiğinde ise bu fazın ICDD 73-79 kart numaralı $\text{Ca}(\text{BO}_2)_2$ bileşiğine benzediği gözlemlenmiştir.

KG-34 ve KG-41 deneyleri aralığında yapılan sentez deneylerinde ise yük kompensatörü olarak lityum kaynağı kullanılmadan Tablo 3.2'de belirtilen stokiyometrik oranlarda Nd_2O_3 , Ce_2O_3 , Gd_2O_3 ve Eu_2O_3 bileşikleri katkılama olarak kullanılmıştır. Sentezlenen maddelerin XRD analizleri incelendiğinde ise hemen hemen hepsinde ICDD 73-79 kart numaralı $\text{Ca}(\text{BO}_2)_2$ bileşiğine ait yapı ile uyumlu olduğu görülmektedir.

3.3 Sentezlenen Maddelerin XRD Verileri ve Grafikleri

KG-1 deneyinin, XRD grafiği Şekil 3.1'de verilmiştir. Bu deneyde luminesans iŐıması oluşturabilmek iÇin katkı malzemesi olarak Nd_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Tablo 3.3'te ise deneyin XRD olŐım değerleri verilmiştir.

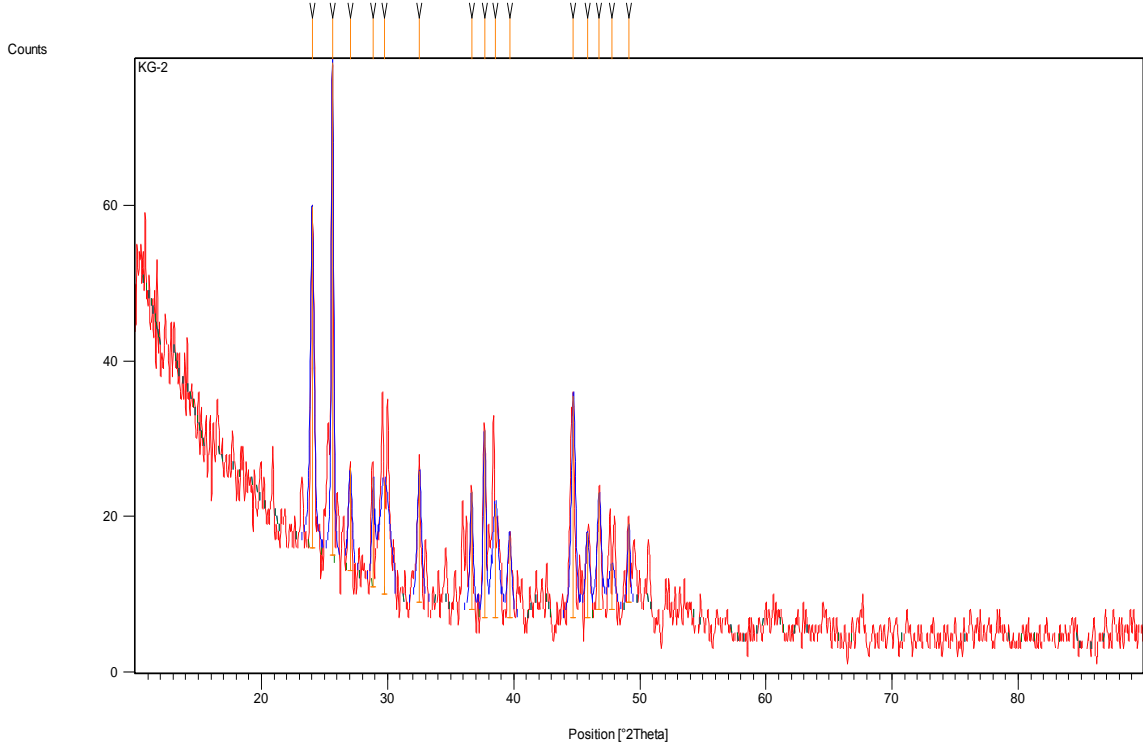


Şekil 3.1: KG-1 XRD grafiği.

Tablo 3.3: KG-1 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\theta$.]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\theta$.]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
24,0310	40,00	0,2880	3,70023	70,18
25,6468	57,00	0,2400	3,47065	100,00
29,4829	19,00	0,9600	3,02722	33,33
32,3963	11,00	0,7680	2,76132	19,30
34,0765	9,00	1,1520	2,62892	15,79
37,6977	24,00	0,2880	2,38429	42,11
38,3595	25,00	0,2880	2,34467	43,86
39,7531	10,00	0,4800	2,26562	17,54
42,1729	8,00	1,1520	2,14105	14,04
44,6236	23,00	0,3840	2,02899	40,35
45,9445	12,00	0,4800	1,97368	21,05
46,7735	16,00	0,5760	1,94062	28,07
47,7911	7,00	0,5760	1,90164	12,28
49,3655	6,00	0,7680	1,84461	10,53
67,5552	7,00	0,5760	1,38550	12,28

KG-2 deneyinin, XRD grafiği Şekil 3.2’de verilmiştir. Bu deneyde luminesans ışması oluşturabilmek için katkı malzemesi olarak Nd_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Tablo 3.4’te ise deneyin XRD ölçüm değerleri verilmiştir.

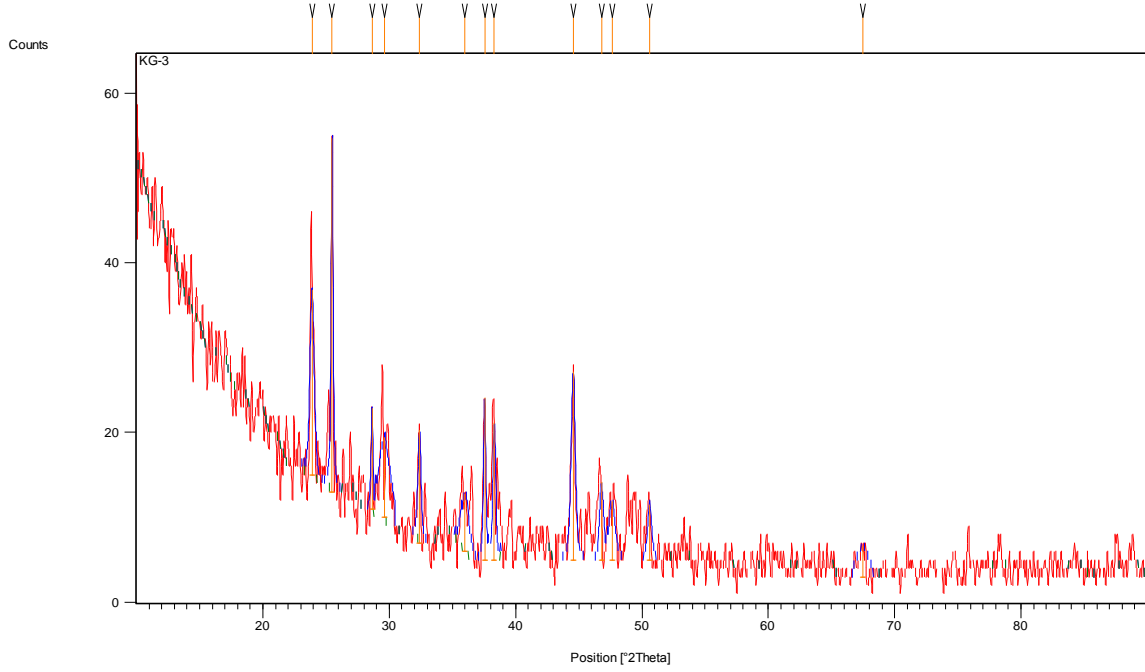


Şekil 3.2: KG-2 XRD grafiği.

Tablo 3.4: KG-2 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
24,0268	43,86	0,3360	3,70086	69,20
25,6362	63,38	0,2160	3,47205	100,00
27,0408	13,29	0,3360	3,29482	20,98
28,8665	14,03	0,2400	3,09044	22,13
29,7847	14,40	0,9600	2,99723	22,72
32,5190	16,91	0,3840	2,75119	26,67
36,6582	15,15	0,2880	2,44948	23,90
37,6849	24,10	0,2400	2,38507	38,02
38,5569	14,71	0,5760	2,33311	23,21
39,6687	10,61	0,3840	2,27025	16,74
44,7319	28,53	0,3840	2,02433	45,01
45,8484	10,95	0,3840	1,97759	17,28
46,7743	15,22	0,3840	1,94058	24,02
47,7860	5,96	0,5760	1,90183	9,40
49,1285	10,17	0,2160	1,85296	16,04

KG-3 deneyinin, XRD grafiği Şekil 3.3'te verilmiştir. Bu deneyde luminesans ışması oluşturabilmek için katkı malzemesi olarak Nd_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Tablo 3.5'te ise deneyin XRD ölçüm değerleri verilmiştir.

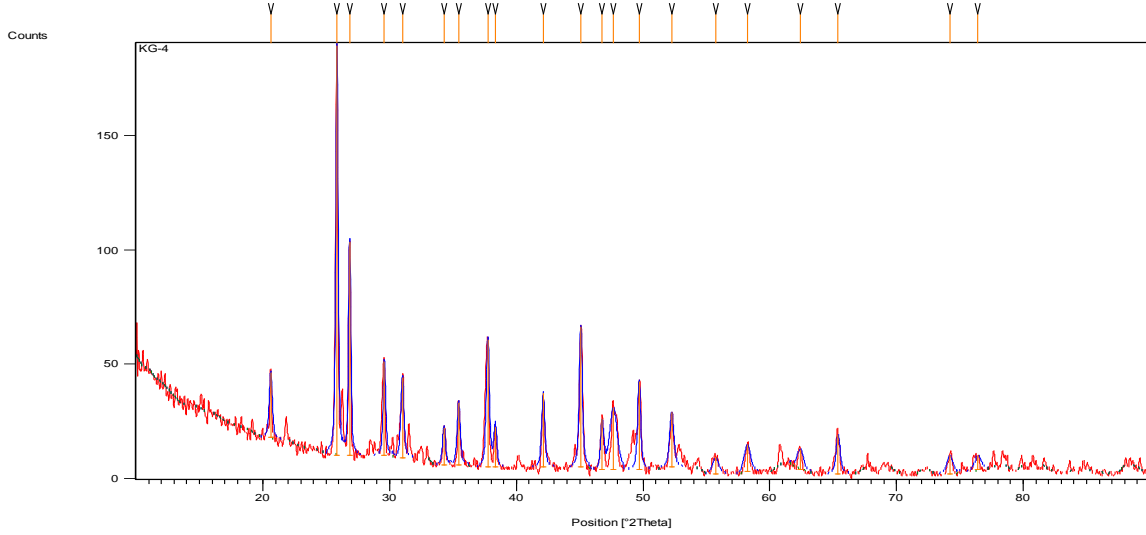


Şekil 3.3: KG-3 XRD grafiği.

Tablo 3.5: KG-3 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
23,8917	21,83	0,3840	3,72148	52,34
25,4858	41,71	0,1920	3,49221	100,00
28,6402	11,90	0,1920	3,11434	28,53
29,6476	9,43	1,1520	3,01078	22,60
32,3937	13,32	0,2880	2,76154	31,93
35,9977	6,76	0,7680	2,49289	16,20
37,5518	19,13	0,2160	2,39322	45,87
38,3154	16,18	0,2640	2,34726	38,80
44,5590	22,22	0,3840	2,03178	53,27
46,7912	9,20	0,3360	1,93992	22,07
47,6296	6,93	0,5760	1,90771	16,62
50,6080	6,53	0,3840	1,80220	15,65
67,4662	3,67	1,1520	1,38711	8,79

KG-4 deneyinin, XRD grafiği Şekil 3.4'te verilmiştir. Bu deneyde luminesans ışması oluşturabilmek için katkı malzemesi olarak Nd_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Tablo 3.6'da ise deneyin XRD ölçüm değerleri verilmiştir.

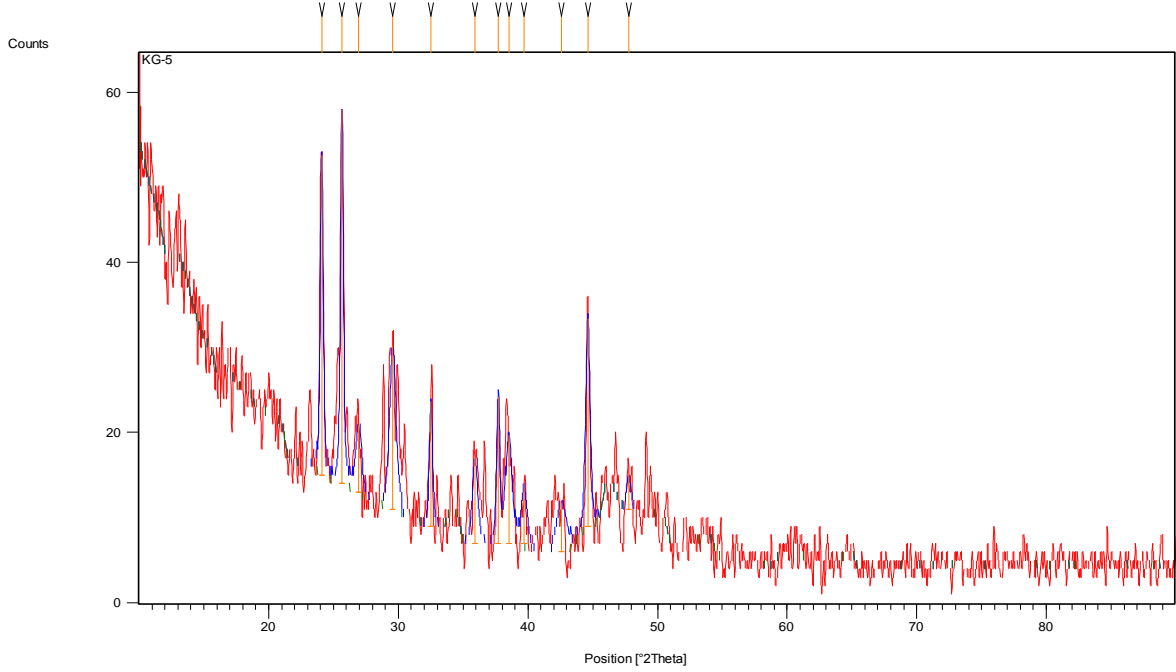


Şekil 3.4: KG-4 XRD grafiği.

Tablo 3.6: KG-4 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
20,6257	28,40	0,2880	4,30279	15,82
25,8500	179,51	0,2160	3,44383	100,00
26,8545	93,70	0,2160	3,31725	52,20
29,5902	41,33	0,2400	3,01648	23,02
31,0107	35,31	0,2880	2,88147	19,67
34,2962	16,36	0,2880	2,61257	9,11
35,4511	27,33	0,2880	2,53007	15,22
37,7528	55,69	0,2880	2,38093	31,02
38,3464	17,40	0,2880	2,34544	9,69
42,1253	32,36	0,2880	2,14336	18,03
45,0899	61,46	0,2880	2,00908	34,24
46,7751	22,18	0,2880	1,94055	12,36
47,6660	27,09	0,6720	1,90634	15,09
49,6897	38,55	0,2880	1,83333	21,48
52,2652	23,95	0,3840	1,74889	13,34
55,7170	7,43	0,5760	1,64844	4,14
58,2297	11,80	0,5760	1,58315	6,57
62,4021	8,78	0,5760	1,48694	4,89
65,3952	17,06	0,3840	1,42594	9,50
74,2141	8,02	0,5760	1,27680	4,47
76,4042	6,06	0,6720	1,24556	3,38

KG-5 deneyinin, XRD grafiği Şekil 3.5'te verilmiştir. Bu deneyde luminesans iŐıması oluşturabilmek iÇin katkı malzemesi olarak Nd_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Tablo 3.7'de ise deneyin XRD olŐım değerleri verilmiştir.

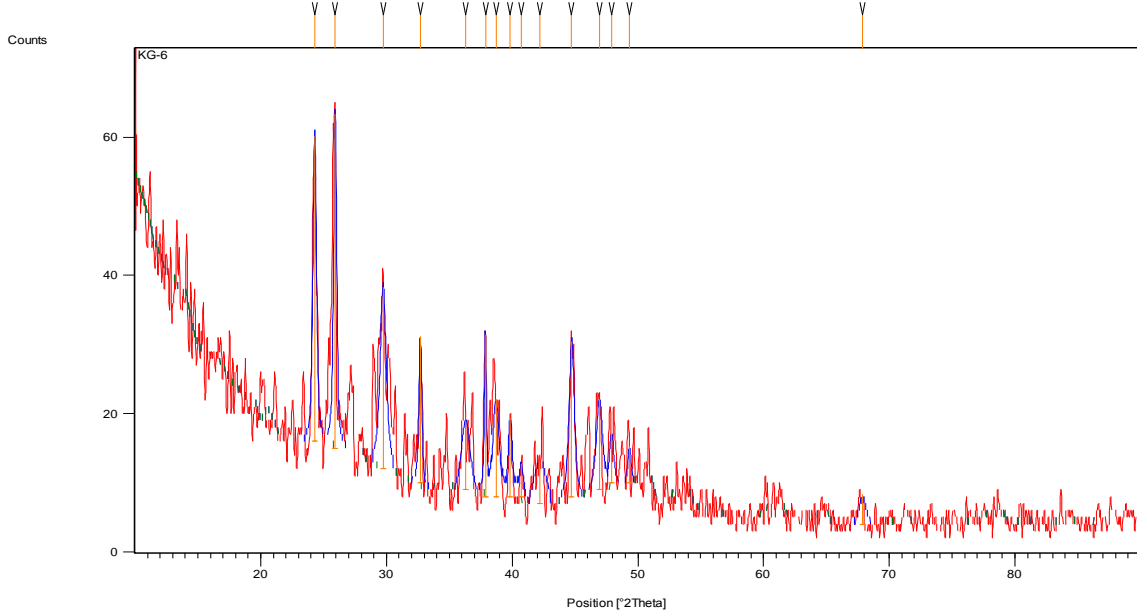


Şekil 3.5: KG-5 XRD grafiği.

Tablo 3.7: KG-5 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
24,0934	37,64	0,2640	3,69077	85,60
25,6480	43,97	0,2640	3,47049	100,00
26,9474	7,95	0,5760	3,30602	18,08
29,5730	19,17	0,5760	3,01820	43,59
32,5248	14,64	0,2880	2,75071	33,29
35,9221	10,20	0,4800	2,49797	23,21
37,7054	17,23	0,2880	2,38382	39,19
38,5318	12,74	0,5760	2,33458	28,97
39,7287	7,07	0,5760	2,26695	16,09
42,6017	5,78	0,9600	2,12049	13,16
44,6274	24,44	0,3840	2,02883	55,58
47,7769	4,14	0,3840	1,90217	9,41

KG-6 deneyinin, XRD grafiği Şekil 3.6’da verilmiştir. Bu deneyde luminesans ışması oluşturabilmek için katkı malzemesi olarak Nd_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Tablo 3.8’de ise deneyin XRD ölçüm değerleri verilmiştir.

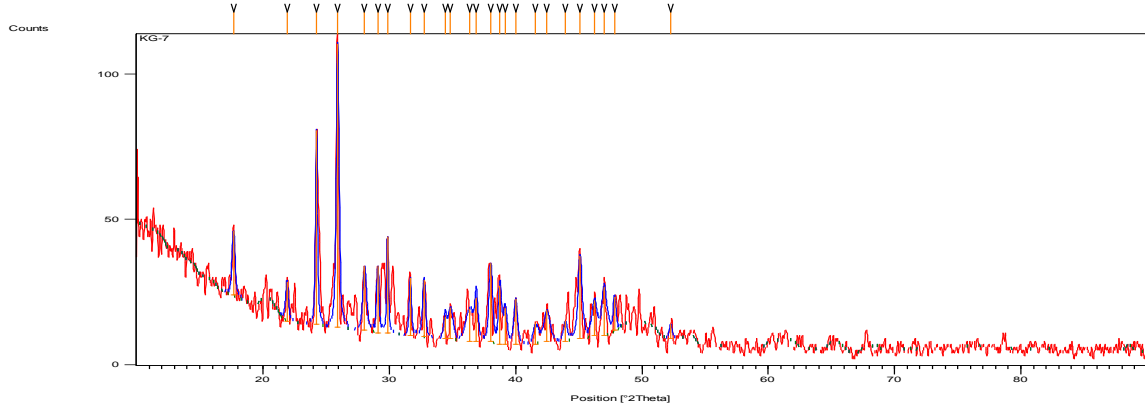


Şekil 3.6: KG-6 XRD grafiği.

Tablo 3.8: KG-6 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
24,2947	44,12	0,3360	3,66065	91,16
25,9180	48,39	0,2880	3,43494	100,00
29,7379	26,34	0,5760	3,00184	54,42
32,6966	21,17	0,2880	2,73664	43,75
36,2999	9,90	0,7680	2,47283	20,46
37,8723	23,44	0,1920	2,37370	48,44
38,7195	14,08	0,5760	2,32369	29,10
39,8482	11,34	0,3840	2,26043	23,44
40,7359	4,84	0,4800	2,21320	10,00
42,2138	6,14	1,1520	2,13907	12,69
44,7366	22,46	0,4800	2,02413	46,40
46,9468	13,07	0,5760	1,93385	27,01
47,9055	7,23	0,3840	1,89737	14,94
49,3241	5,31	0,2880	1,84606	10,96
67,8619	4,41	0,5760	1,37999	9,12

KG-7 deneyinin, XRD grafiği Şekil 3.7’de verilmiştir. Bu deneyde luminesans ışması oluşturabilmek için katkı malzemesi olarak Nd_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Tablo 3.9’da ise deneyin XRD ölçüm değerleri verilmiştir.

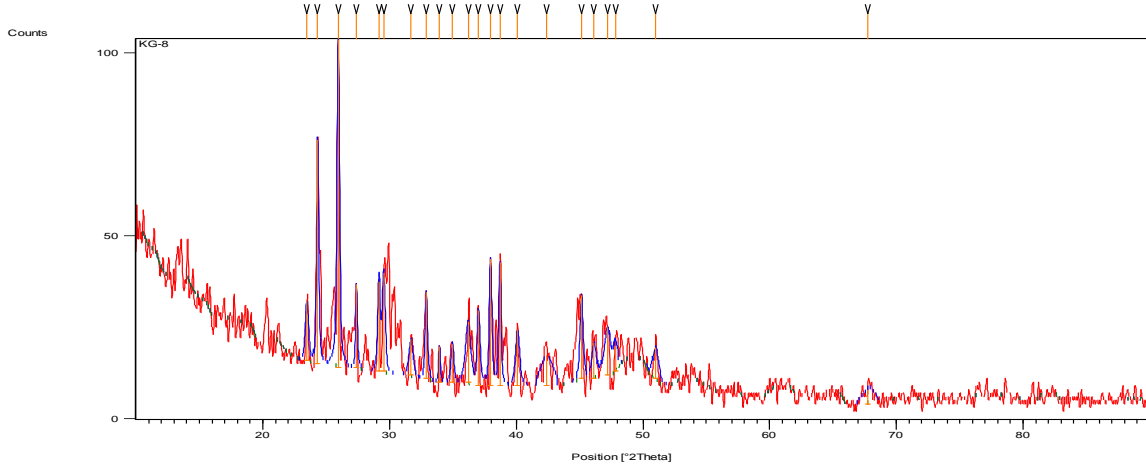


Şekil 3.7: KG-7 XRD grafiği.

Tablo 3.9: KG-7 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
17,6773	22,03	0,2880	5,01326	22,61
21,8961	13,64	0,2640	4,05593	13,99
24,2440	66,65	0,1920	3,66820	68,38
25,9179	97,46	0,2640	3,43496	100,00
28,0522	22,02	0,3360	3,17827	22,59
29,0935	22,97	0,2400	3,06684	23,56
29,8647	33,01	0,1680	2,98938	33,87
31,6703	19,96	0,2160	2,82295	20,48
32,7556	19,51	0,2880	2,73185	20,02
34,4260	7,51	0,2400	2,60302	7,70
34,8440	10,71	0,4800	2,57274	10,99
36,3609	11,21	0,7680	2,46882	11,50
36,8976	15,07	0,2880	2,43413	15,46
38,0352	26,88	0,3360	2,36391	27,58
38,7651	20,28	0,2880	2,32106	20,80
39,1733	12,50	0,3360	2,29781	12,83
40,0034	15,67	0,3360	2,25202	16,08
41,5759	7,40	0,4320	2,17040	7,60
42,4802	10,88	0,5760	2,12627	11,17
43,9485	7,17	0,3840	2,05858	7,36
45,1054	28,50	0,3840	2,00843	29,24
46,2340	12,11	0,4800	1,96199	12,42
47,0339	16,77	0,4800	1,93047	17,21
47,8384	11,28	0,2880	1,89987	11,58
52,2749	4,99	0,2880	1,74859	5,12

KG-8 deneyinin, XRD grafiği Şekil 3.8’de verilmiştir. Bu deneyde luminesans ışması oluşturabilmek için katkı malzemesi olarak Nd_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Tablo 3.10’da ise deneyin XRD ölçüm değerleri verilmiştir.

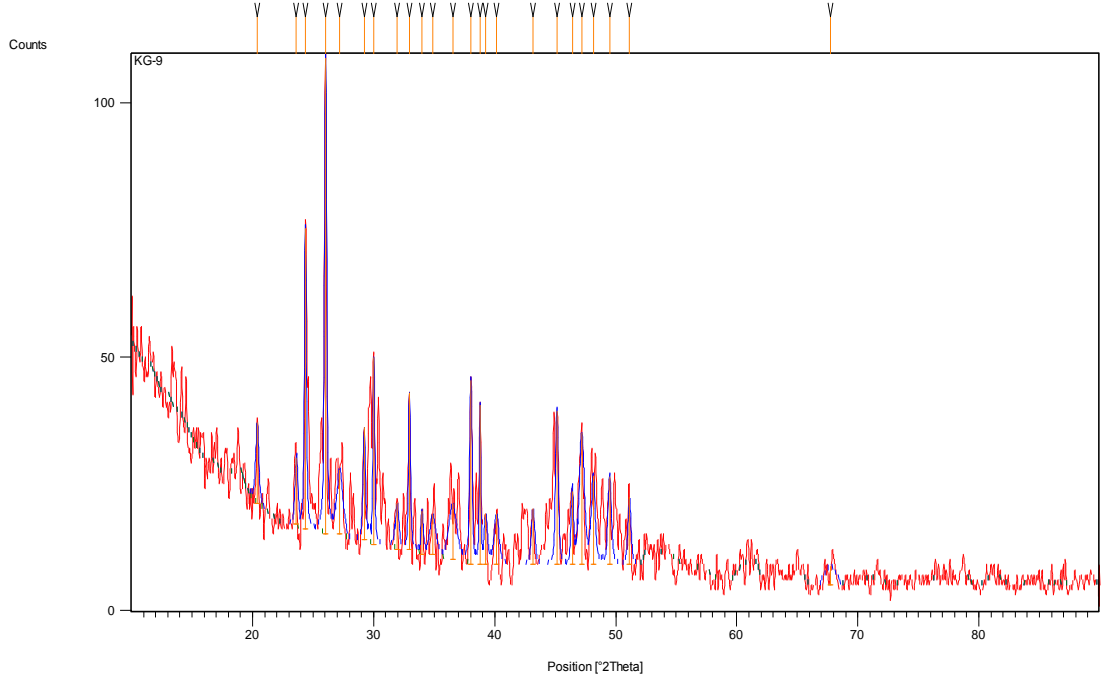


Şekil 3.8: KG-8 XRD grafiği.

Tablo 3.10: KG-8 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
23,4743	16,28	0,2880	3,78670	18,21
24,3311	61,26	0,1920	3,65526	68,49
25,9566	89,43	0,2400	3,42992	100,00
27,3957	22,75	0,1680	3,25293	25,43
29,1683	24,37	0,2160	3,05915	27,25
29,5378	26,84	0,2880	3,02172	30,01
31,7033	9,96	0,3840	2,82008	11,13
32,9046	23,60	0,2160	2,71982	26,39
33,9387	9,81	0,1680	2,63928	10,97
34,9643	10,41	0,2640	2,56417	11,64
36,2067	16,57	0,4800	2,47898	18,53
37,0311	20,58	0,2640	2,42567	23,01
37,9691	34,63	0,2400	2,36787	38,72
38,7089	33,83	0,2160	2,32430	37,83
40,0969	15,17	0,3840	2,24699	16,96
42,4128	8,31	1,1520	2,12949	9,30
45,1640	22,69	0,2880	2,00596	25,37
46,1392	9,88	0,3840	1,96581	11,05
47,2044	13,02	0,5760	1,92390	14,56
47,8241	6,90	0,3840	1,90041	7,71
51,0153	8,42	0,5760	1,78876	9,41
67,7363	3,78	1,1520	1,38224	4,22

KG-9 deneyinin, XRD grafiği Şekil 3.9'da verilmiştir. Bu deneyde luminesans iŐıması oluşturabilmek iÇin katkı malzemesi olarak Nd_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Tablo 3.11'de ise deneyin XRD olŐm değerleri verilmiştir.

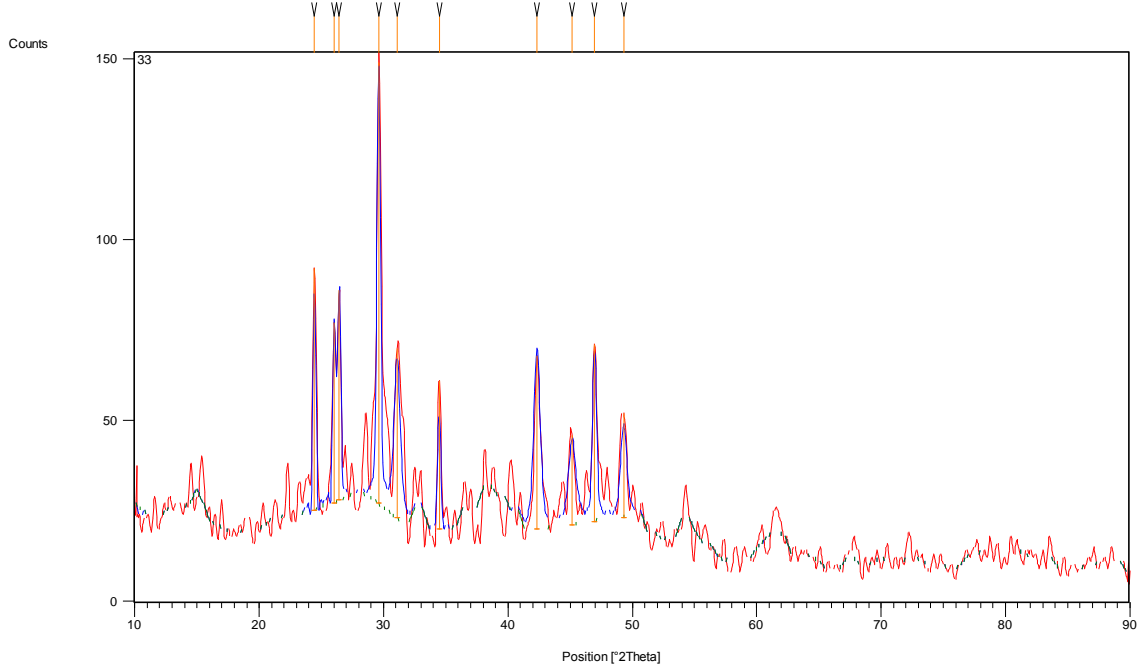


Şekil 3.9: KG-9 XRD grafiği.

Tablo 3.11: KG-9 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\theta$.]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\theta$.]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
20,3798	16,10	0,2880	4,35415	17,12
23,6229	13,13	0,2880	3,76322	13,96
24,3609	59,44	0,1920	3,65086	63,20
26,0343	94,05	0,2160	3,41987	100,00
27,1962	12,78	0,5760	3,27634	13,59
29,2308	22,16	0,2400	3,05275	23,56
30,0196	36,89	0,1680	2,97431	39,22
31,9534	9,21	0,3360	2,79858	9,80
32,9657	30,96	0,1920	2,71492	32,92
33,9900	8,57	0,2160	2,63541	9,11
34,8746	7,95	0,5760	2,57056	8,45
36,5294	11,06	0,7680	2,45782	11,76
38,0354	36,40	0,2400	2,36390	38,71
38,7934	31,50	0,1440	2,31943	33,49
39,2717	10,12	0,2880	2,29228	10,76
40,1408	10,05	0,4800	2,24463	10,69
43,1661	11,12	0,3360	2,09406	11,83
45,1397	30,44	0,2640	2,00698	32,37
46,4059	14,52	0,2400	1,95513	15,44
47,1922	26,08	0,4800	1,92437	27,73
48,1392	17,51	0,3840	1,88870	18,62
49,4975	17,48	0,3360	1,84000	18,59
51,1367	13,32	0,2880	1,78480	14,16
67,7301	3,74	1,1520	1,38235	3,97

KG-10 deneyinde katkısız saf CaB_2O_4 bileşiminin sentezlenmiş XRD verileri Şekil 3.10'da verilmiştir. Deneyi yapılan CaB_2O_4 bileşiminin XRD veri değerlerini gösteren tablo ise Tablo 3.12'de verilmiştir.

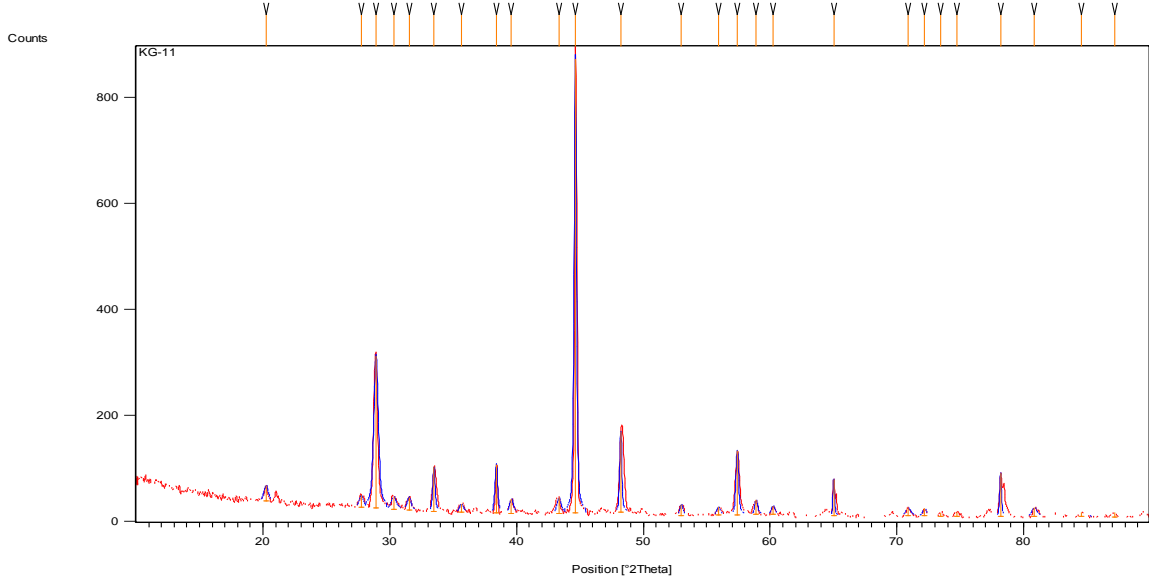


Şekil 3.10: KG-10 XRD grafiği.

Tablo 3.12: KG-10 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
24,4413	67,00	0,1800	3,63902	54,92
26,0435	50,00	0,1800	3,41868	40,98
26,4363	58,00	0,2400	3,36877	47,54
29,6096	122,00	0,3000	3,01455	100,00
31,0886	47,00	0,6000	2,87443	38,52
34,4703	41,00	0,2400	2,59978	33,61
42,3367	48,00	0,6000	2,13314	39,34
45,1689	25,00	0,7200	2,00575	20,49
46,9657	49,00	0,3600	1,93312	40,16
49,3003	28,99	0,6000	1,84690	23,77

KG-11 deneyinin XRD analizinde sentezlenen bileşimin $\text{CaB}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ formül yapısında olduğu belirlenmiş ve Şekil 3.11’de deneyin XRD grafiği, Tablo 3.13’te ise bileşimin XRD deneysel verileri verilmiştir.

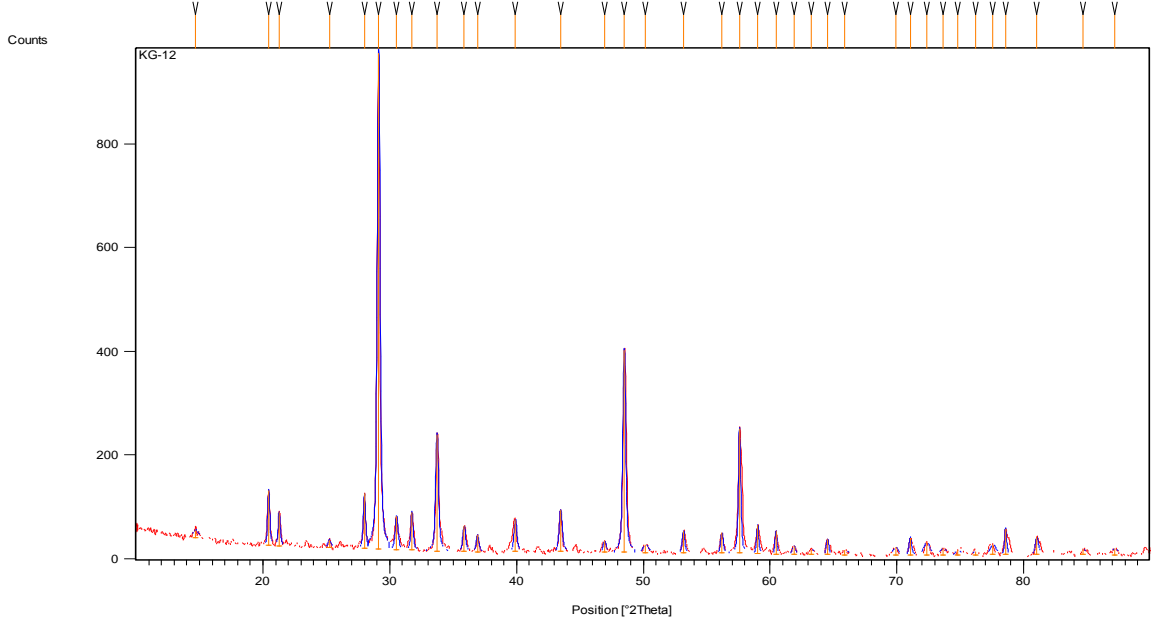


Şekil 3.11: KG-11 XRD grafiği.

Tablo 3.13: KG-11 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}$ Th.]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}$ Th.]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
20,2387	29,08	0,3840	4,38419	3,39
27,7447	21,77	0,3840	3,21279	2,54
28,9228	288,42	0,4080	3,08455	33,65
30,3009	23,89	0,4800	2,94733	2,79
31,5190	24,64	0,3840	2,83615	2,88
33,4858	83,66	0,2160	2,67393	9,76
35,6382	15,63	0,3840	2,51721	1,82
38,4070	90,66	0,2400	2,34187	10,58
39,5957	27,25	0,3840	2,27426	3,18
43,3492	29,58	0,3840	2,08564	3,45
44,6345	857,11	0,2160	2,02852	100,00
48,2240	152,85	0,1920	1,88558	17,83
53,0007	21,28	0,2880	1,72634	2,48
55,9298	15,86	0,3360	1,64267	1,85
57,4126	121,20	0,2400	1,60372	14,14
58,8994	27,88	0,2880	1,56673	3,25
60,2279	16,22	0,3360	1,53531	1,89
65,0232	69,88	0,1440	1,43319	8,15
70,8687	15,20	0,4800	1,32863	1,77
72,1860	14,54	0,3840	1,30759	1,70
73,4600	7,30	0,5760	1,28803	0,85
74,7349	8,23	0,5760	1,26918	0,96
78,1773	81,87	0,1680	1,22168	9,55
80,8384	17,39	0,4800	1,18804	2,03
84,5311	7,74	0,5760	1,14531	0,90
87,1546	8,73	0,5760	1,11746	1,02

KG-12 deneyinde kullanılan bor kaynağı H_3BO_3 yerine B_2O_3 olarak değiştirilmiştir. Gözlemlenen bileşiğin CaB_2O_4 yapısında olduğu belirlenmiştir. KG-12 deneyine ait XRD grafiği Şekil 3.12’de verilmiş, KG-12 deneyine ait XRD verileri ise Tablo 3.14’te sunulmuştur.

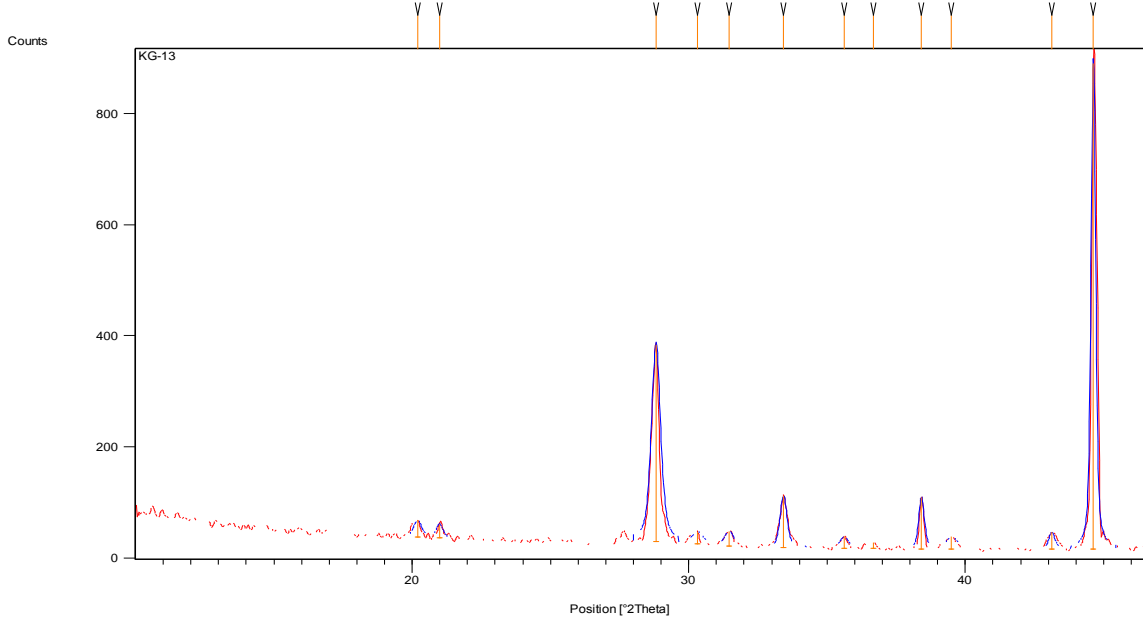


Şekil 3.12: KG-12 XRD grafiği.

Tablo 3.14: KG-12 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\theta$.]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\theta$.]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
14,6914	15,77	0,5760	6,02476	1,65
20,4550	105,95	0,1920	4,33833	11,07
21,2826	65,30	0,1920	4,17145	6,82
25,2314	14,64	0,2880	3,52683	1,53
28,0049	106,05	0,2160	3,18354	11,08
29,1305	956,87	0,2640	3,06304	100,00
30,5418	64,19	0,2640	2,92463	6,71
31,7547	73,49	0,2160	2,81564	7,68
33,7350	225,45	0,2640	2,65475	23,56
35,8754	49,46	0,2640	2,50111	5,17
36,9202	32,98	0,2400	2,43270	3,45
39,9171	61,00	0,2640	2,25669	6,37
43,4844	81,02	0,2880	2,07946	8,47
46,9435	22,12	0,2640	1,93398	2,31
48,5040	389,28	0,2640	1,87534	40,68
50,1692	15,98	0,4800	1,81693	1,67
53,1715	43,07	0,2400	1,72120	4,50
56,2018	39,44	0,2400	1,63537	4,12
57,5966	240,25	0,2160	1,59903	25,11
59,0194	55,00	0,1920	1,56383	5,75
60,4637	44,53	0,1680	1,52989	4,65
61,8709	15,93	0,2880	1,49843	1,66
63,2496	9,65	0,5760	1,46904	1,01
64,5251	30,36	0,2160	1,44305	3,17
65,9033	9,96	0,5760	1,41617	1,04
69,8940	15,85	0,4800	1,34475	1,66
71,0580	34,33	0,2400	1,32555	3,59
72,3521	24,71	0,5760	1,30500	2,58
73,6314	13,68	0,5760	1,28545	1,43
74,8039	10,47	0,4320	1,26818	1,09
76,2042	7,66	0,5760	1,24833	0,80
77,5679	19,68	0,5280	1,22975	2,06
78,5765	50,39	0,1920	1,21648	5,27
81,0437	33,07	0,2880	1,18555	3,46
84,6744	10,56	0,4800	1,14374	1,10
87,1752	13,39	0,5760	1,11725	1,40

KG-13 deneyi, Nd_2O_3 bileşiği katkılandırılması ile hazırlanmıştır. Bu deneyde katkılanma kütlece %1 oranında gerçekleştirilmiştir. KG-13 deneyinin XRD grafiği Şekil 3.13'te verilmiştir. Deneye ait XRD değerleri ise Tablo 3.15'te verilmiştir.

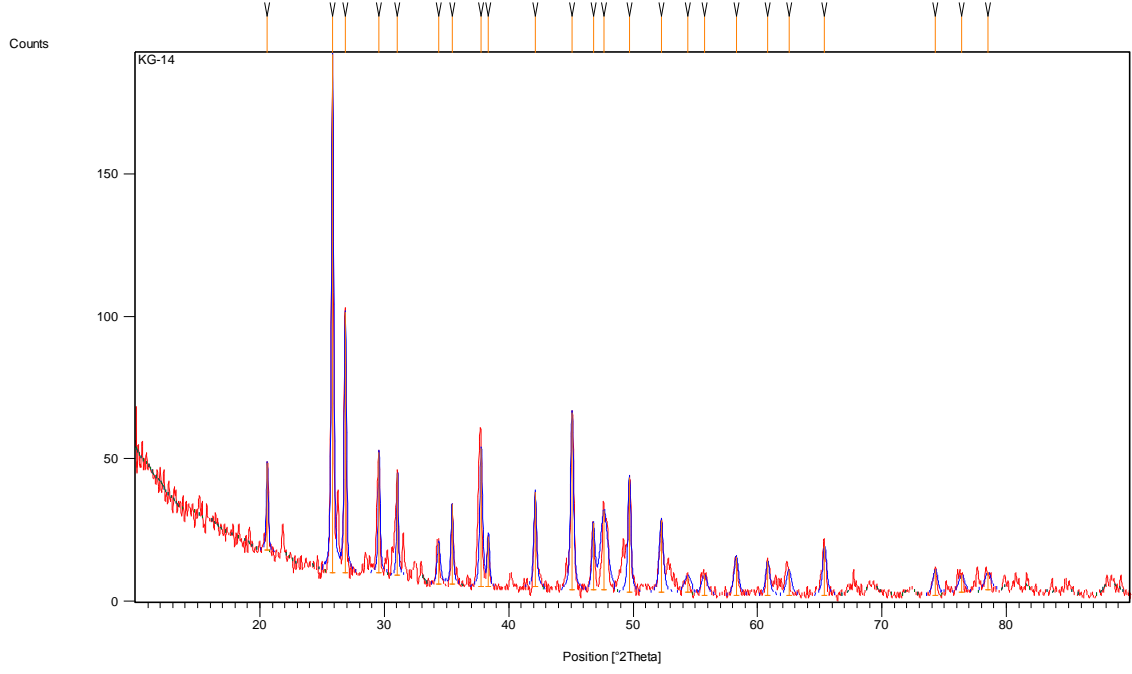


Şekil 3.13: KG-13 XRD grafiği.

Tablo 3.15: KG-13 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
20,1907	30,50	0,3360	4,39451	3,49
20,9873	24,71	0,2880	4,22947	2,82
28,8184	354,91	0,3840	3,09549	40,56
30,3121	21,94	0,4800	2,94627	2,51
31,4518	26,80	0,3840	2,84206	3,06
33,4282	93,19	0,2880	2,67841	10,65
35,6130	21,68	0,3840	2,51893	2,48
36,6671	11,65	0,4800	2,44890	1,33
38,4176	93,62	0,2400	2,34125	10,70
39,5041	23,00	0,4800	2,27933	2,63
43,1281	30,87	0,2640	2,09582	3,53
44,6338	875,06	0,1920	2,02855	100,00

KG-14 deneyi, Nd_2O_3 bileşiği katkılandırılması ile hazırlanmıştır. Bu deneyde katkılanma kütlece %5 oranında gerçekleştirilmiştir. KG-14 deneyinin XRD grafiği Şekil 3.14'te verilmiştir. Deneye ait XRD verileri ise Tablo 3.16'da verilmiştir.

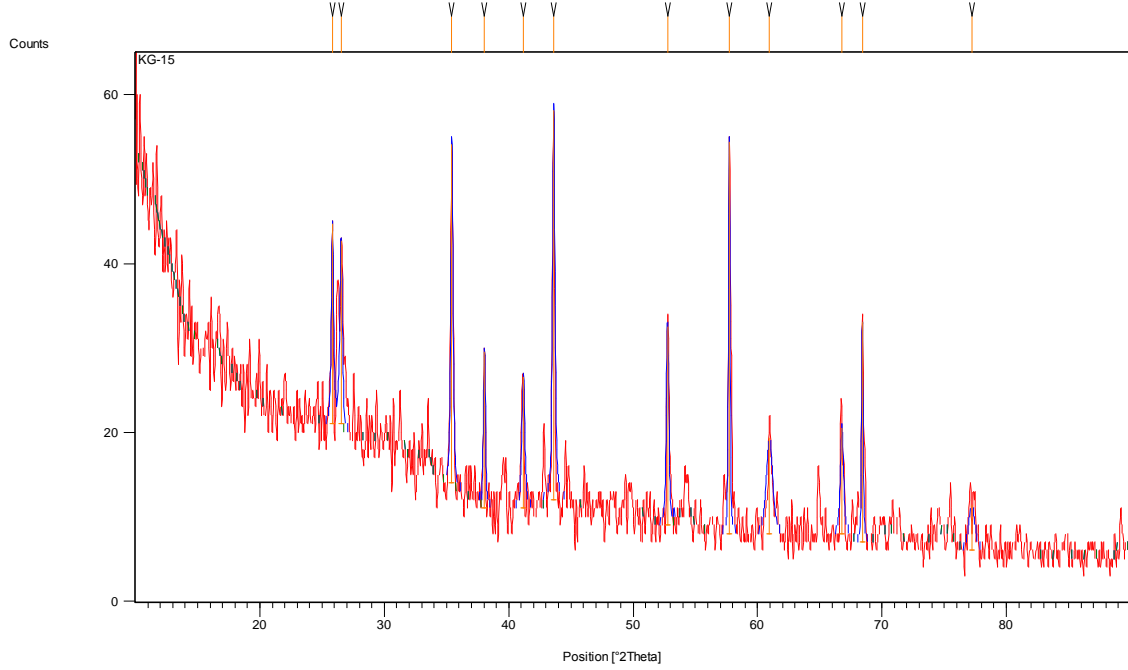


Şekil 3.14: KG-14 XRD grafiği.

Tablo 3.16: KG-14 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}$ 2Th.]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}$ 2Th.]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
20,5983	30,51	0,1920	4,30845	16,77
25,8444	181,94	0,2160	3,44456	100,00
26,8667	91,52	0,2160	3,31577	50,30
29,5841	42,30	0,1920	3,01710	23,25
31,0596	35,96	0,1680	2,87705	19,77
34,3781	14,50	0,3120	2,60654	7,97
35,4412	28,03	0,2160	2,53075	15,41
37,7906	48,79	0,2640	2,37864	26,82
38,3624	17,62	0,2160	2,34449	9,68
42,1300	33,43	0,2640	2,14313	18,37
45,0930	62,19	0,2880	2,00895	34,18
46,8027	23,68	0,2640	1,93947	13,01
47,6659	27,91	0,6720	1,90635	15,34
49,7014	40,48	0,2880	1,83293	22,25
52,2616	25,39	0,3840	1,74900	13,96
54,3859	5,91	0,6720	1,68560	3,25
55,7153	7,37	0,5760	1,64849	4,05
58,2854	13,59	0,4320	1,58177	7,47
60,8224	12,23	0,3840	1,52172	6,72
62,5148	8,96	0,4800	1,48453	4,93
65,3983	17,31	0,3840	1,42588	9,51
74,2881	9,15	0,4800	1,27571	5,03
76,4022	6,43	0,5760	1,24559	3,53
78,5134	6,28	0,5760	1,21729	3,45

KG-15 deneyi, Nd_2O_3 bileşiği katkılandırılması ile hazırlanmıştır. Bu deneyde katkılanma kütlece %10 oranında gerçekleştirilmiştir. KG-15 deneyinin XRD grafiği Şekil 3.15'te verilmiştir. Deneye ait XRD verileri ise Tablo 3.17'de sunulmuştur.

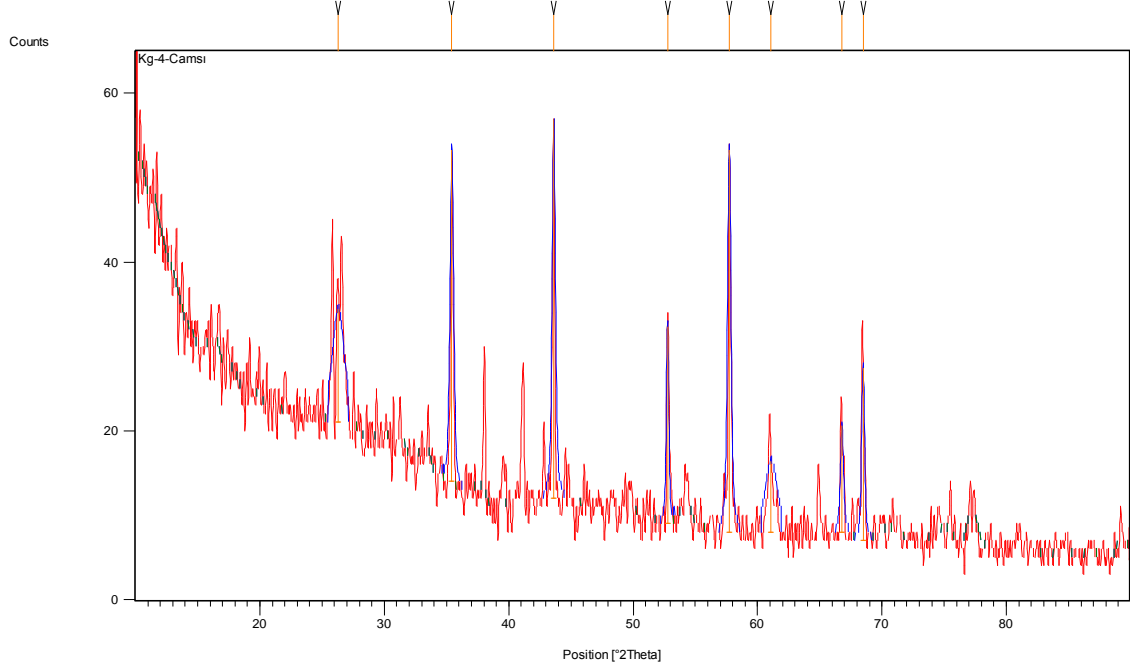


Şekil 3.15: KG-15 XRD grafiği.

Tablo 3.17: KG-15 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
25,8376	23,79	0,2160	3,44545	51,18
26,5170	21,74	0,2400	3,35869	46,76
35,4328	40,20	0,2160	2,53133	86,48
38,0524	18,62	0,1920	2,36288	40,06
41,1781	15,59	0,2880	2,19045	33,54
43,6264	46,25	0,2400	2,07302	99,49
52,7636	23,52	0,2400	1,73354	50,60
57,7276	46,49	0,1440	1,59572	100,00
60,9550	11,37	0,5760	1,51873	24,45
66,7899	12,55	0,2880	1,39951	26,99
68,4288	26,09	0,1440	1,36993	56,12
77,2256	5,41	0,5760	1,23435	11,63

KG-16 deneyinde reaksiyon sıcaklığı 1000 °C'ye yükseltilmiştir. Elde edilen bileşiğin camsı formda olduğu gözlenmiş, sentezlenen bileşiği krozeden ayıramadığımız için çekilen XRD'de sadece krozeyle ait Al₂O₃ bileşiğinin yapısının XRD değerleri gözlemlenmiştir. KG-16 deneyine ait XRD grafiği Şekil 3.16'da verilmiştir. XRD verileri ise Tablo 3.18'de verilmiştir.

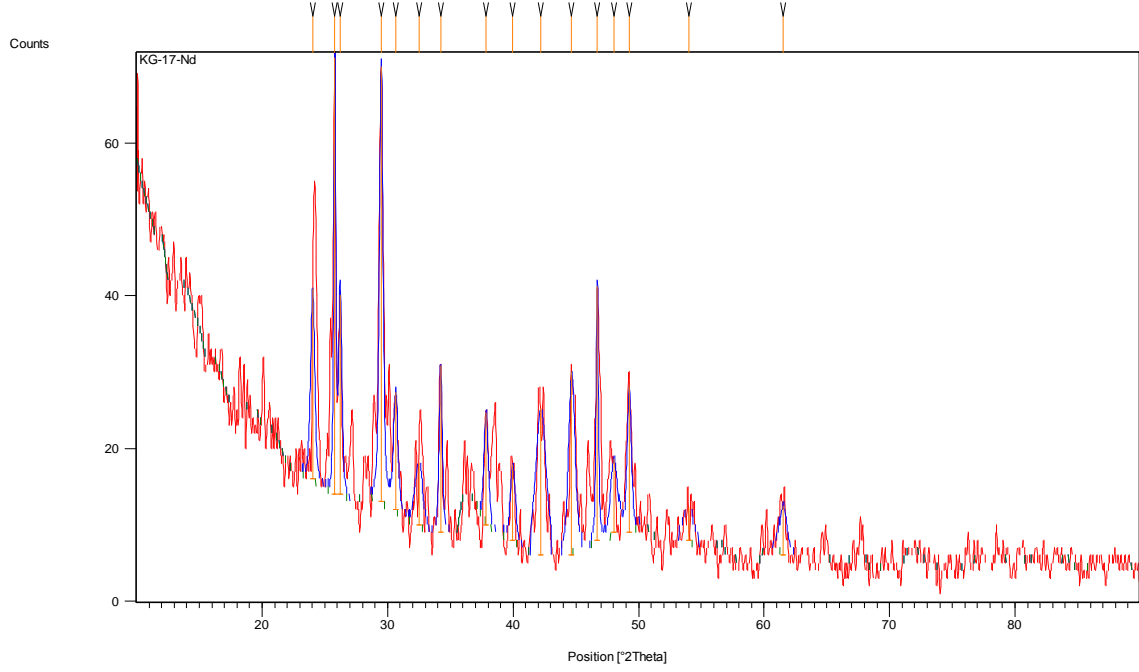


Şekil 3.16: KG-16 XRD grafiği.

Tablo 3.18: KG-16 XRD verileri.

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
26,2987	13,45	1,1520	3,38608	29,69
35,4282	39,26	0,3360	2,53165	86,65
43,6299	44,99	0,3120	2,07287	99,30
52,7636	23,39	0,2400	1,73354	51,63
57,7292	45,31	0,3360	1,59568	100,00
61,0965	8,46	1,1520	1,51555	18,68
66,7888	12,65	0,2880	1,39953	27,93
68,4867	20,48	0,2880	1,36891	45,21

KG-17 deneyinde katkılanan madde olarak Nd_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Deneyin XRD grafiği Şekil 3.17’de verilmiştir. KG-17 deneyine ait XRD verileri ise Tablo 3.19’da verilmiştir.

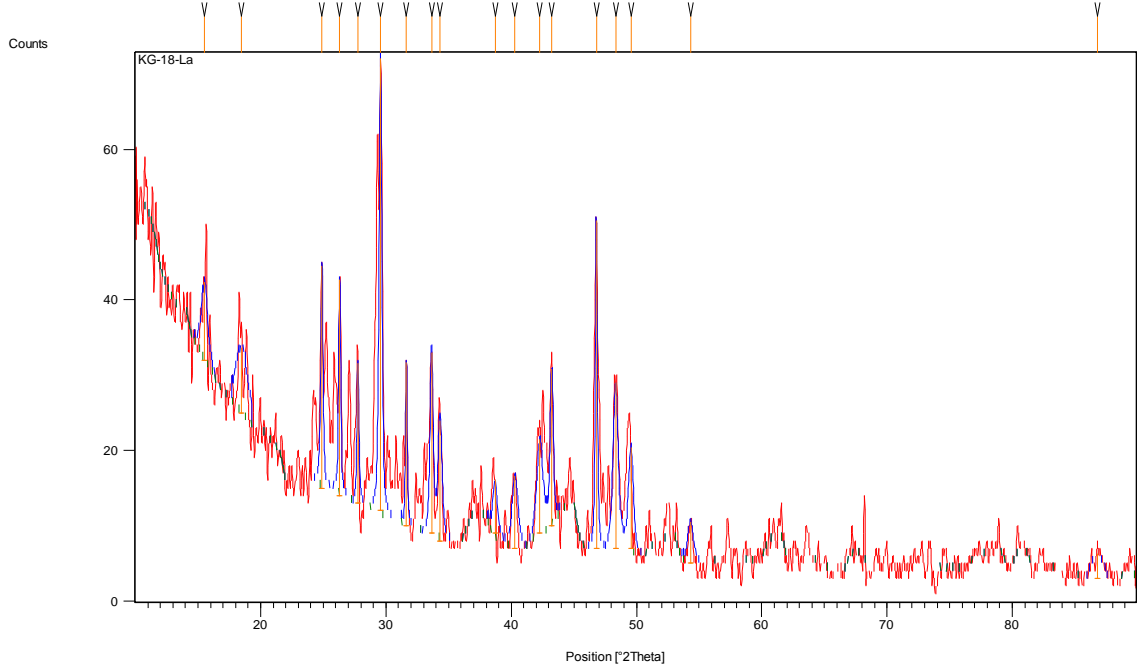


Şekil 3.17: KG-17 XRD grafiği.

Tablo 3.19: KG-17 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
24,0283	24,99	0,3840	3,70063	43,68
25,7992	57,20	0,1920	3,45050	100,00
26,2252	26,07	0,2880	3,39540	45,58
29,4913	57,04	0,3360	3,02638	99,72
30,6449	15,39	0,4320	2,91502	26,90
32,4840	8,18	0,7680	2,75407	14,30
34,2302	21,86	0,2880	2,61746	38,21
37,8576	14,75	0,3840	2,37458	25,79
39,9781	9,89	0,4800	2,25338	17,29
42,2155	19,27	0,9600	2,13899	33,69
44,6714	24,03	0,5760	2,02693	42,01
46,7102	33,26	0,2160	1,94310	58,15
48,0438	9,71	0,6720	1,89223	16,97
49,2567	19,12	0,3840	1,84843	33,43
54,0002	4,36	1,1520	1,69673	7,62
61,5247	6,53	0,6720	1,50603	11,41

KG-18 deneyinde katkılanan madde olarak La_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Deneyin XRD grafiği Şekil 3.18’de verilmiştir. KG-18 deneyine ait XRD verileri ise Tablo 3.20’de verilmiştir.

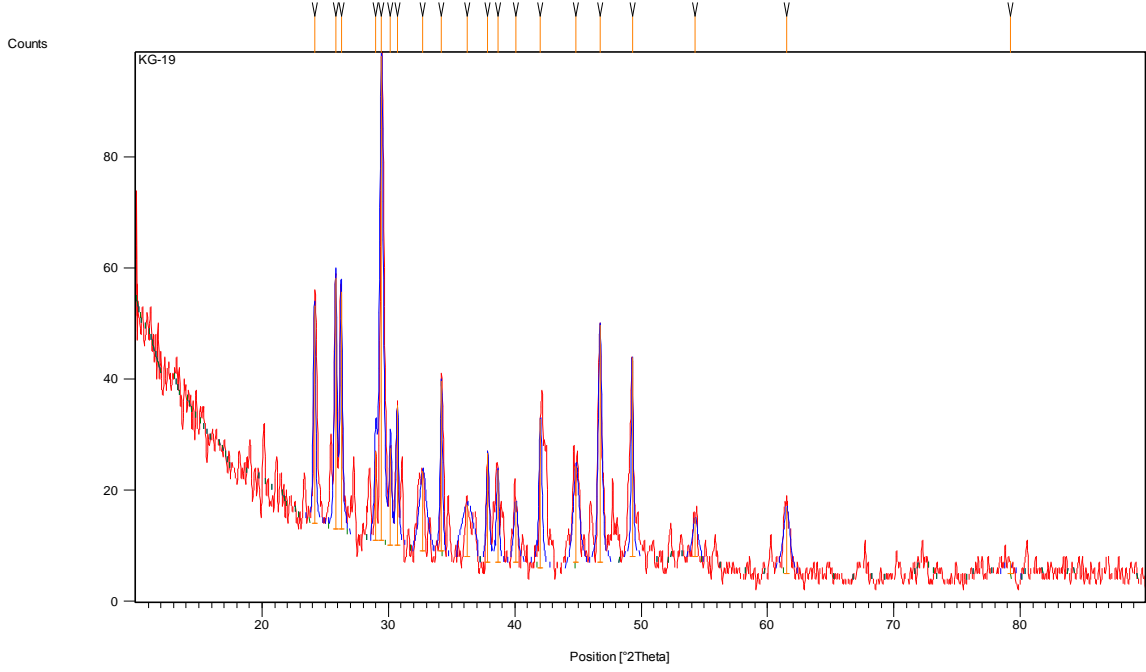


Şekil 3.18: KG-18 XRD grafiği.

Tablo 3.20: KG-18 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
15,5150	10,46	0,5760	5,70673	17,40
18,4905	8,74	1,1520	4,79457	14,54
24,8905	29,56	0,2160	3,57436	49,19
26,3100	28,68	0,1920	3,38465	47,73
27,7618	18,62	0,1920	3,21085	30,99
29,5662	60,08	0,2640	3,01888	100,00
31,6316	21,78	0,1680	2,82631	36,26
33,6378	24,05	0,2880	2,66219	40,02
34,3284	16,01	0,3840	2,61020	26,65
38,7172	7,13	0,4800	2,32382	11,86
40,3025	9,69	0,5760	2,23600	16,13
42,2982	12,50	0,5760	2,13500	20,80
43,2312	20,90	0,2880	2,09106	34,79
46,7973	43,59	0,1920	1,93968	72,54
48,3312	22,10	0,4800	1,88164	36,78
49,5533	13,44	0,4800	1,83806	22,37
54,3115	5,59	0,5760	1,68773	9,30
86,7793	3,30	1,1520	1,12132	5,49

KG-19 deneyinde katkılama olarak Nd_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Elde edilen verilerin XRD grafiği Şekil 3.19’da verilmiştir. KG-19 deneyine ait XRD verileri ise Tablo 3.21’de verilmiştir.

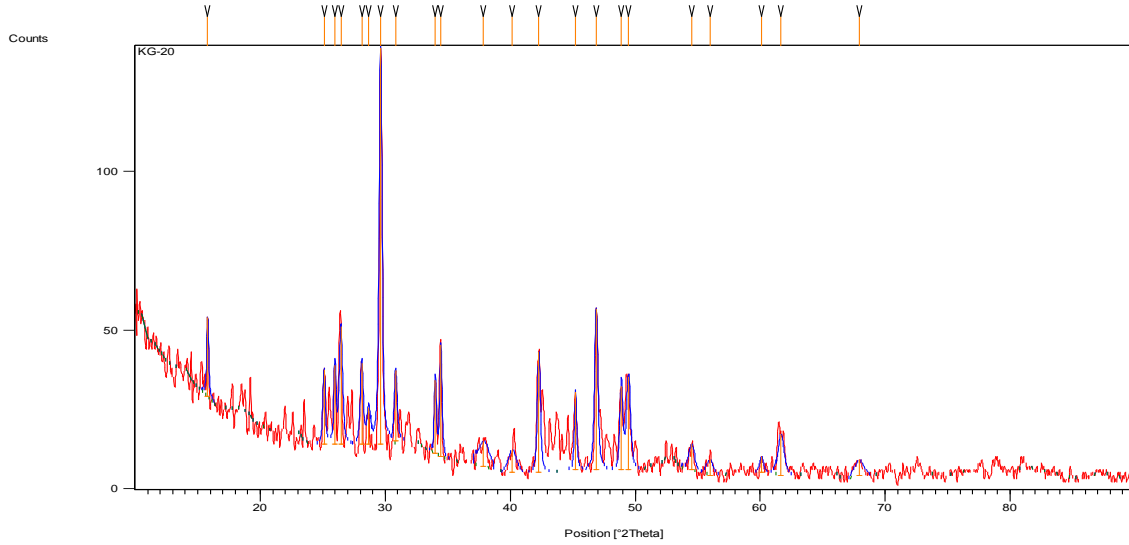


Şekil 3.19: KG-19 XRD grafiği.

Tablo 3.21: KG-19 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
24,1457	39,28	0,2160	3,68291	45,05
25,8247	45,26	0,2400	3,44714	51,90
26,2601	42,79	0,2160	3,39097	49,07
29,0011	16,00	0,2160	3,07641	18,35
29,4519	87,20	0,3360	3,03034	100,00
30,1668	17,60	0,2400	2,96013	20,19
30,7040	25,29	0,2400	2,90955	29,00
32,7327	14,48	0,6720	2,73371	16,61
34,1917	30,66	0,2160	2,62032	35,16
36,2552	9,43	1,1520	2,47578	10,81
37,8660	19,77	0,2640	2,37408	22,67
38,6539	16,60	0,2400	2,32748	19,03
40,0819	10,98	0,3840	2,24779	12,59
42,0384	26,89	0,2880	2,14759	30,84
44,8540	17,38	0,5760	2,01910	19,92
46,7521	42,77	0,3360	1,94145	49,05
49,2976	35,89	0,1920	1,84699	41,15
54,2891	7,01	0,4800	1,68837	8,04
61,5226	11,96	0,5760	1,50607	13,72
79,2442	2,27	1,1520	1,20789	2,60

KG-20 deneyinde katkılama malzemesi olarak Nd_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Elde edilen XRD grafiği Şekil 3.20’de verilmiştir. KG-20 deneyine ait deneysel XRD verileri ise Tablo 3.22’de verilmiştir.

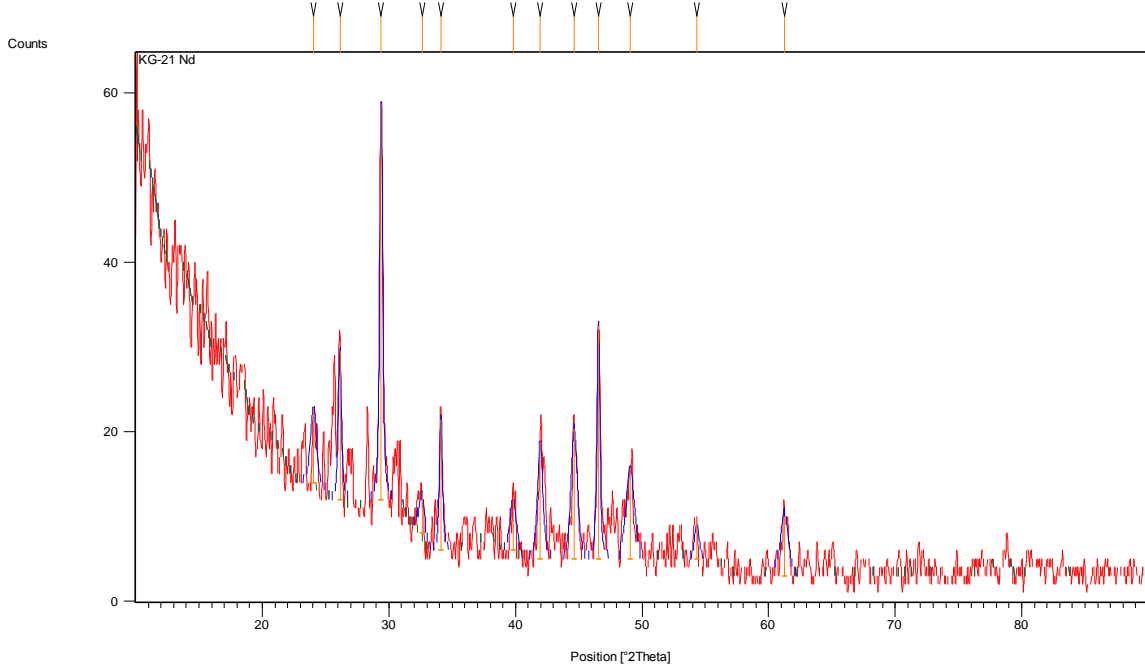


Şekil 3.20: KG-20 XRD grafiği.

Tablo 3.22: KG-20 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
15,7901	25,02	0,1920	5,60792	19,99
25,1083	23,53	0,2400	3,54384	18,80
25,9754	24,86	0,2160	3,42749	19,86
26,4564	37,14	0,3120	3,36625	29,67
28,1196	25,65	0,2880	3,17081	20,49
28,6728	11,50	0,3360	3,11088	9,19
29,6304	125,17	0,2880	3,01249	100,00
30,8300	22,38	0,2880	2,89795	17,88
34,0073	23,28	0,1920	2,63410	18,60
34,4577	35,26	0,2160	2,60070	28,17
37,8649	7,75	1,1520	2,37415	6,19
40,1576	7,09	0,7680	2,24373	5,67
42,2950	38,03	0,2880	2,13515	30,38
45,2294	24,39	0,2160	2,00321	19,49
46,8820	50,77	0,3120	1,93637	40,57
48,8924	26,30	0,2880	1,86135	21,01
49,4629	29,16	0,3840	1,84121	23,29
54,5099	7,89	0,5760	1,68206	6,30
55,9768	5,27	0,5760	1,64140	4,21
60,0860	4,99	0,3840	1,53860	3,98
61,6683	13,13	0,5760	1,50286	10,49
67,9296	4,95	0,8640	1,37878	3,96

KG-21 deneyinde katkılama olarak Nd_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Elde edilen verilerin XRD grafiği Şekil 3.21’de verilmiştir. KG-21 deneyine ait XRD verileri ise Tablo 3.23’te verilmiştir.

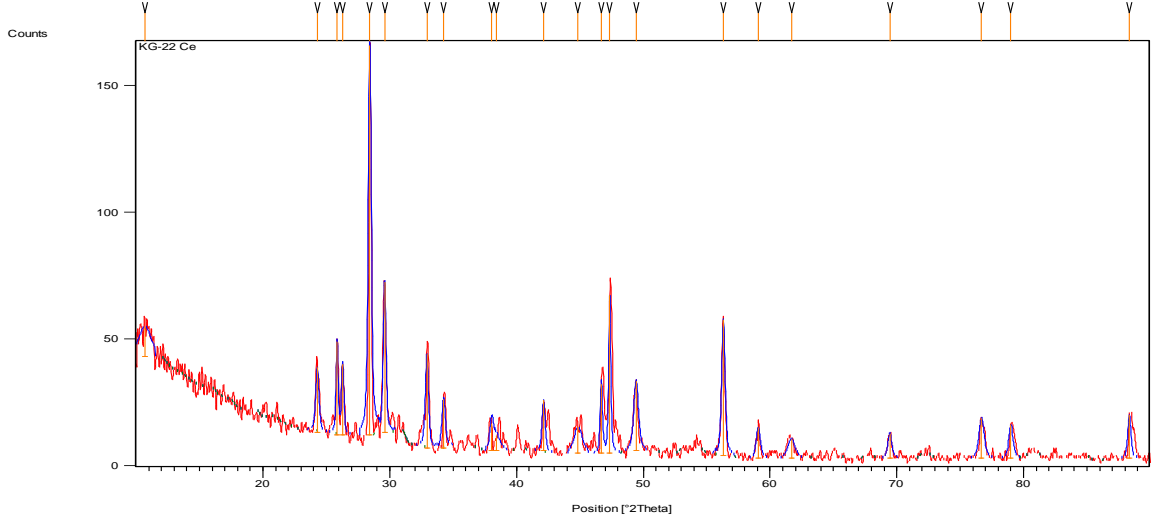


Şekil 3.21: KG-21 XRD grafiği.

Tablo 3.23: KG-21 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
24,0504	8,93	0,5760	3,69729	19,05
26,1315	17,63	0,2880	3,40737	37,60
29,3974	46,89	0,2880	3,03583	100,00
32,6113	4,91	0,5760	2,74360	10,48
34,1163	15,49	0,2880	2,62594	33,04
39,8066	5,90	0,5760	2,26270	12,57
41,9532	13,86	0,4800	2,15175	29,56
44,6439	15,37	0,5760	2,02811	32,78
46,5538	27,60	0,2880	1,94926	58,86
49,0563	10,77	0,7680	1,85551	22,96
54,3281	4,23	0,3840	1,68725	9,02
61,2831	6,98	0,6720	1,51138	14,89

KG-22 deneyinde katkılama olarak Ce_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Deneysel XRD grafiği Şekil 3.22’de verilmiştir. KG-22 deneyine ait XRD verileri ise Tablo 3.24’te verilmiştir.

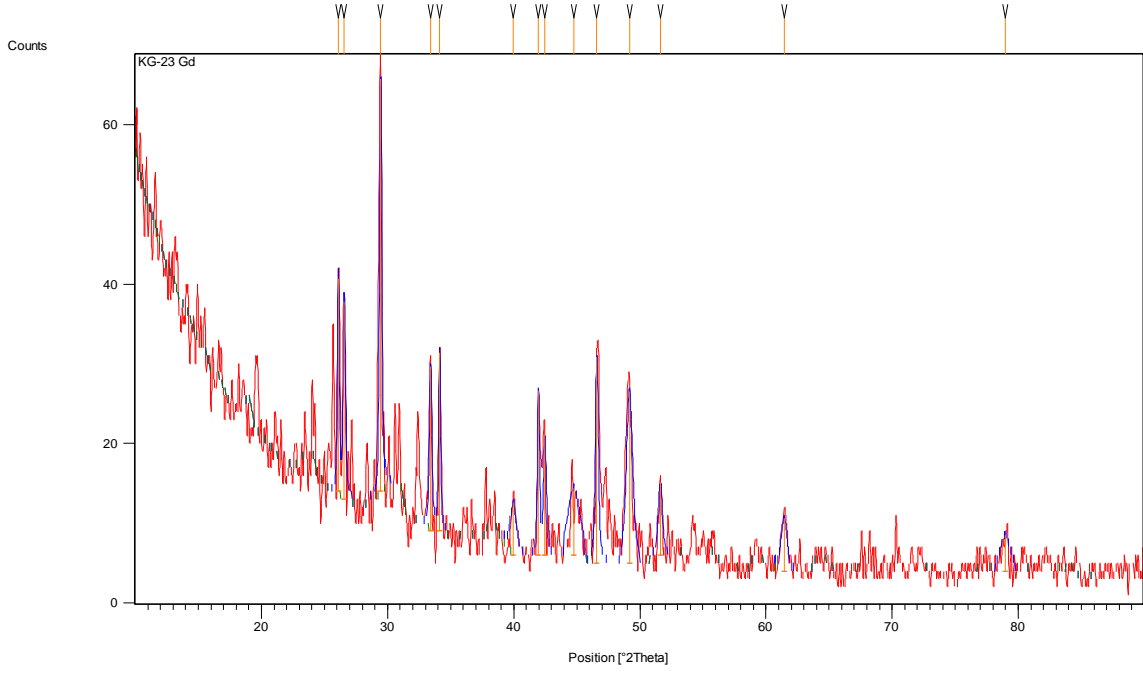


Şekil 3.22: KG-22 XRD grafiği.

Tablo 3.24: KG-22 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\theta$.]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\theta$.]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
10,6826	12,04	1,1520	8,27491	7,82
24,2922	25,93	0,2880	3,66103	16,84
25,8559	37,06	0,1920	3,44306	24,08
26,2890	28,00	0,2160	3,38731	18,19
28,4313	153,95	0,2880	3,13675	100,00
29,5961	59,49	0,2640	3,01589	38,64
32,9328	37,01	0,2880	2,71755	24,04
34,2467	19,31	0,3120	2,61624	12,54
38,0447	10,66	0,3120	2,36334	6,93
38,4030	5,94	0,7680	2,34211	3,86
42,1417	19,89	0,2880	2,14256	12,92
44,8616	10,29	0,7680	2,01878	6,69
46,6939	27,29	0,2160	1,94374	17,72
47,3602	62,40	0,1920	1,91793	40,53
49,4362	27,53	0,4320	1,84214	17,88
56,3217	53,78	0,3120	1,63217	34,93
59,0717	12,10	0,3840	1,56257	7,86
61,6797	7,66	0,6720	1,50261	4,98
69,4476	9,54	0,3840	1,35230	6,20
76,6830	15,77	0,4800	1,24172	10,24
79,0007	13,09	0,3840	1,21100	8,50
88,3437	17,16	0,2880	1,10546	11,15

KG-23 deneyinde katkılama olarak Gd_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Deneysel XRD grafiği Şekil 3.23'te verilmiştir. KG-23 deneyine ait XRD verileri ise Tablo 3.25'te verilmiştir.

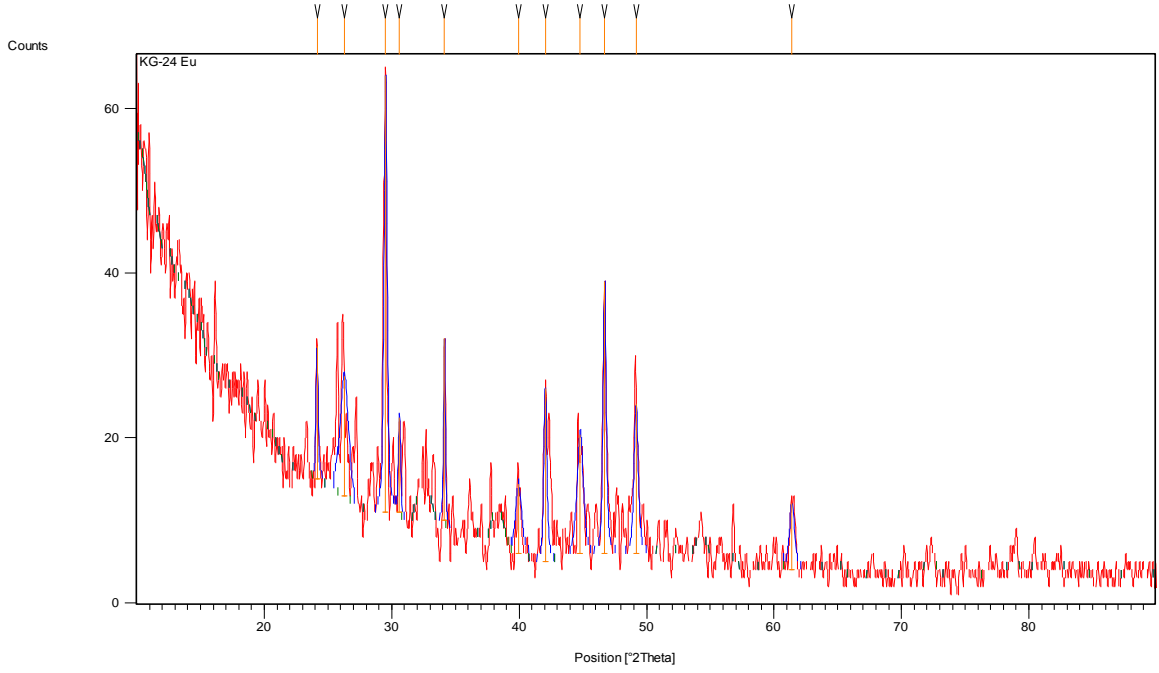


Şekil 3.23: KG-23 XRD grafiği.

Tablo 3.25: KG-23 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\theta$.]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\theta$.]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
26,0925	26,68	0,1920	3,41236	51,44
26,5730	24,79	0,2400	3,35174	47,81
29,4620	51,85	0,2160	3,02932	100,00
33,4254	20,75	0,2400	2,67862	40,02
34,1215	22,44	0,1920	2,62556	43,27
39,9658	6,63	0,5760	2,25405	12,78
41,9591	20,62	0,2160	2,15147	39,76
42,4825	15,14	0,2640	2,12616	29,19
44,7628	8,42	1,1520	2,02300	16,23
46,5908	25,91	0,2880	1,94780	49,96
49,1820	21,54	0,5760	1,85107	41,55
51,6234	9,11	0,3840	1,76911	17,57
61,4227	6,67	0,5760	1,50828	12,87
78,9630	4,52	0,9600	1,21149	8,72

KG-24 deneyinde katkılama olarak Eu_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Deneysel XRD grafiği Şekil 3.24'te verilmiştir. KG-24 deneyine ait XRD verileri ise Tablo 3.26'da sunulmuştur.

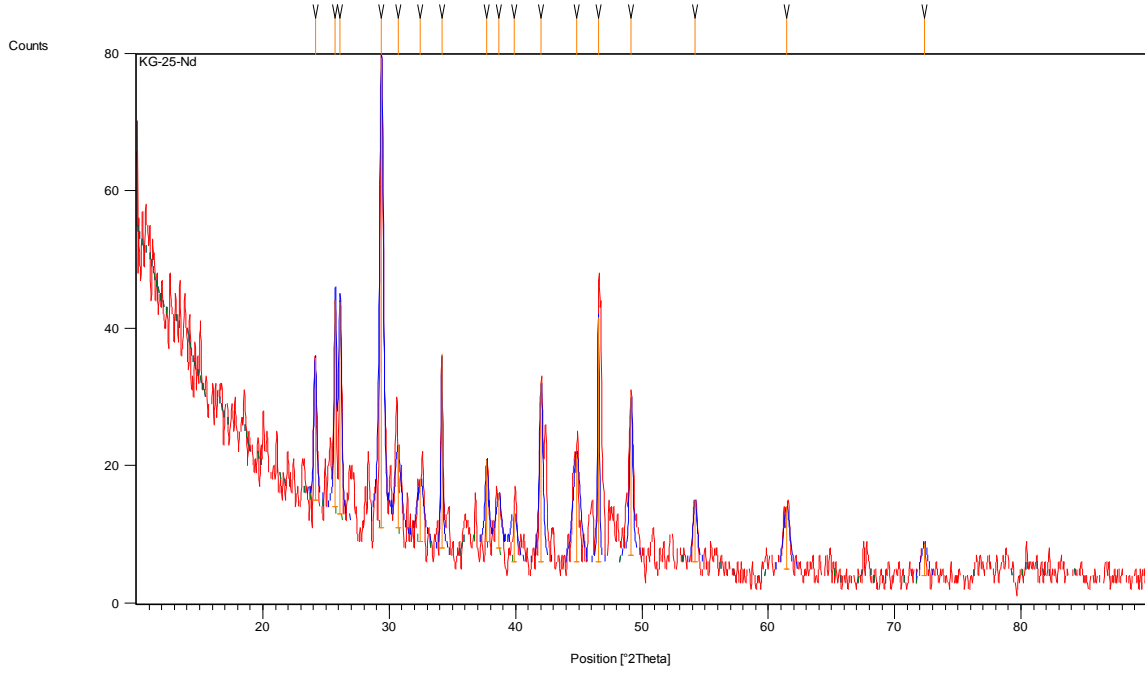


Şekil 3.24: KG-24 XRD grafiği.

Tablo 3.26: KG-24 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
24,1425	16,20	0,1920	3,68339	30,58
26,2721	14,51	0,7680	3,38944	27,39
29,5214	52,99	0,2880	3,02336	100,00
30,6110	11,49	0,2160	2,91817	21,69
34,1448	22,19	0,1680	2,62382	41,87
39,9538	8,42	0,5760	2,25470	15,89
42,0587	21,00	0,2880	2,14660	39,62
44,7890	14,47	0,5760	2,02188	27,30
46,7105	33,06	0,2880	1,94309	62,40
49,1786	18,18	0,3840	1,85119	34,31
61,4075	8,11	0,4800	1,50862	15,31

KG-25 deneyinde katkılama malzemesi olarak Nd_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Deneysel XRD grafiği Şekil 3.25'te verilmiştir. KG-25 deneyine ait XRD verileri ise Tablo 3.27'de verilmiştir.

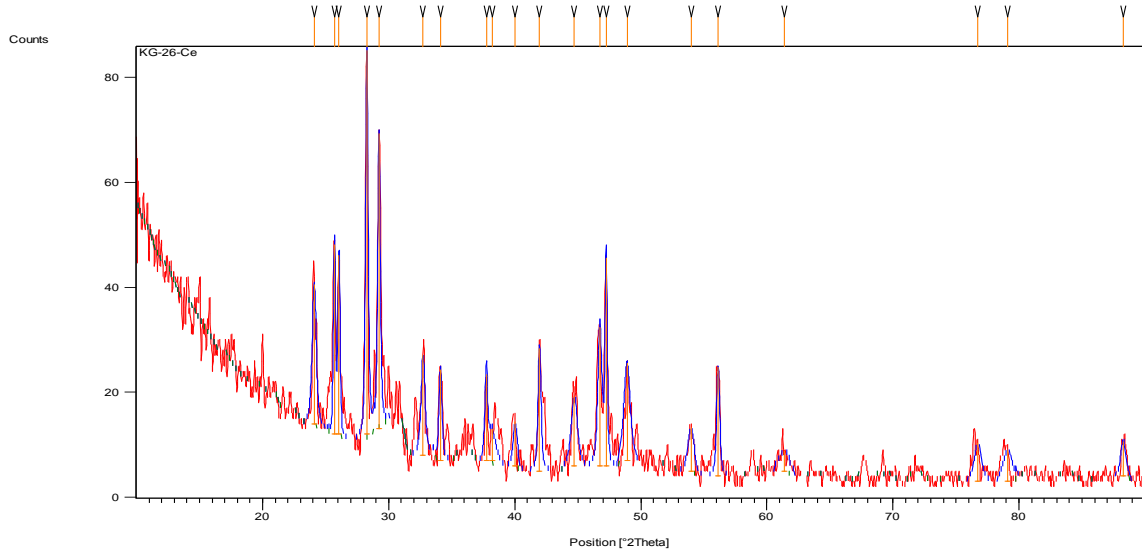


Şekil 3.25: KG-25 XRD grafiği.

Tablo 3.27: KG-25 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
24,1515	20,70	0,2640	3,68204	30,25
25,7359	30,14	0,1920	3,45883	44,04
26,1068	30,84	0,2880	3,41054	45,06
29,3871	68,43	0,3600	3,03687	100,00
30,7052	12,02	0,5760	2,90944	17,57
32,4804	9,20	0,5760	2,75436	13,45
34,1642	28,30	0,1680	2,62237	41,36
37,7331	11,90	0,3360	2,38213	17,39
38,6861	8,00	0,5760	2,32562	11,70
39,8852	7,39	0,5760	2,25842	10,80
42,0254	26,18	0,3360	2,14822	38,26
44,8361	15,71	0,6720	2,01986	22,95
46,5584	35,65	0,1680	1,94908	52,09
49,1546	23,19	0,2880	1,85204	33,89
54,2035	8,94	0,3840	1,69084	13,06
61,4509	9,09	0,5760	1,50766	13,29
72,3542	4,63	0,5760	1,30496	6,77

KG-26 deneyinde katkılama olarak Ce_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Elde edilen ürünün XRD grafiği Şekil 3.26’da verilmiştir. KG-26 deneyine ait XRD verileri ise Tablo 3.28’de verilmiştir.

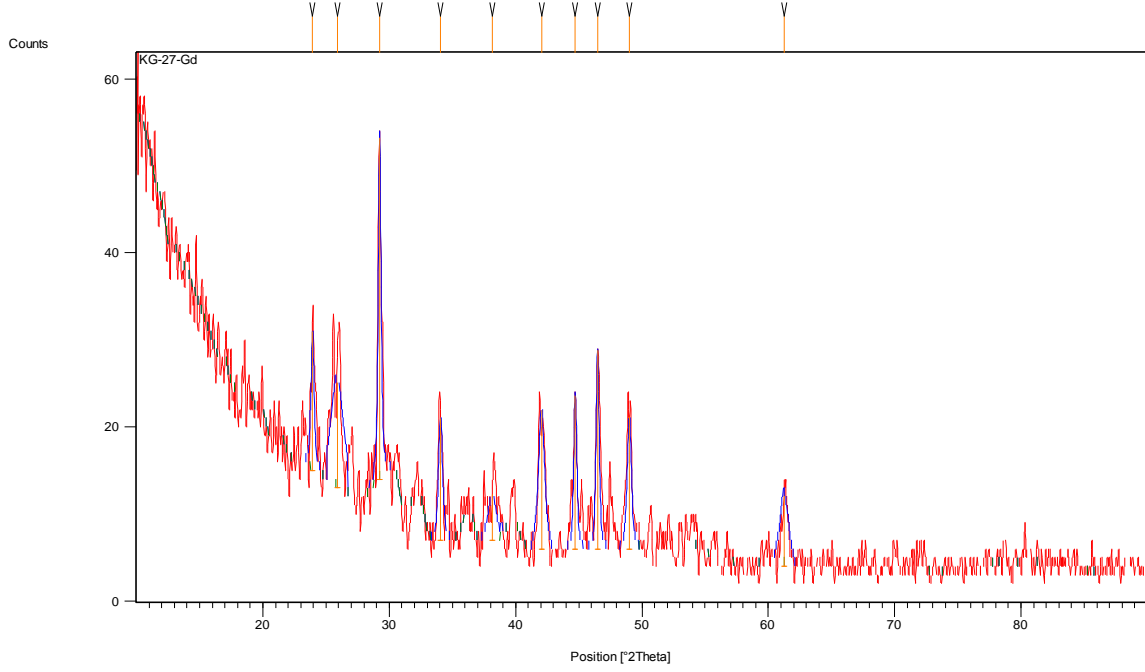


Şekil 3.26: KG-26 XRD grafiği.

Tablo 3.28: KG-26 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\theta$.]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\theta$.]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
24,0985	26,63	0,3840	3,69001	36,40
25,7079	36,19	0,1920	3,46254	49,46
26,0590	34,15	0,1920	3,41668	46,68
28,2711	73,17	0,2400	3,15416	100,00
29,2311	56,38	0,2400	3,05272	77,06
32,7308	19,15	0,3840	2,73386	26,18
34,1084	17,39	0,2880	2,62653	23,76
37,7431	16,40	0,2400	2,38153	22,42
38,2222	6,03	0,7680	2,35277	8,24
40,0324	8,39	0,3840	2,25046	11,46
41,9664	23,35	0,2880	2,15111	31,91
44,7293	13,25	0,5760	2,02444	18,10
46,7563	26,44	0,3840	1,94129	36,14
47,2516	39,61	0,1920	1,92209	54,13
48,9091	18,57	0,5760	1,86075	25,38
53,9822	8,31	0,5760	1,69725	11,35
56,1375	20,87	0,2880	1,63709	28,52
61,3971	3,86	1,1520	1,50885	5,27
76,7322	7,38	0,6720	1,24105	10,08
79,1059	6,05	0,8640	1,20966	8,27
88,2680	6,68	0,4800	1,10621	9,12

KG-27 deneyinde katkılama malzemesi olarak Gd_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Elde edilen ürünün deneysel XRD grafiği Şekil 3.27’de verilmiştir. KG-27 deneyine ait XRD verileri ise Tablo 3.29’da verilmiştir.

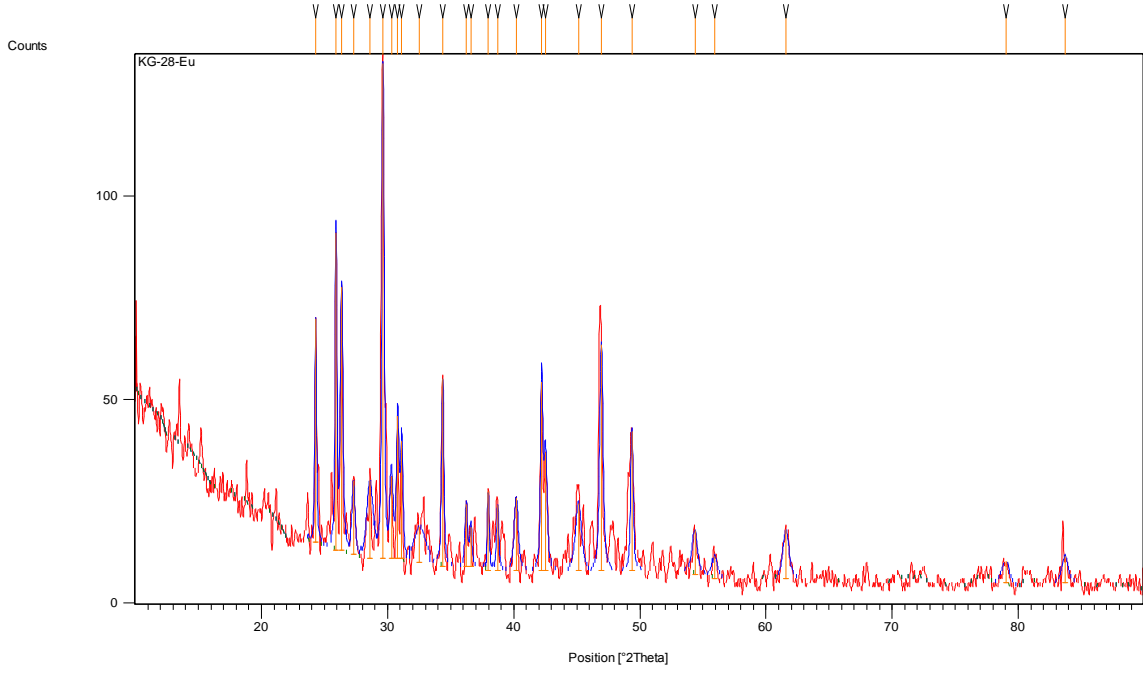


Şekil 3.27: KG-27 XRD grafiği.

Tablo 3.29: KG-27 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\theta$.]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\theta$.]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
23,9362	16,01	0,2880	3,71466	40,78
25,8911	12,16	1,1520	3,43845	30,98
29,2423	39,26	0,2640	3,05157	100,00
34,0624	14,00	0,3840	2,62997	35,67
38,1478	5,28	0,7680	2,35719	13,45
42,0501	15,99	0,5760	2,14702	40,74
44,7257	17,61	0,2880	2,02459	44,85
46,4877	22,90	0,2880	1,95188	58,33
48,9993	15,24	0,3840	1,85754	38,82
61,2844	8,06	0,7680	1,51135	20,53

KG-28 deneyinde katkılama olarak Eu_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Deneysel XRD grafiği Şekil 3.28’de verilmiştir. KG-28 deneyine ait XRD verileri ise Tablo 3.30’da verilmiştir.

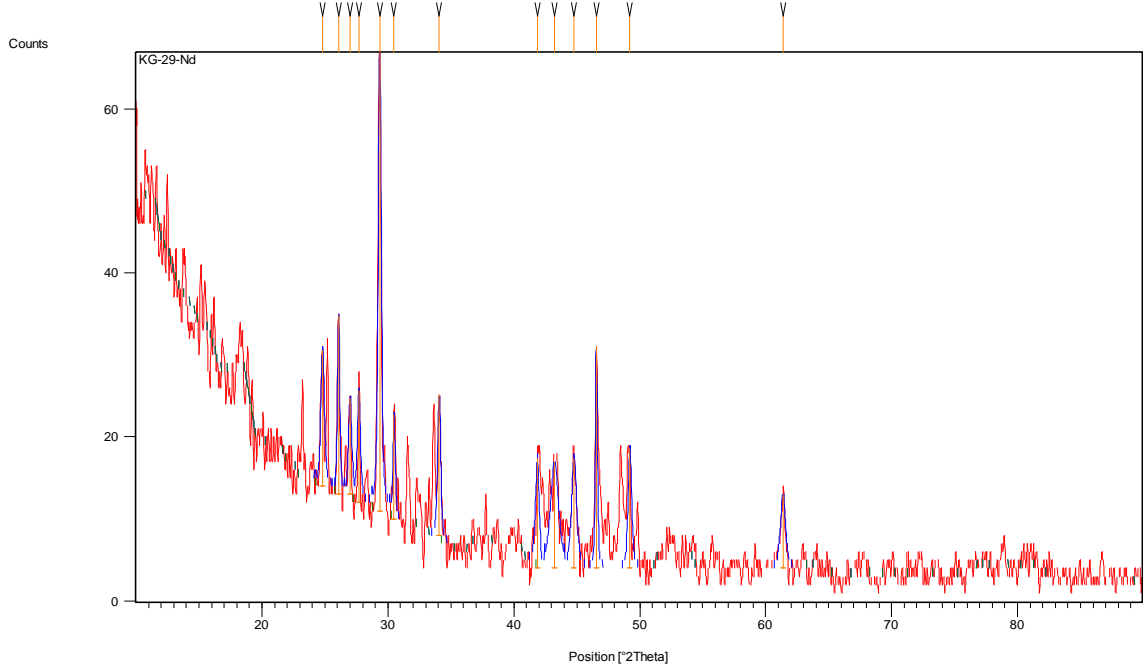


Şekil 3.28: KG-28 XRD grafiği.

Tablo 3.30: KG-28 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}$ 2Th.]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}$ 2Th.]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
24,3012	54,92	0,1680	3,65969	45,21
25,9149	78,05	0,1680	3,43535	64,25
26,3588	64,66	0,2400	3,37850	53,23
27,2992	18,00	0,2880	3,26421	14,82
28,5978	19,08	0,5760	3,11887	15,71
29,6381	121,48	0,2160	3,01172	100,00
30,3034	20,08	0,2880	2,94710	16,53
30,8035	34,94	0,2400	2,90038	28,76
31,1209	28,86	0,2400	2,87152	23,76
32,5433	8,73	1,1520	2,74919	7,19
34,3757	46,11	0,2160	2,60672	37,95
36,2349	15,29	0,2400	2,47711	12,58
36,6025	9,65	0,2400	2,45308	7,94
37,9815	19,39	0,1680	2,36713	15,96
38,7271	16,00	0,2160	2,32325	13,17
40,1933	17,80	0,3840	2,24181	14,65
42,2209	46,42	0,2160	2,13873	38,21
42,5228	29,06	0,2880	2,12424	23,92
45,1342	16,48	0,5760	2,00721	13,57
46,9520	55,53	0,3120	1,93365	45,71
49,3670	34,27	0,2400	1,84456	28,21
54,3638	10,89	0,4800	1,68623	8,97
55,9367	5,52	0,4800	1,64249	4,55
61,5800	11,86	0,5760	1,50480	9,76
79,0082	5,37	0,7680	1,21091	4,42
83,7001	6,61	0,5760	1,15455	5,44

KG-29 deneyinde katkılama olarak Nd_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Elde edilen ürünün XRD grafiği Şekil 3.29'da verilmiştir. KG-29 deneyine ait XRD verileri ise Tablo 3.31'de verilmiştir.

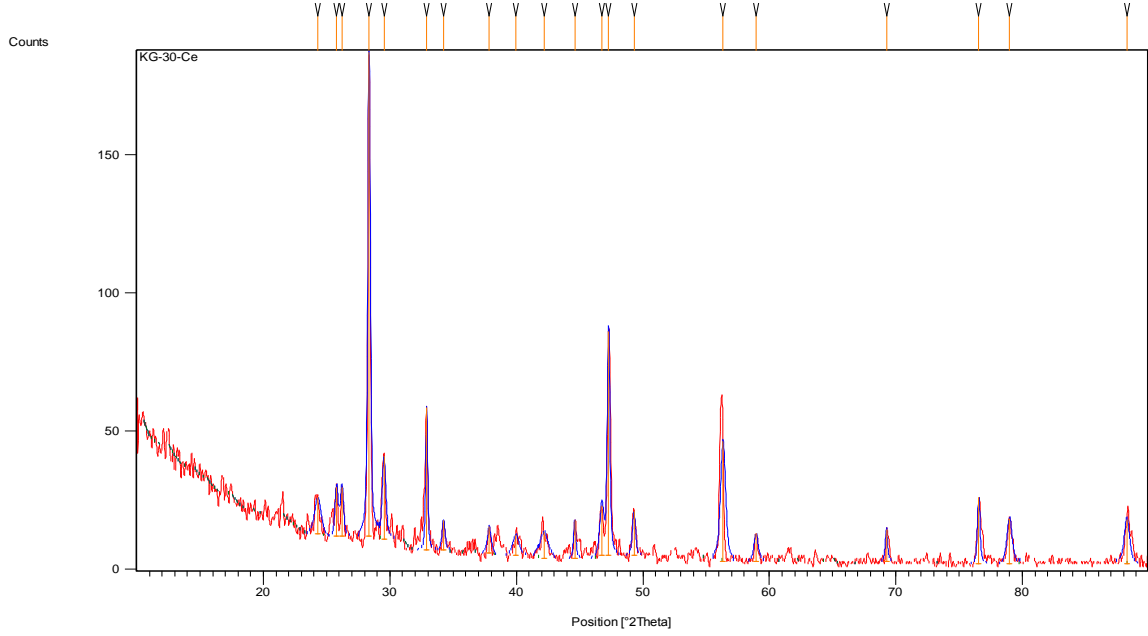


Şekil 3.29: KG-29 XRD grafiği.

Tablo 3.31: KG-29 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
24,8153	16,59	0,3360	3,58503	29,69
26,0830	21,83	0,2160	3,41359	39,08
27,0020	11,79	0,2880	3,29946	21,11
27,6927	13,68	0,2880	3,21871	24,49
29,3523	55,86	0,2880	3,04039	100,00
30,4914	12,86	0,2160	2,92935	23,02
34,0726	17,28	0,2880	2,62921	30,94
41,8690	13,44	0,3360	2,15589	24,06
43,2300	12,99	0,7680	2,09111	23,25
44,7807	13,42	0,4800	2,02223	24,03
46,5545	27,13	0,1920	1,94923	48,57
49,2217	14,64	0,3360	1,84967	26,21
61,3713	8,90	0,4800	1,50942	15,93

KG-30 deneyinde katkılama olarak Ce_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Sentezlenen ürünün XRD grafiği Şekil 3.30'da verilmiştir. KG-30 deneyine ait XRD verileri ise Tablo 3.32'de verilmiştir.

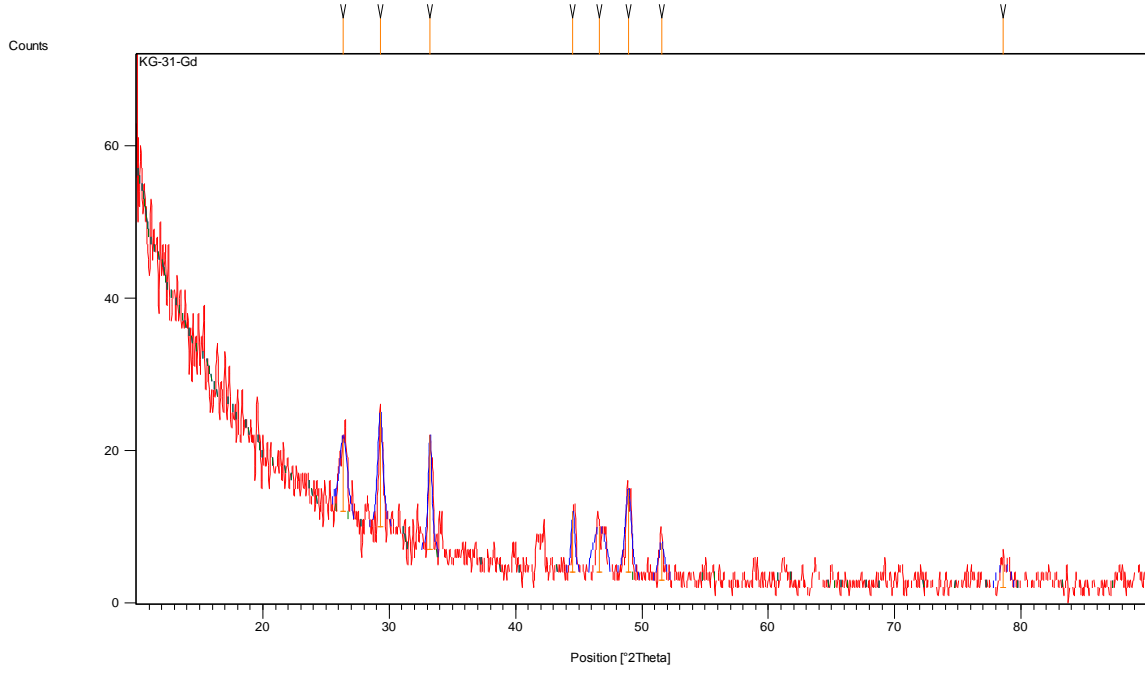


Şekil 3.30: KG-30 XRD grafiği.

Tablo 3.32: KG-30 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\theta$.]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\theta$.]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
24,2970	13,10	0,5760	3,66031	7,49
25,7917	17,85	0,2880	3,45148	10,20
26,2088	17,90	0,2880	3,39749	10,23
28,3598	175,04	0,2400	3,14450	100,00
29,5373	30,21	0,3360	3,02177	17,26
32,9136	51,55	0,1920	2,71909	29,45
34,2383	10,91	0,2880	2,61686	6,23
37,8533	9,56	0,3360	2,37485	5,46
39,9547	7,57	0,5760	2,25465	4,32
42,1833	9,65	0,7680	2,14055	5,51
44,6116	13,86	0,2160	2,02951	7,92
46,7585	18,05	0,3840	1,94120	10,31
47,2889	81,18	0,2400	1,92066	46,38
49,2936	16,19	0,2880	1,84714	9,25
56,3431	43,55	0,4560	1,63160	24,88
58,9545	10,13	0,3840	1,56540	5,79
69,2510	11,47	0,2160	1,35566	6,55
76,5519	24,09	0,2400	1,24352	13,76
78,9834	16,54	0,4800	1,21123	9,45
88,2776	16,26	0,4800	1,10612	9,29

KG-31 deneyinde katkılama olarak Gd_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Deneysel XRD grafiği Şekil 3.31’de verilmiştir. KG-31 deneyine ait XRD verileri ise Tablo 3.33’te verilmiştir.

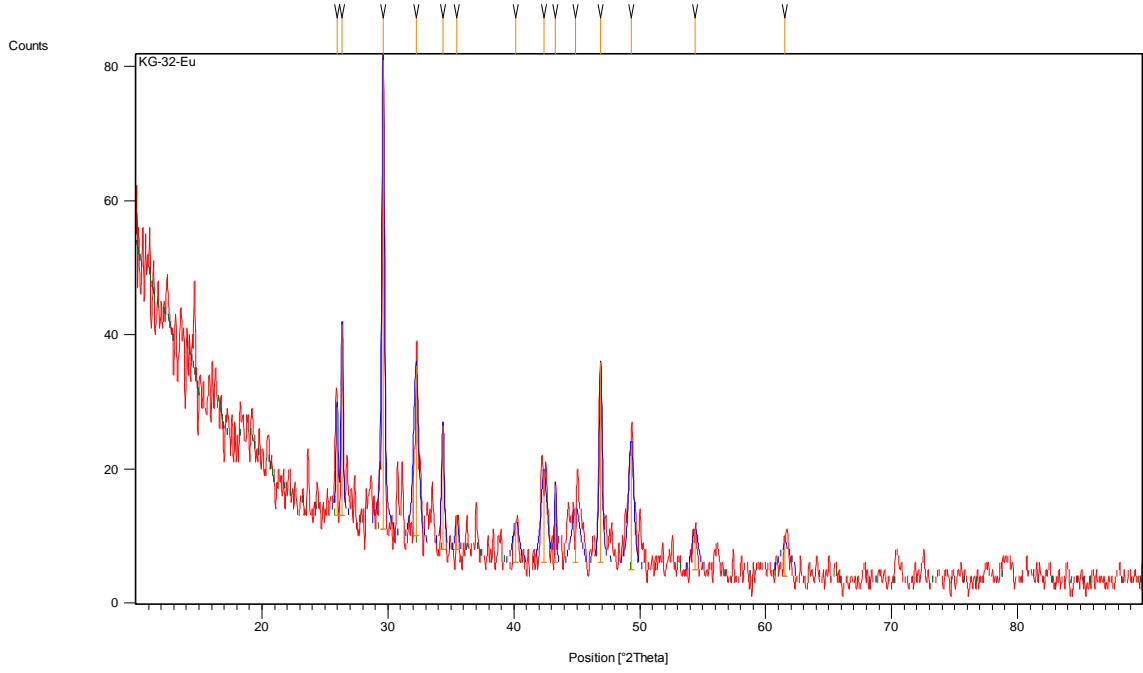


Şekil 3.31: KG-31 XRD grafiği.

Tablo 3.33: KG-31 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\theta$.]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\theta$.]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
26,3576	9,57	0,7680	3,37865	63,21
29,2949	15,14	0,4800	3,04621	100,00
33,2335	15,05	0,3360	2,69365	99,38
44,5433	8,00	0,3360	2,03246	52,84
46,6320	6,03	1,1520	1,94617	39,83
48,9215	10,90	0,5760	1,86031	71,98
51,5513	4,90	0,5760	1,77142	32,36
78,6180	3,07	1,1520	1,21594	20,28

KG-32 deneyinde katkılama olarak Eu_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Deneysel XRD grafiği Şekil 3.32’de verilmiştir. KG-32 deneyine ait XRD verileri ise Tablo 3.34’te verilmiştir.

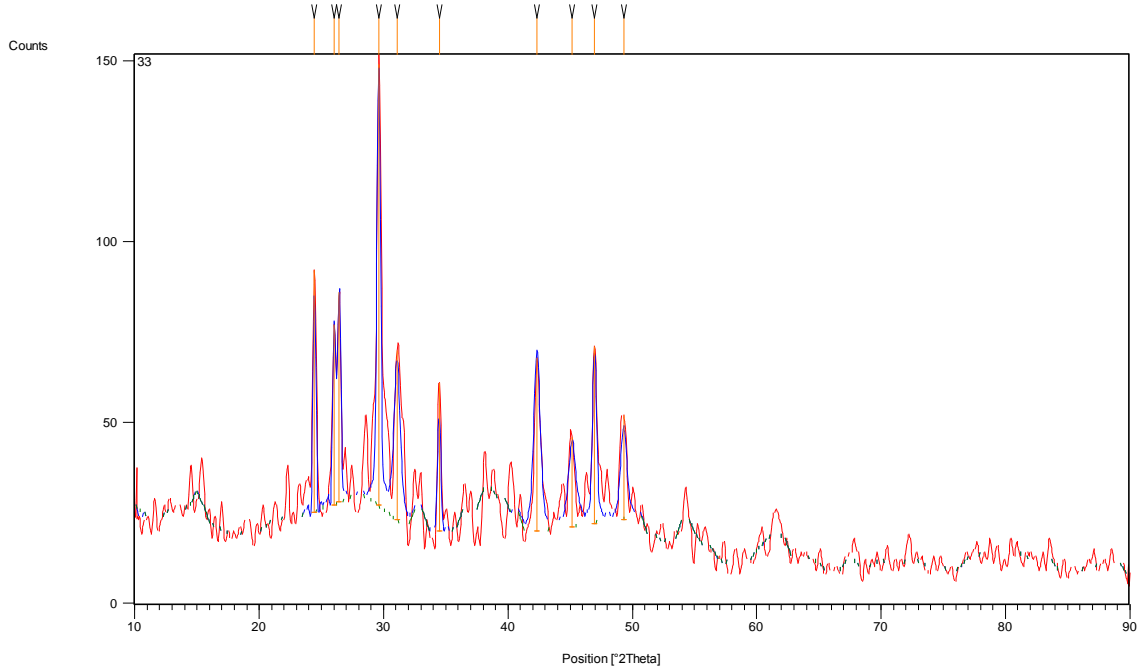


Şekil 3.32: KG-32 XRD grafiği.

Tablo 3.34: KG-32 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
25,9653	16,22	0,1920	3,42880	23,16
26,3575	28,60	0,1920	3,37866	40,84
29,6113	70,02	0,2640	3,01438	100,00
32,2445	25,41	0,4800	2,77398	36,28
34,3736	18,43	0,2400	2,60687	26,32
35,4614	5,11	0,2880	2,52936	7,30
40,1711	6,29	0,5760	2,24301	8,98
42,3960	13,69	0,5760	2,13030	19,55
43,2927	11,51	0,1680	2,08823	16,43
44,9232	8,20	0,7680	2,01615	11,71
46,9021	29,95	0,2880	1,93559	42,77
49,3227	18,99	0,4800	1,84612	27,11
54,4031	6,05	0,5760	1,68511	8,63
61,5478	4,64	1,1520	1,50551	6,62

KG-33 deneyinde herhangi bir nadir toprak metal oksit bileşiği kullanılmadan deney yapılmış olup, elde edilen ürünün XRD grafiği Şekil 3.33'te verilmiştir. Sentezin XRD verileri ise Tablo 3.35'te sunulmuştur.

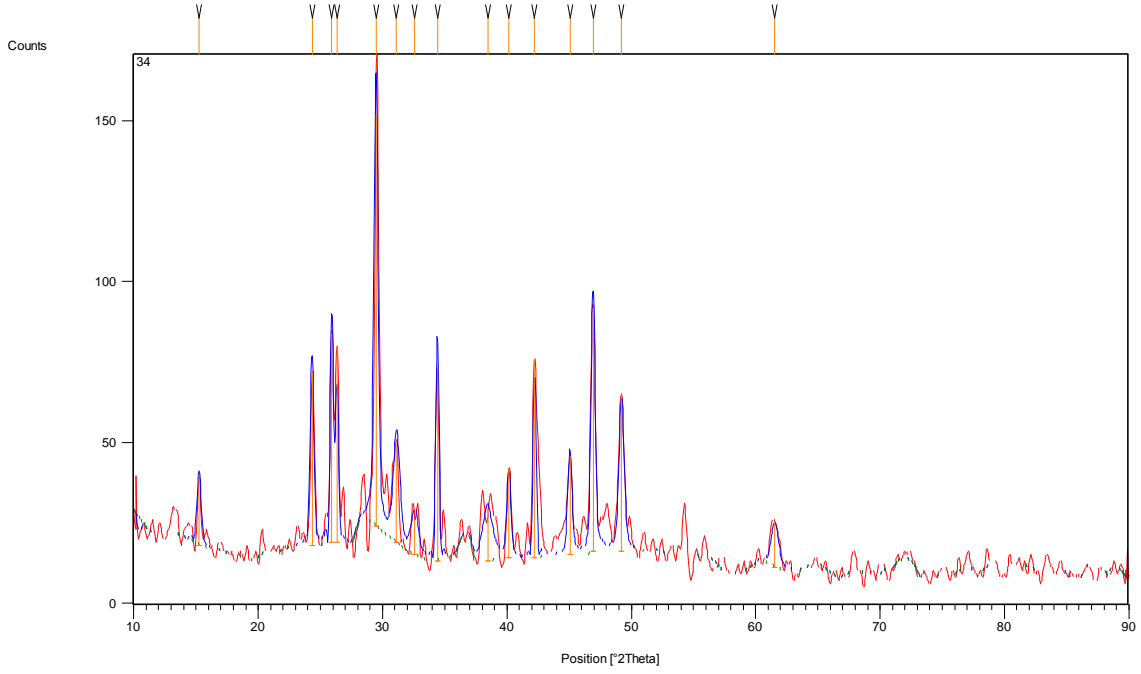


Şekil 3.33: KG-33 XRD grafiği.

Tablo 3.35: KG-33 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
24,4413	67,00	0,1800	3,63902	54,92
26,0435	50,00	0,1800	3,41868	40,98
26,4363	58,00	0,2400	3,36877	47,54
29,6096	122,00	0,3000	3,01455	100,00
31,0886	47,00	0,6000	2,87443	38,52
34,4703	41,00	0,2400	2,59978	33,61
42,3367	48,00	0,6000	2,13314	39,34
45,1689	25,00	0,7200	2,00575	20,49
46,9657	49,00	0,3600	1,93312	40,16
49,3003	28,99	0,6000	1,84690	23,77

KG-34 deneyinde katkılama olarak Nd_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Elde edilen ürünün XRD grafiği Şekil 3.34'te verilmiştir. KG-34 deneyine ait XRD verileri ise Tablo 3.36'da verilmiştir.

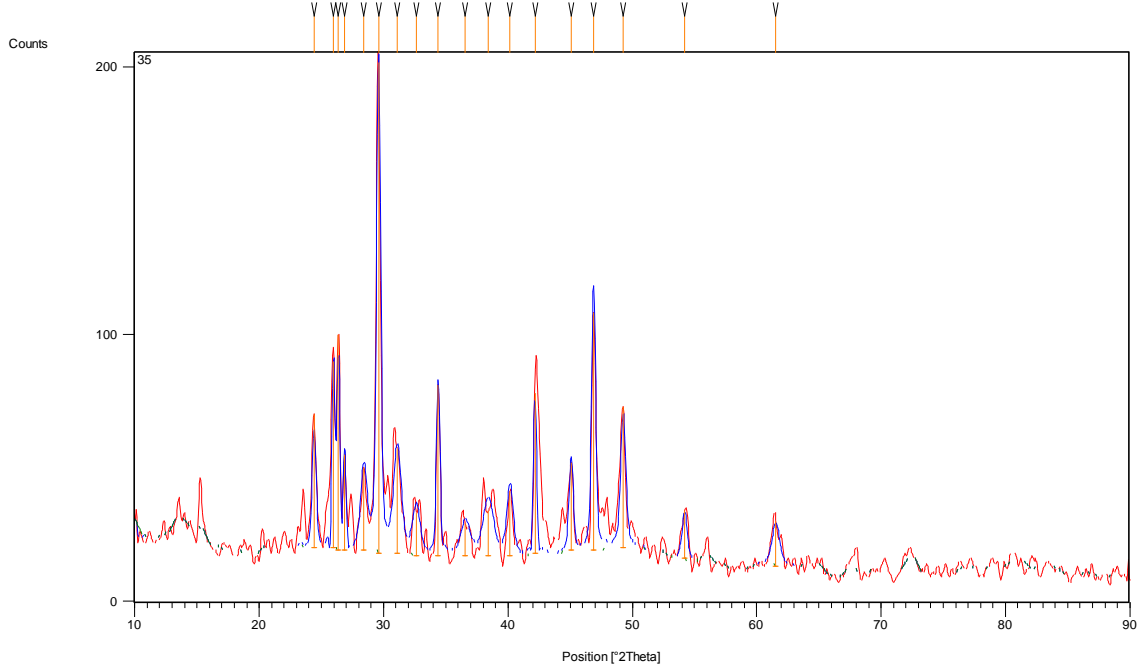


Şekil 3.34: KG-34 XRD grafiği.

Tablo 3.36: KG-34 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
15,2537	22,00	0,3600	5,80389	17,19
24,3256	54,00	0,3000	3,65608	42,19
25,9194	65,00	0,1800	3,43476	50,78
26,3258	61,00	0,2400	3,38266	47,66
29,4736	128,00	0,3600	3,02815	100,00
31,1281	32,00	0,6000	2,87087	25,00
32,5965	11,00	0,7200	2,74482	8,59
34,4088	60,00	0,2400	2,60429	46,88
38,4478	14,00	0,9600	2,33948	10,94
40,1498	28,00	0,3600	2,24415	21,88
42,2292	62,00	0,2400	2,13833	48,44
45,0578	31,00	0,3600	2,01044	24,22
46,9275	76,00	0,3600	1,93461	59,38
49,2199	49,00	0,4800	1,84973	38,28
61,5464	14,00	0,7200	1,50555	10,94

KG-35 deneyinde katkılama olarak Ce_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Elde edilen ürünün deneysel XRD grafiği Şekil 3.35'te verilmiştir. KG-35 deneyine ait XRD verileri ise Tablo 3.37'de verilmiştir.

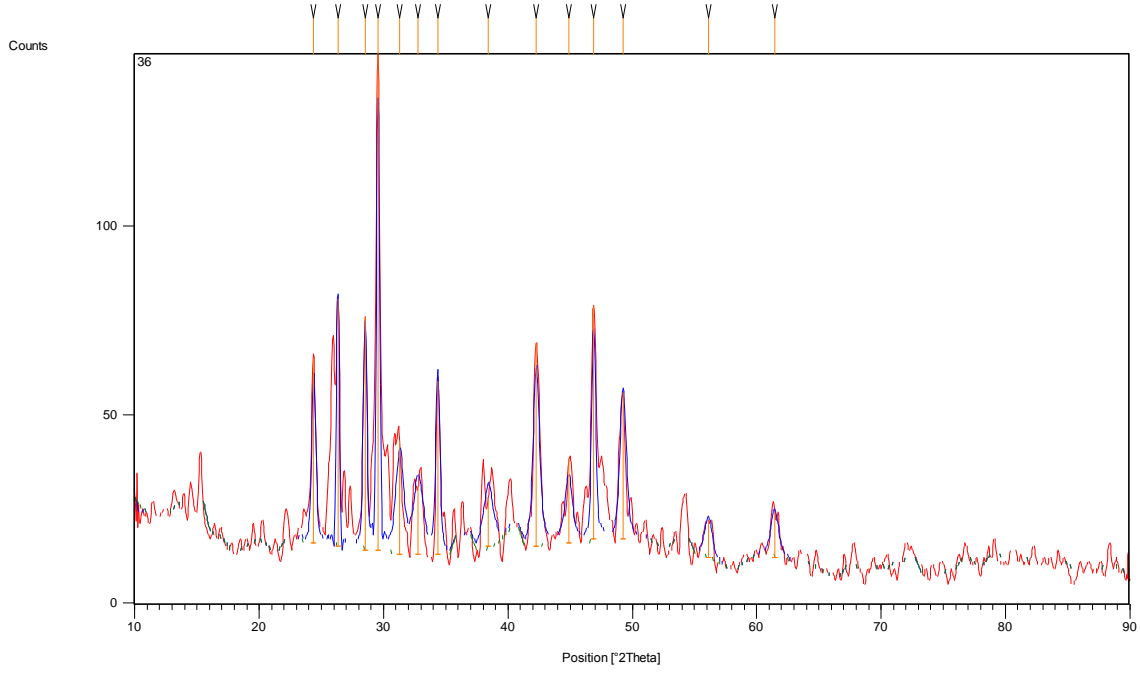


Şekil 3.35: KG-35 XRD grafiği.

Tablo 3.37: KG-35 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\theta$.]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\theta$.]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
24,4162	50,00	0,3600	3,64272	27,17
25,9844	70,00	0,1800	3,42632	38,04
26,3768	81,00	0,1800	3,37623	44,02
26,8631	36,00	0,1800	3,31620	19,57
28,4166	31,00	0,6000	3,13834	16,85
29,6035	184,00	0,3600	3,01516	100,00
31,1051	39,00	0,7200	2,87294	21,20
32,6331	16,00	0,7200	2,74183	8,70
34,3912	64,00	0,3000	2,60558	34,78
36,5580	12,00	0,9600	2,45596	6,52
38,4221	17,00	0,9600	2,34099	9,24
40,1678	24,00	0,6000	2,24318	13,04
42,1724	60,00	0,2400	2,14108	32,61
45,0811	33,00	0,3600	2,00945	17,93
46,8872	89,00	0,3600	1,93617	48,37
49,2703	53,00	0,4800	1,84795	28,80
54,2149	18,00	0,4800	1,69051	9,78
61,5483	17,00	0,7200	1,50550	9,24

KG-36 deneyinde katkılama olarak Gd_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Elde edilen XRD grafiği Şekil 3.36’da verilmiştir. KG-36 deneyine ait XRD verileri ise Tablo 3.38’de verilmiştir.

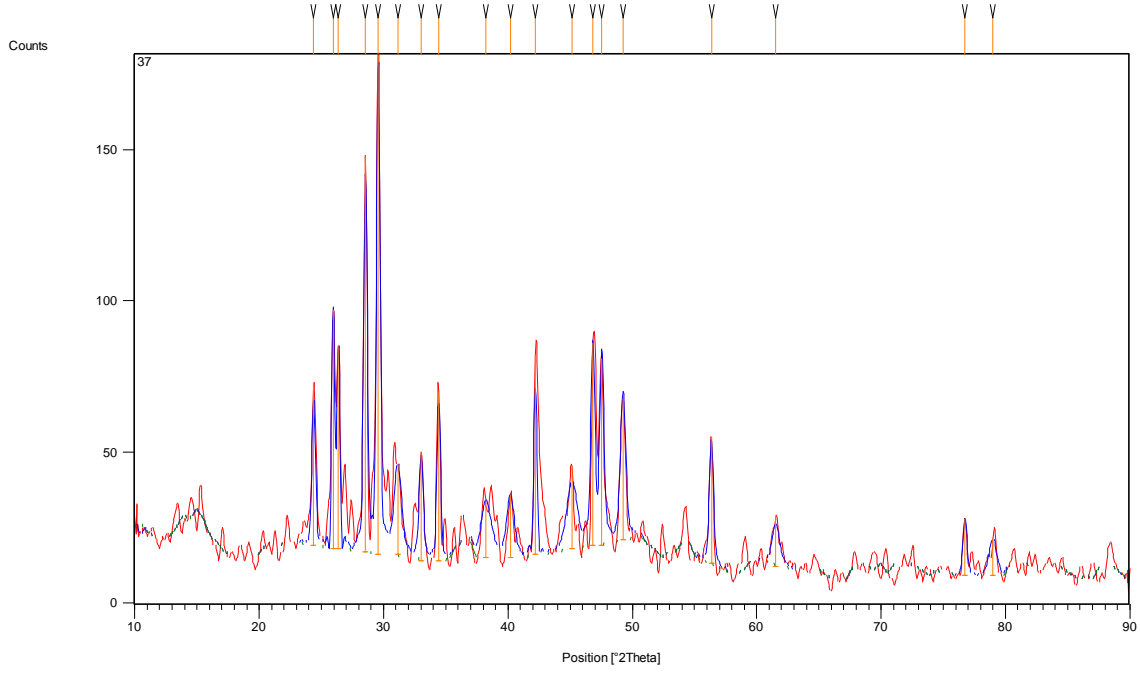


Şekil 3.36: KG-36 XRD grafiği.

Tablo 3.38: KG-36 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2Th.$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2Th.$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
24,3881	49,00	0,3600	3,64685	37,12
26,3311	66,00	0,1800	3,38198	50,00
28,5214	62,00	0,3000	3,12705	46,97
29,5561	132,00	0,2400	3,01989	100,00
31,3035	30,00	0,7200	2,85518	22,73
32,7823	18,00	0,9600	2,72969	13,64
34,3620	46,00	0,3600	2,60773	34,85
38,4144	13,00	0,9600	2,34144	9,85
42,2865	54,00	0,6000	2,13556	40,91
44,8855	22,00	0,7200	2,01776	16,67
46,8955	62,00	0,3600	1,93585	46,97
49,2604	39,00	0,6000	1,84830	29,55
56,1116	10,00	0,7200	1,63778	7,58
61,4522	12,00	0,7200	1,50763	9,09

KG-37 deneyinde katkılama olarak Eu_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Deneysel XRD grafiği Şekil 3.37’de verilmiştir. KG-37 deneyine ait XRD verileri ise Tablo 3.39’da verilmiştir.

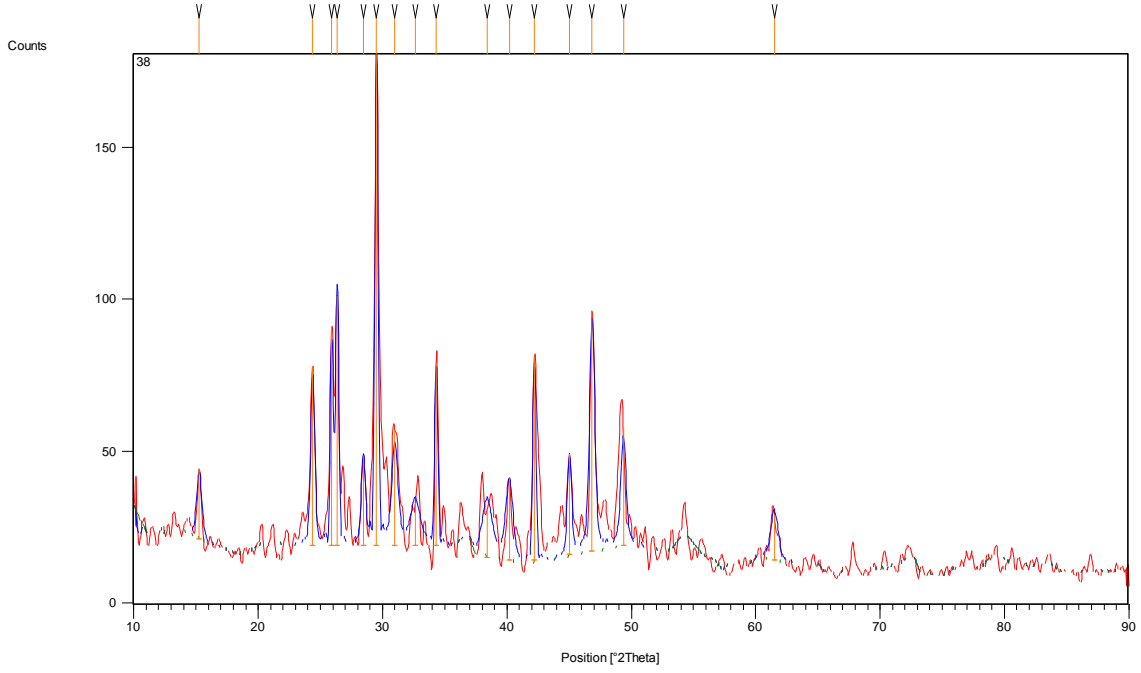


Şekil 3.37: KG-37 XRD grafiği.

Tablo 3.39: KG-37 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
24,3822	54,00	0,3000	3,64772	32,73
25,9562	79,00	0,1800	3,42997	47,88
26,3709	67,00	0,1800	3,37697	40,61
28,5500	131,00	0,3000	3,12398	79,39
29,5824	165,00	0,3000	3,01726	100,00
31,1514	30,03	0,7200	2,86878	18,20
33,0253	36,00	0,3600	2,71016	21,82
34,4384	56,00	0,3000	2,60211	33,94
38,2383	17,00	0,9600	2,35182	10,30
40,2109	21,00	0,7200	2,24088	12,73
42,2086	66,00	0,2400	2,13932	40,00
45,1488	27,00	0,9600	2,00660	16,36
46,8292	67,00	0,3600	1,93843	40,61
47,5490	62,00	0,3600	1,91076	37,58
49,2622	47,00	0,4800	1,84824	28,48
56,3567	42,00	0,3600	1,63124	25,45
61,5416	17,00	0,7200	1,50565	10,30
76,7504	19,00	0,3600	1,24080	11,52
78,9919	12,00	0,7200	1,21112	7,27

KG-38 deneyinde katkılama olarak Nd_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Deneysel XRD grafiği Şekil 3.38’de verilmiştir. KG-38 deneyine ait XRD verileri ise Tablo 3.40’ta sunulmuştur.

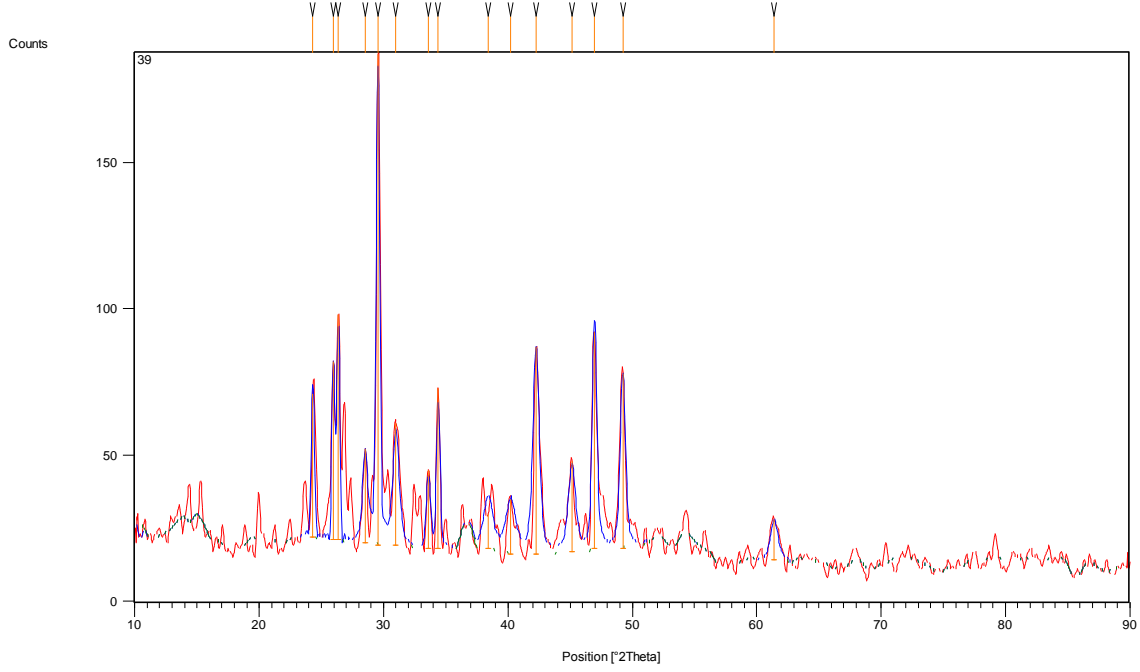


Şekil 3.38: KG-38 XRD grafiği.

Tablo 3.40: KG-38 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
15,2560	23,00	0,4800	5,80304	14,20
24,3880	59,00	0,3600	3,64686	36,42
25,9240	72,00	0,1800	3,43417	44,44
26,3538	82,00	0,2400	3,37912	50,62
28,4576	29,00	0,3600	3,13391	17,90
29,5147	162,00	0,2400	3,02403	100,00
30,9913	38,00	0,6000	2,88323	23,46
32,6317	14,00	0,9600	2,74194	8,64
34,3168	60,00	0,2400	2,61106	37,04
38,4085	16,00	0,9600	2,34179	9,88
40,1840	27,00	0,7200	2,24232	16,67
42,2053	67,00	0,2400	2,13948	41,36
45,0256	33,00	0,3600	2,01180	20,37
46,8500	79,00	0,4800	1,93762	48,77
49,3631	39,00	0,4800	1,84470	24,07
61,4971	15,00	0,7200	1,50664	9,26

KG-39 deneyinde katkılama olarak Ce_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Elde edilen deneysel XRD grafiği Şekil 3.39'da verilmiştir. KG-39 deneyine ait XRD verileri ise Tablo 3.41'de verilmiştir.

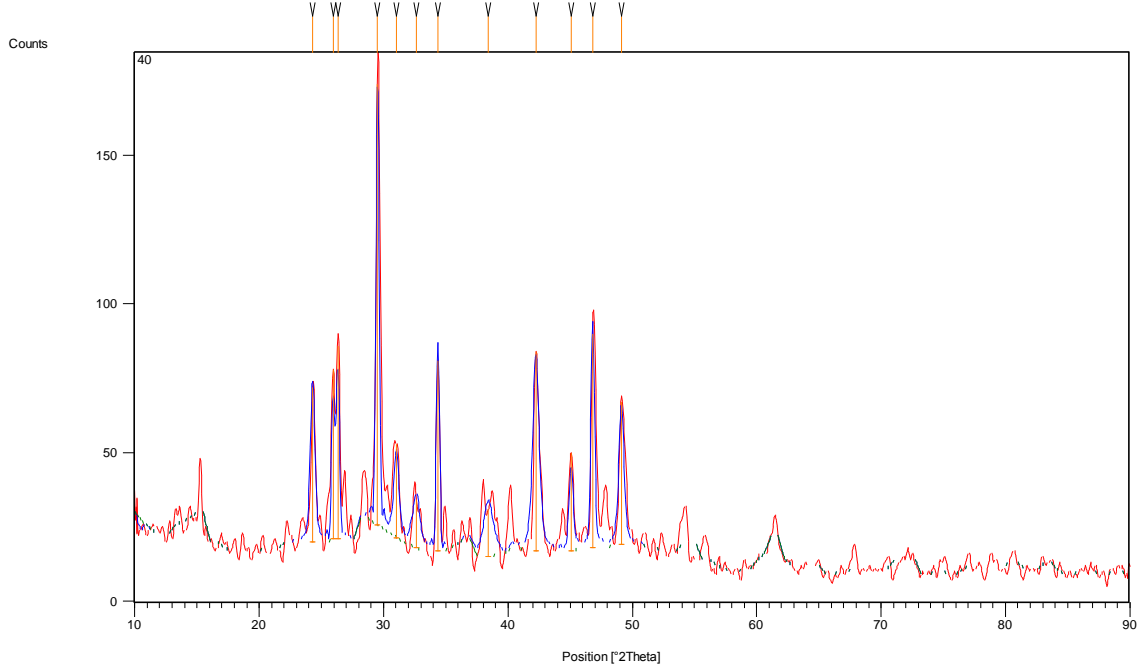


Şekil 3.39: KG-39 XRD grafiği.

Tablo 3.41: KG-39 XRD verileri.

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
24,3154	49,00	0,2400	3,65758	29,17
25,9734	61,00	0,1800	3,42775	36,31
26,3658	77,00	0,1800	3,37762	45,83
28,5189	32,00	0,4800	3,12732	19,05
29,5532	168,00	0,3000	3,02018	100,00
30,9950	42,00	0,6000	2,88289	25,00
33,6027	27,00	0,3600	2,66490	16,07
34,3991	55,00	0,3000	2,60500	32,74
38,4057	12,00	0,9600	2,34195	7,14
40,2271	19,00	0,9600	2,24001	11,31
42,2677	71,00	0,6000	2,13647	42,26
45,1397	31,00	0,7200	2,00698	18,45
46,9662	74,00	0,4200	1,93310	44,05
49,2354	60,00	0,4800	1,84918	35,71
61,4147	14,00	0,7200	1,50846	8,33

KG-40 deneyinde katkılama olarak Gd_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Elde edilen deneysel XRD grafiği Şekil 3.40'ta verilmiştir. KG-40 deneyine ait XRD değerleri ise Tablo 3.42'de verilmiştir.

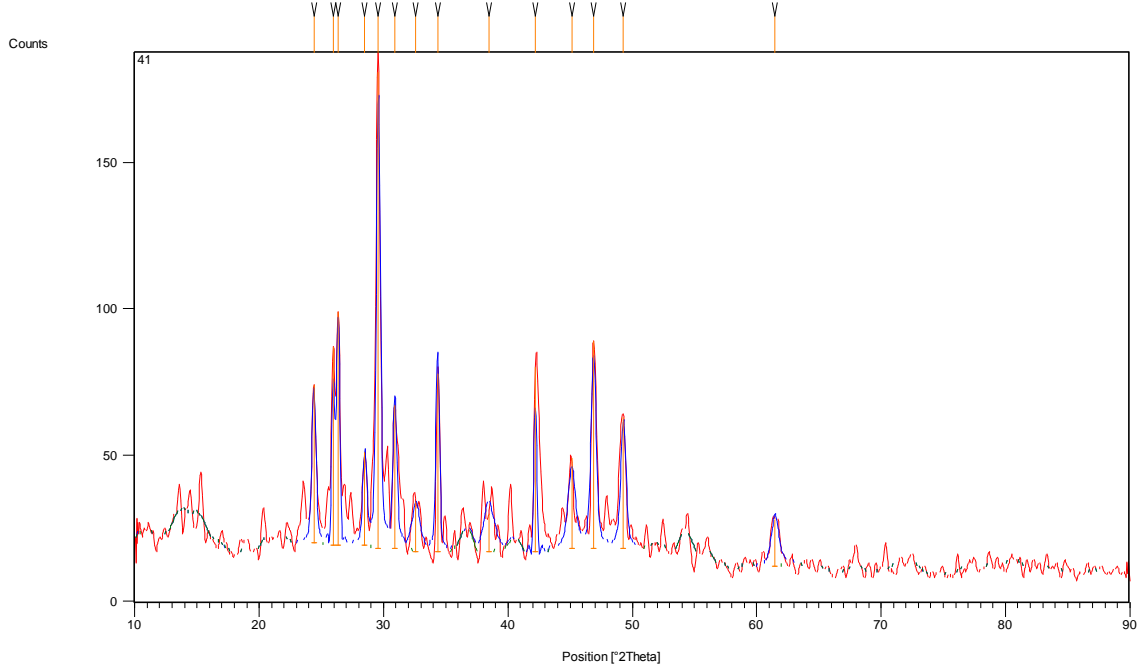


Şekil 3.40: KG-40 XRD grafiği.

Tablo 3.42: KG-40 XRD verileri.

Pos. [$^{\circ}2\theta$.]	Height [cts]	FWHM [$^{\circ}2\theta$.]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
24,2965	52,00	0,4200	3,66038	35,04
25,9484	57,00	0,1800	3,43099	38,41
26,3179	65,00	0,2400	3,38364	43,80
29,5204	148,41	0,2400	3,02346	100,00
31,0326	31,65	0,4800	2,87948	21,33
32,6266	16,00	0,7200	2,74235	10,78
34,3717	64,00	0,2400	2,60701	43,12
38,4245	16,00	0,9600	2,34085	10,78
42,2521	67,00	0,6000	2,13722	45,15
45,0802	33,00	0,3600	2,00950	22,24
46,8153	72,00	0,3000	1,93898	48,51
49,1234	48,00	0,4800	1,85314	32,34

KG-41 deneyinde katkılama olarak Eu_2O_3 bileşiği kullanılmıştır. Elde edilen deneysel XRD grafiği Şekil 3.41’de verilmiştir. KG-41 deneyine ait XRD verileri ise Tablo 3.43’te sunulmuştur.



Şekil 3.41: KG-41 XRD grafiği.

Tablo 3.43: KG-41 XRD verileri.

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
24,3993	54,00	0,3600	3,64519	33,13
25,9624	68,00	0,1800	3,42917	41,72
26,3498	80,00	0,2400	3,37963	49,08
28,4949	32,00	0,3600	3,12989	19,63
29,5848	163,00	0,3600	3,01702	100,00
30,9154	49,00	0,3600	2,89013	30,06
32,6048	17,00	0,7200	2,74414	10,43
34,3509	61,00	0,3000	2,60854	37,42
38,4607	13,00	0,9600	2,33873	7,98
42,2005	63,00	0,1800	2,13971	38,65
45,1215	31,00	0,7200	2,00775	19,02
46,8885	71,00	0,4800	1,93612	43,56
49,2848	45,00	0,4800	1,84745	27,61
61,4826	16,00	0,7200	1,50696	9,82

3.4 Deneysel Fotoluminesans Grafikleri ve Yorumları

KG1-KG20 arası yapılan sentez deneylerinden elde edilen bileşiklerin saf ve homojen bir yapıda olmaması nedeni ile PL analiz çekimleri sadece KG21-KG41 kodlu deneyler için gerçekleştirilmiştir.

KG21-KG24 kodlu deneylerin XRD analizlerinde $\text{Ca}(\text{BO}_2)_2$ (ICDD: 73-79) bileşiğinin sentezlendiğini daha önce yorumlamıştık. Bu deneylerde sırası ile Nd_2O_3 , Ce_2O_3 , Gd_2O_3 ve Eu_2O_3 bileşikleri katkılanmıştır. PL analizlerinde KG21 (Şekil 3.45) için kırmızı ışık bölgesindeki ışılda (808nm) gözlemlenmiş olup bu geçişin, $^4\text{F}_{3/2} \rightarrow ^4\text{I}_{9/2}$ enerji düzeyleri arasında gerçekleştiği ilgili referans makalede belirtilmiştir [24]. KG-22 kodlu deneyde Ce_2O_3 katkısı nedeni ile PL analizinde (Şekil 3.45) 400 nm civarında gözlemlenen geniş pikin $5d (t_{2g}) \rightarrow 4f$ enerji düzeyi geçişinden kaynaklandığı ve bunun, $5d (t_{2g})$ enerji düzeyinden, $^2\text{F}_{7/2}$ ve $^2\text{F}_{5/2}$ ile ilgili geçişlerle ilgili olduğu literatürde belirtilmektedir [12, 25]. KG-23 kodlu deneyde ise Gd_2O_3 katkılanması ile gerçekleşen PL analizinde (Şekil 3.45) 530 nm dalga boyu civarında ışımaya gözlemlenmiştir. Bu ışımaya $^6\text{P}_j \rightarrow ^8\text{S}_{7/2}$ enerji düzeyi geçişinden kaynaklanmaktadır [26]. KG-24 kodlu deneyde Eu_2O_3 katkılanması ile gerçekleşen PL analizinde (Şekil 3.45) 610 nm civarında bir ışılda gözlemlenmiştir. Bu ışımaya sebebi $^5\text{D}_0 \rightarrow ^7\text{F}_2$ enerji düzeyi geçişi ile olduğu referans ettiğimiz ilgili makalede açıklanmıştır [26].

KG-25 (Şekil 3.46), KG-29 (Şekil 3.50), KG-34 (Şekil 3.54) ve KG-38 (Şekil 3.58) kodlu deneylerde de Nd_2O_3 katkılanması ile elde edilen PL spektrumlarına baktığımızda 700-800 nm bölgesinde bir ışımaya gözlemlenmiş olup bunun $^4\text{F}_{3/2} \rightarrow ^4\text{I}_{9/2}$ enerji düzeyleri arası geçiş ile sağlandığı anlaşılmaktadır [24].

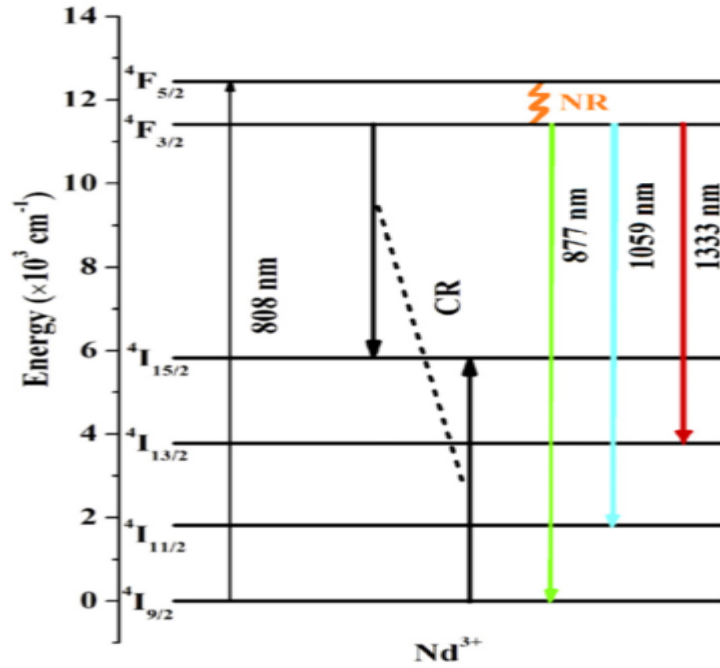
KG-26 (Şekil 3.47), KG-30 (Şekil 3.51), KG-35 (Şekil 3.55) ve KG-39 (Şekil 3.59) kodlu deneylerde de Ce_2O_3 katkılanması ile elde edilen PL spektrumlarına baktığımızda 400 nm civarında gözlemlenen geniş piklerin, $5d (t_{2g}) \rightarrow 4f$ enerji düzeyi geçişinden kaynaklandığı ve bunu $4f$ enerji düzeyine ait $^2\text{F}_{7/2}$ ve $^2\text{F}_{5/2}$ ile ilgili olduğunu daha önce yorumlamıştık [25].

KG-27 (Şekil 3.48), KG-31(Şekil 3.52), KG-36 (Şekil 3.56) ve KG-40 (Şekil 3.60) kodlu deneylerde de Gd_2O_3 katkılanması ile elde edilen PL spektrumlarını incelediğimizde

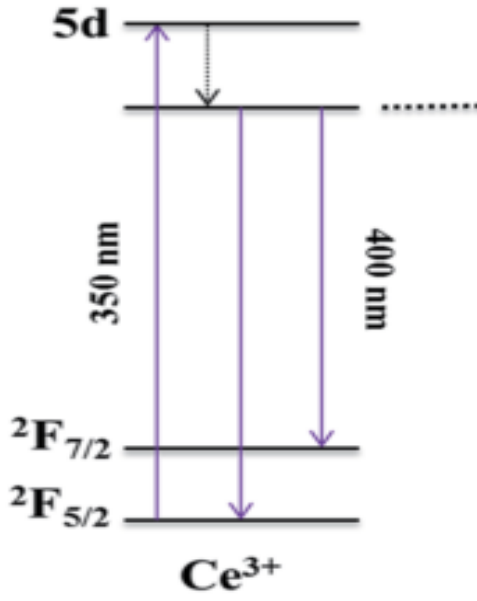
530 nm dalga boyunda luminesans ışıdaması gözlemlenmiştir, bu ışıdamaların ${}^6P_j \rightarrow {}^8S_{7/2}$ enerji düzeyleri arası geçişlerden kaynaklandığı bilinmektedir [26].

KG-28 (Şekil 3.49), KG-32 (Şekil 3.53), KG-37 (Şekil 3.57) ve KG-41(Şekil 3.61) kodlu deneylerde de Eu_2O_3 katkılandırılması ile elde edilen PL spektrumlarını incelediğimizde 610 nm dalga boyu civarında luminesans ışımaya gözlemlenmiştir, bu ışımaların, ${}^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$ enerji düzeyi geçişi sebebi ile olduğunu da ilgili bilimsel makaleye dayanarak KG-24 kodlu deneyin açıklamasında daha önce yorumlamıştık [26].

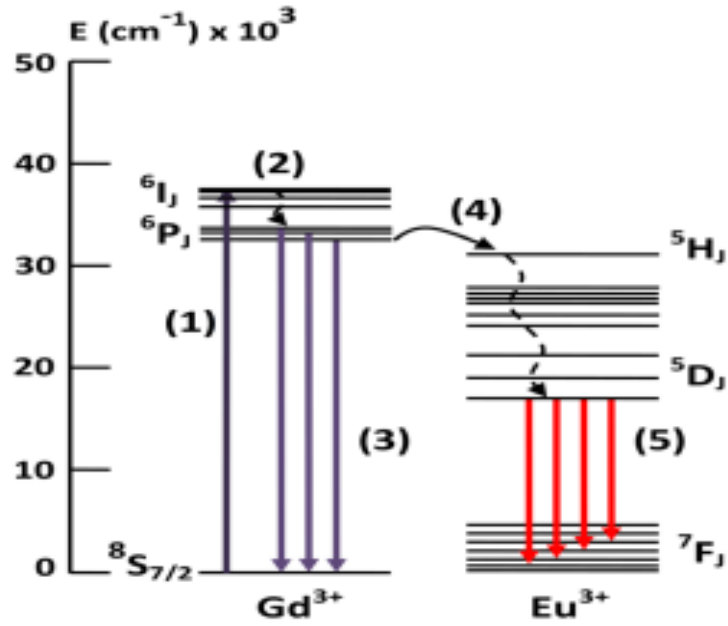
Nadir toprak metallerinin katkılanma oranlarında, Tablo 3.2’de görüldüğü üzere kütlece, belli mol oranlarınca literatürde denenmiş optimize değerler kullanılmıştır, bu çalışmalarda CaB_2O_4 bileşiğinin sentezinde ikincil bir fazın oluşumu gözlemlenmeyip, katkılanan nadir toprak metallerinin kristal yapı kusurlarına ve/veya kristal örgüde katyonik pozisyonlara yerleştiklerini deneysel sonuçlar desteklemektedir.



Şekil 3.42: Nd³⁺’ün enerji seviye diyagramı ve enerji transfer mekanizması [24].

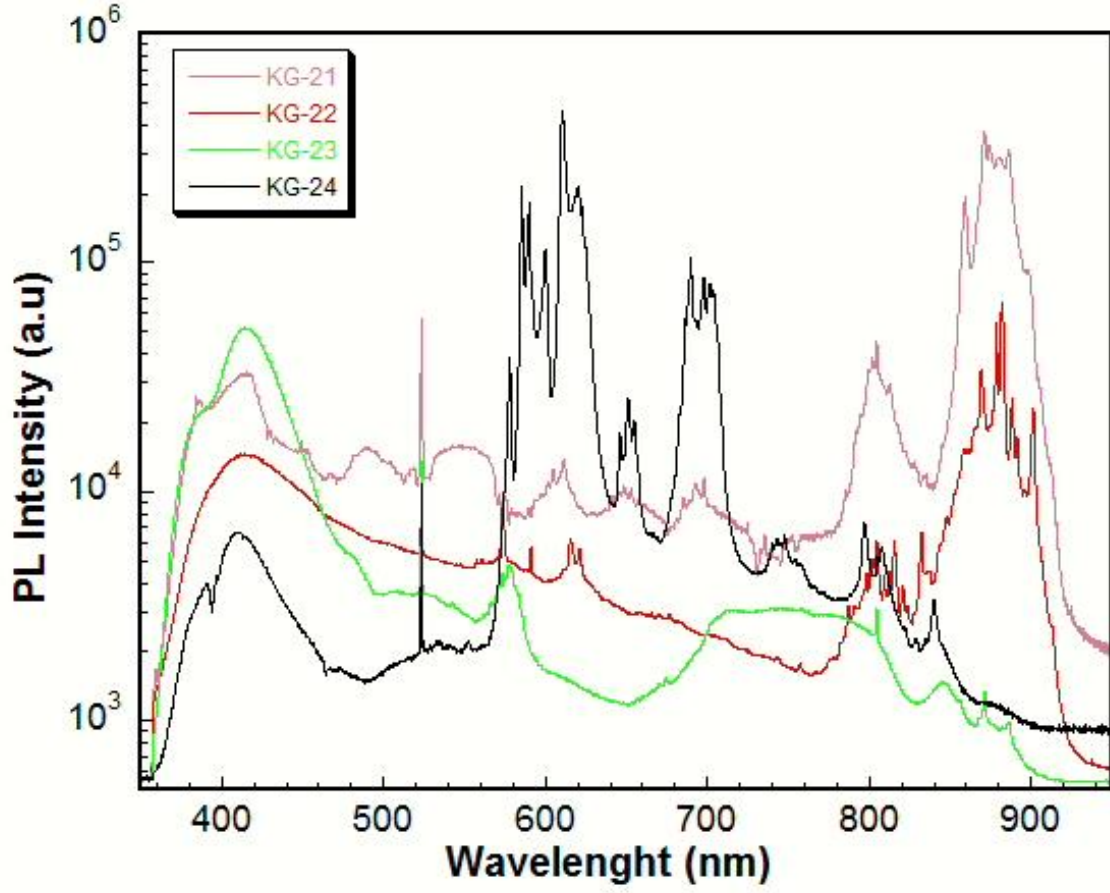


Şekil 3.43: Ce^{3+} 'ün enerji seviye diyagramı ve enerji transfer mekanizması [25].



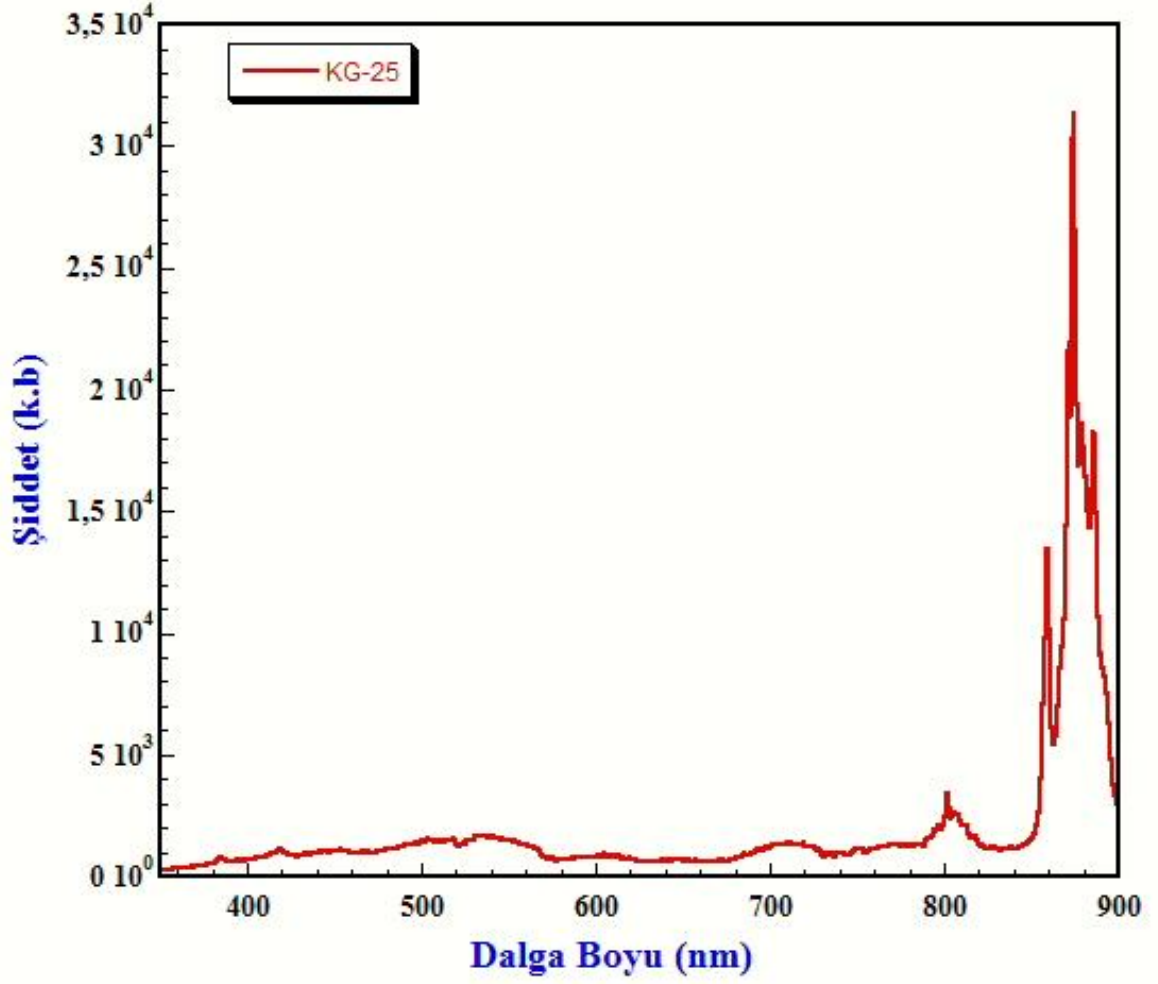
Şekil 3.44: Gd^{3+} ve Eu^{3+} 'ün enerji seviye diyagramı ve enerji transfer mekanizması [26].

KG-21-KG-24 deneylerinde PL analizleri yapılmıştır. Bu deneyler sırasında katkılanan nadir metal oksitleri sırasıyla Nd_2O_3 , Ce_2O_3 , Gd_2O_3 ve Eu_2O_3 'tür. Deneylerin PL grafiği Şekil 3.45'te verilmiştir.



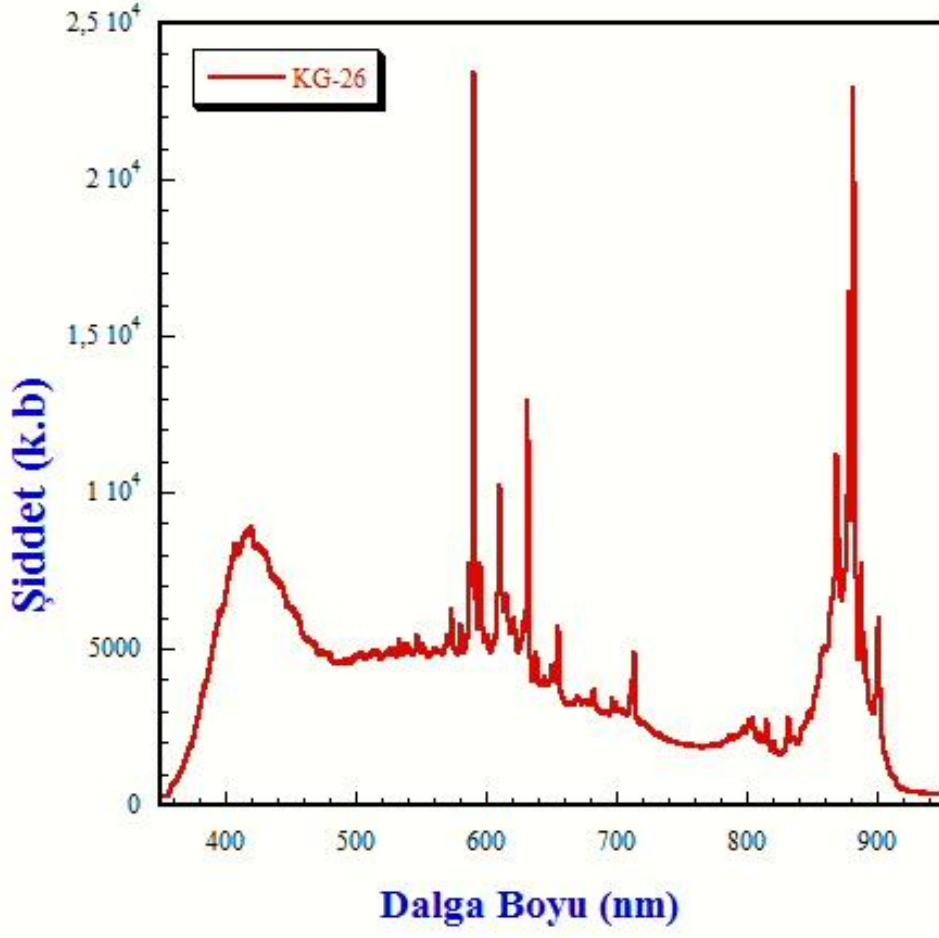
Şekil 3.45: KG-21-24 PL grafiği.

KG-25 deneyinde Nd_2O_3 bileşigi katkılandırılması ile elde edilen PL spektrumu grafiği Şekil 3.46'da verilmiştir.



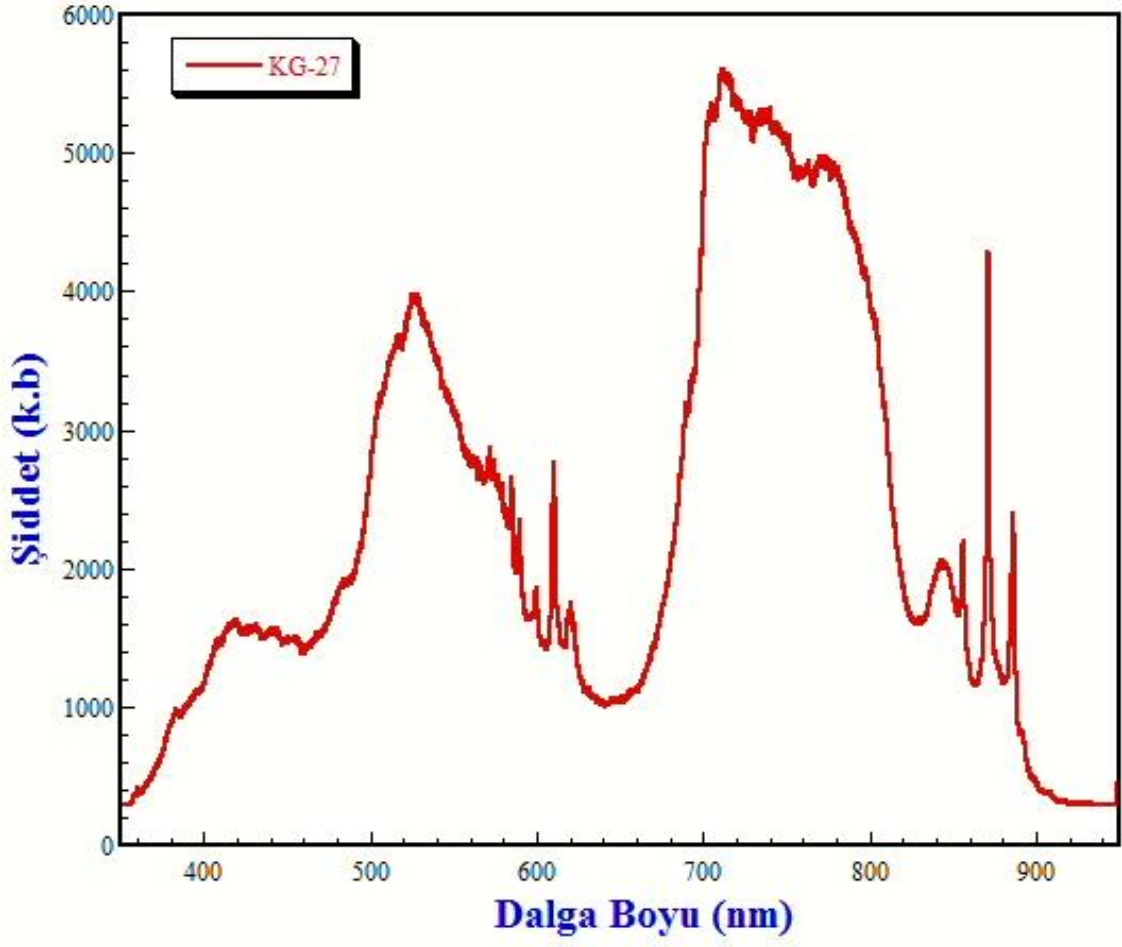
Şekil 3.46: KG-25 PL grafiği.

KG-26 deneyinde Ce_2O_3 bileşigi katkılandırılması ile elde edilen PL grafiği Şekil 3.47'de verilmiştir.



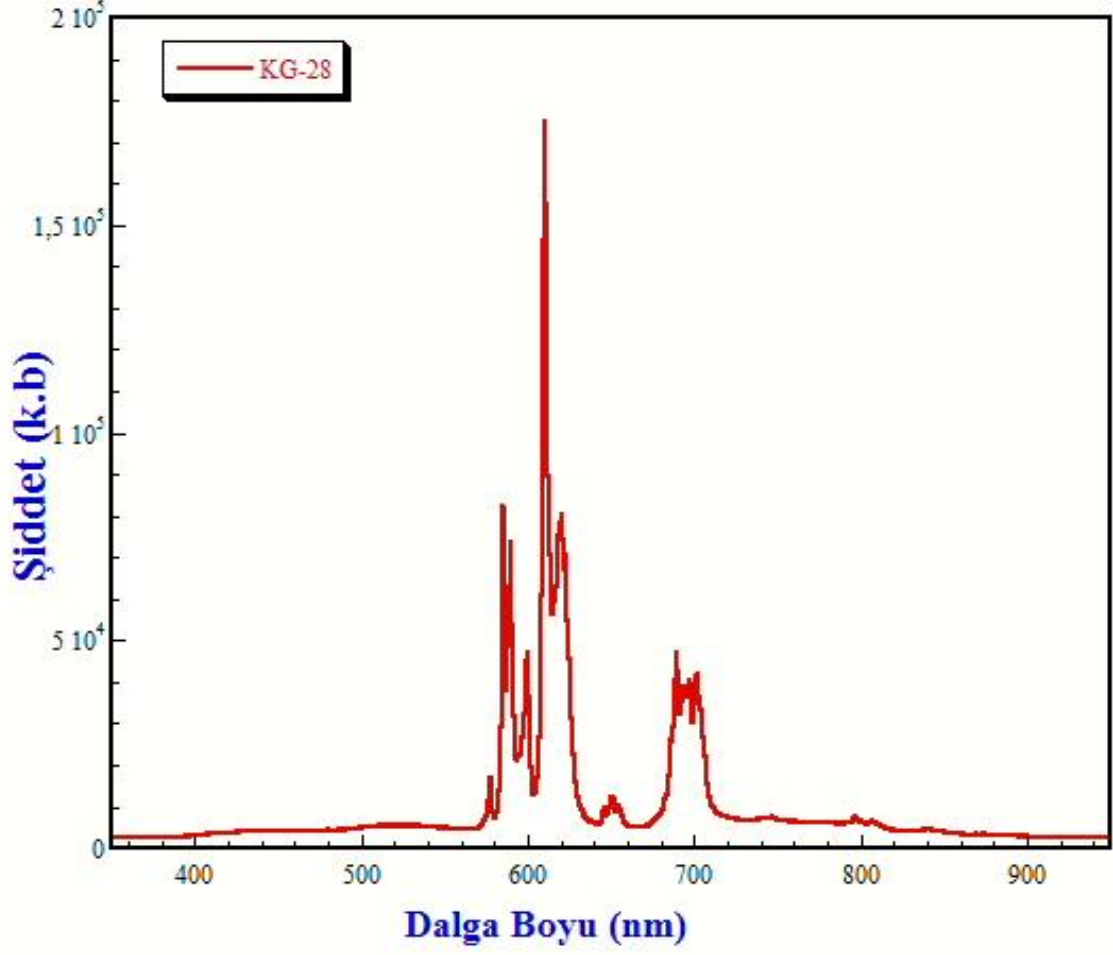
Şekil 3.47: KG-26 PL grafiği.

KG-27 deneyinde Gd_2O_3 bileşigi katkılandırılması ile elde edilen PL ışımaya spektrum grafiği Şekil 3.48’de verilmiştir.



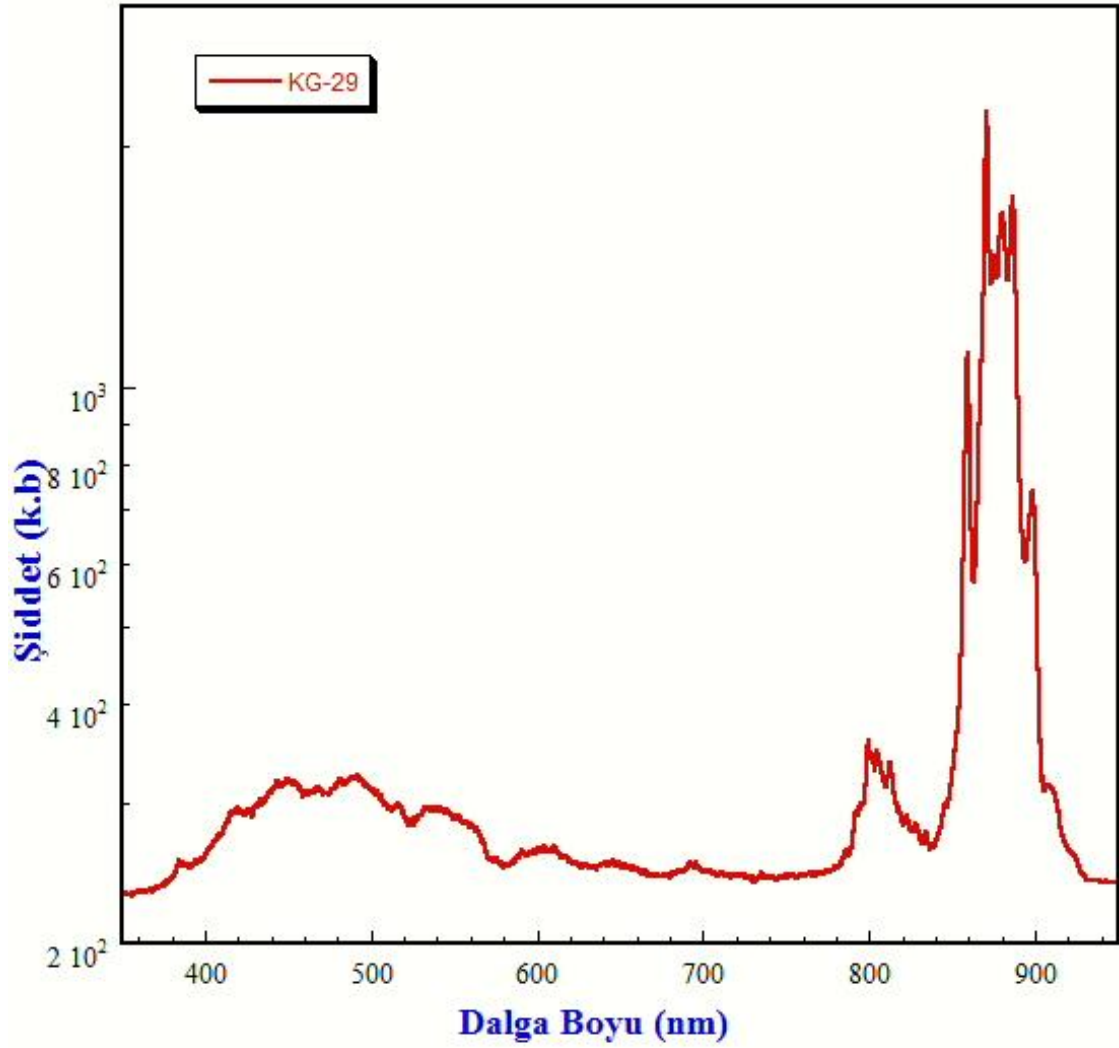
Şekil 3.48: KG-27 PL grafiği.

KG-28 deneyinde Eu_2O_3 bileşigi katkılandırılması ile elde edilen PL spektrumlarını incelediğimizde 610 nm dalga boyu civarında kuvvetli bir luminesans ışına gözlemlenmiştir. Bu ışımının PL grafiği Şekil 3.49'da verilmiştir.



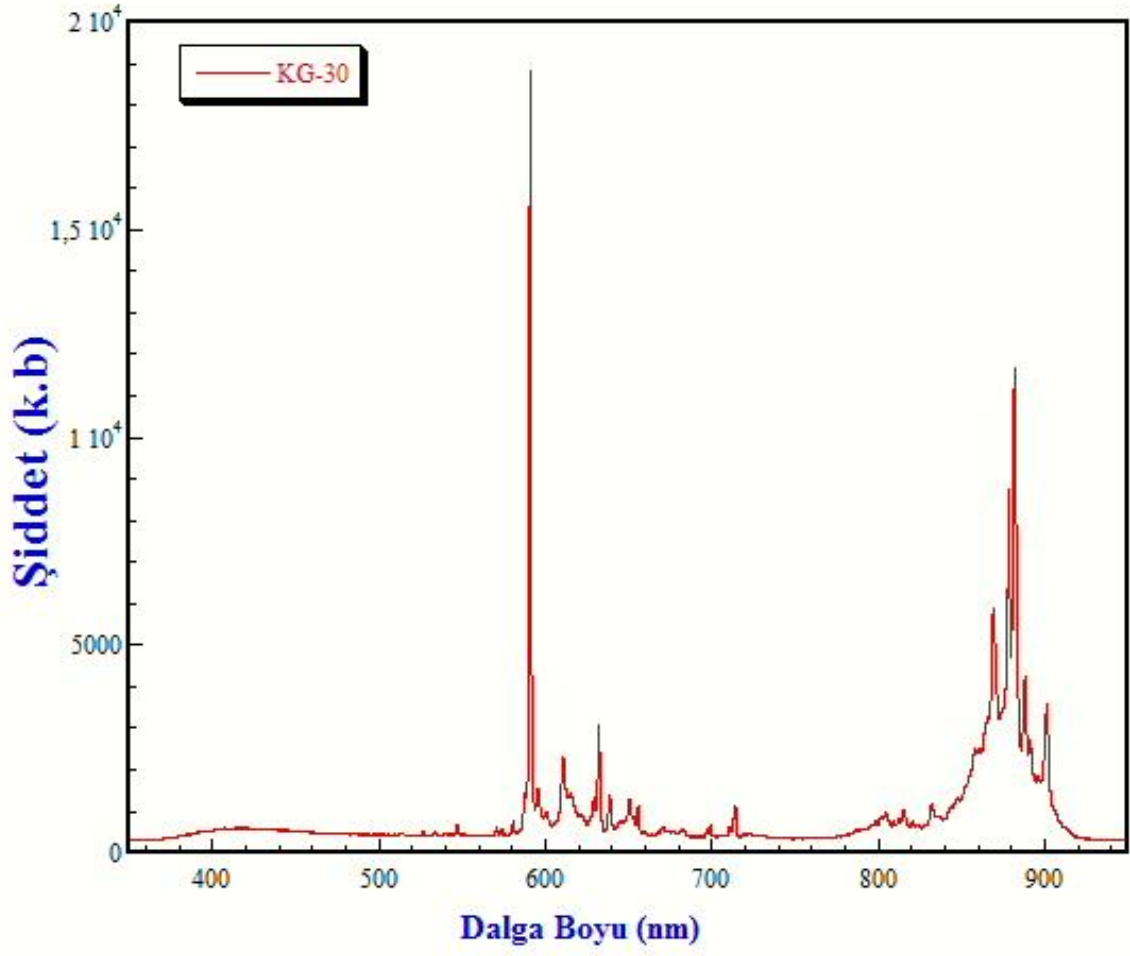
Şekil 3.49: KG-28 PL grafiği.

KG-29 deneyinde Nd_2O_3 bileşigi katkılandırılması ile elde edilen PL ışına grafiği Şekil 3.50'de verilmiştir.



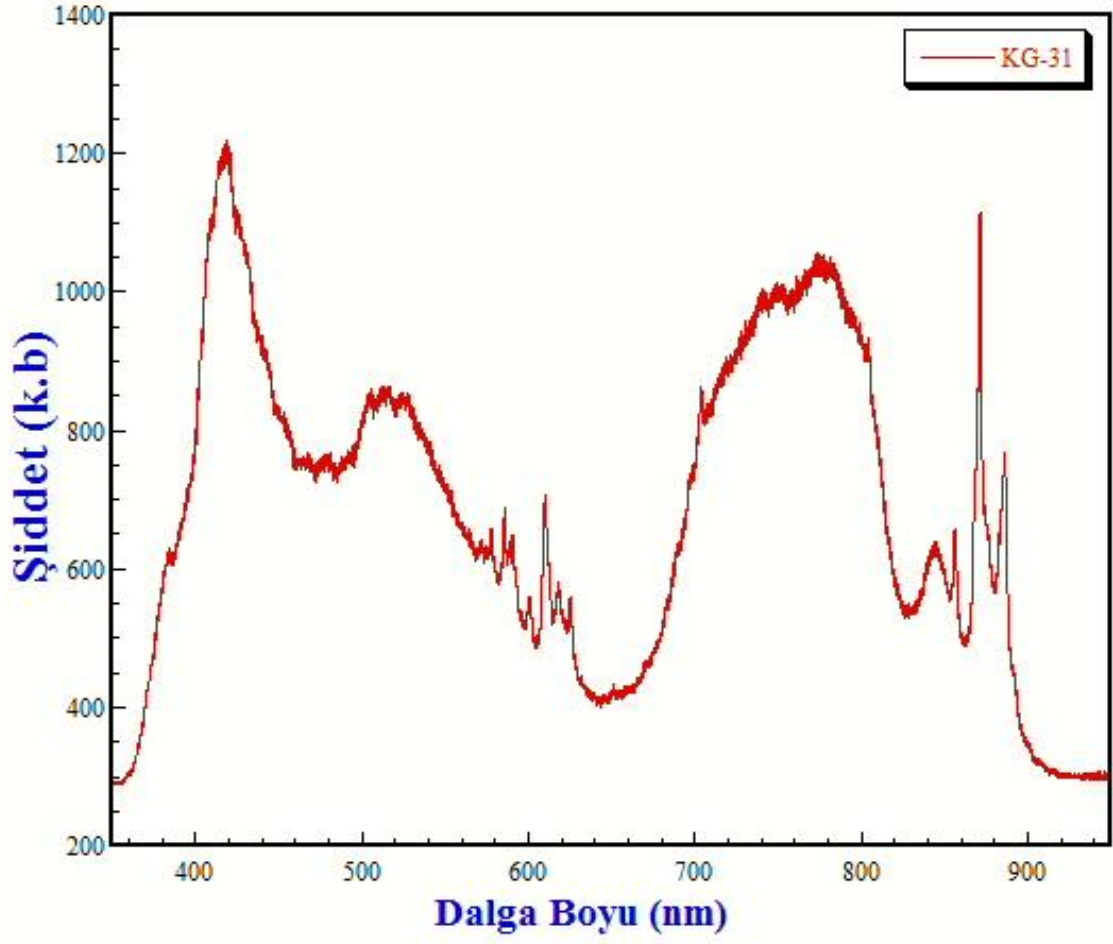
Şekil 3.50: KG-29 PL grafiği.

KG-30 deneyinde Ce_2O_3 bileşigi katkılandırılması ile elde edilen PL ışım spektrumu grafiği Şekil 3.51’de verilmiştir.



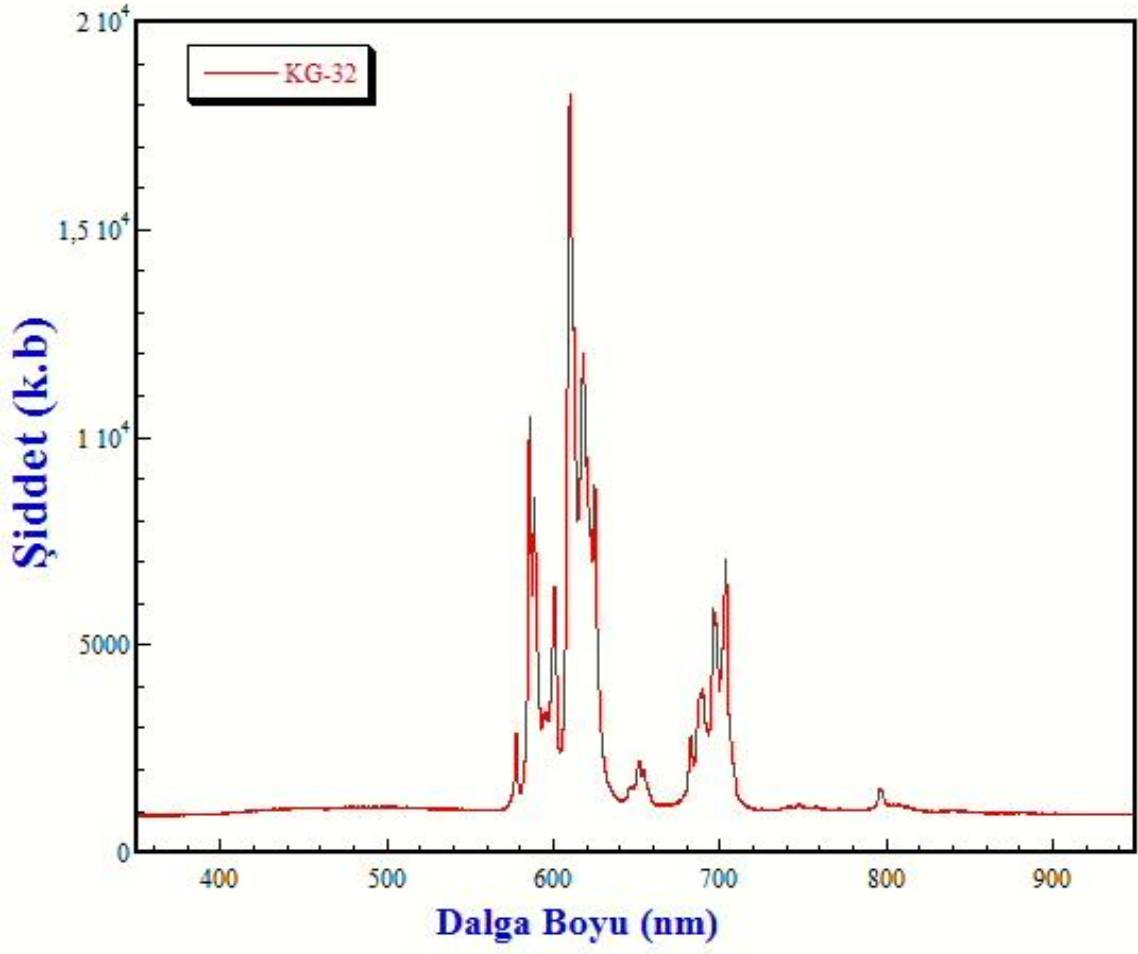
Şekil 3.51: KG-30 PL grafiği.

KG-31 deneyinde Gd_2O_3 bileşigi katkılandırılması ile elde edilen PL ışım grafiği Şekil 3.52’de verilmiştir.



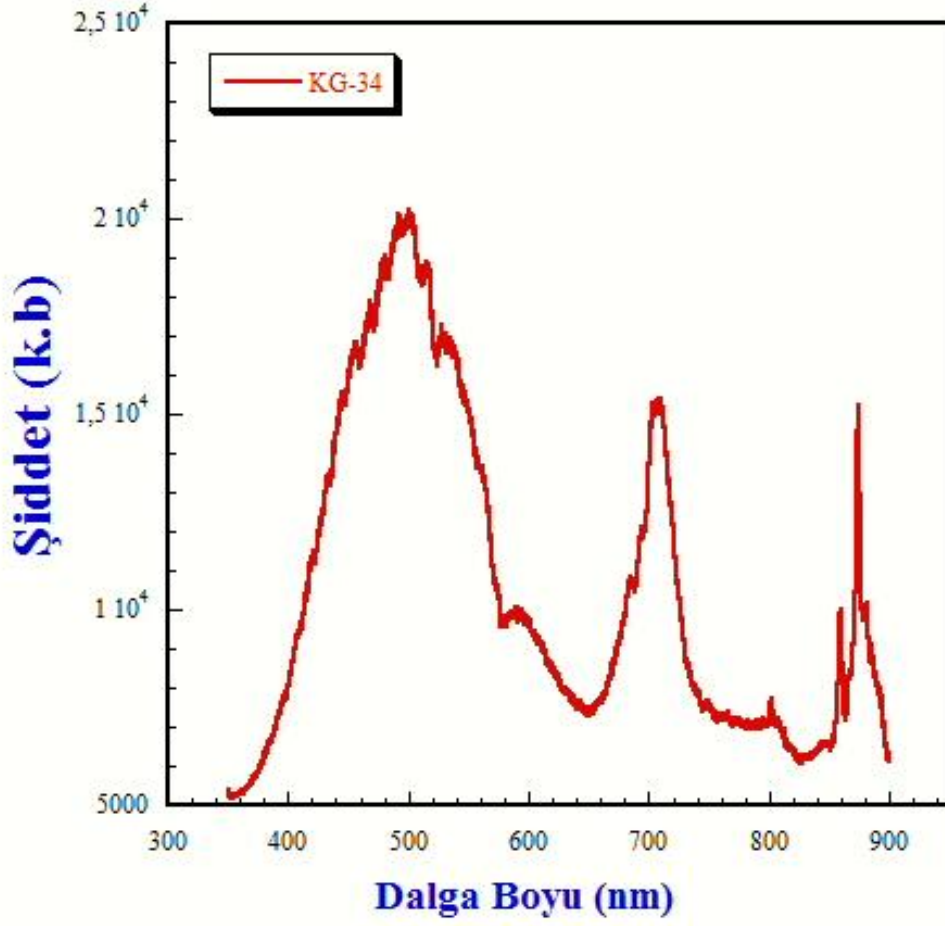
Şekil 3.52: KG-31 PL grafiği.

KG-32 deneyinde Eu_2O_3 bileşği katkılandırılması ile elde edilen PL ışına grafiği Şekil 3.53'te verilmiştir.



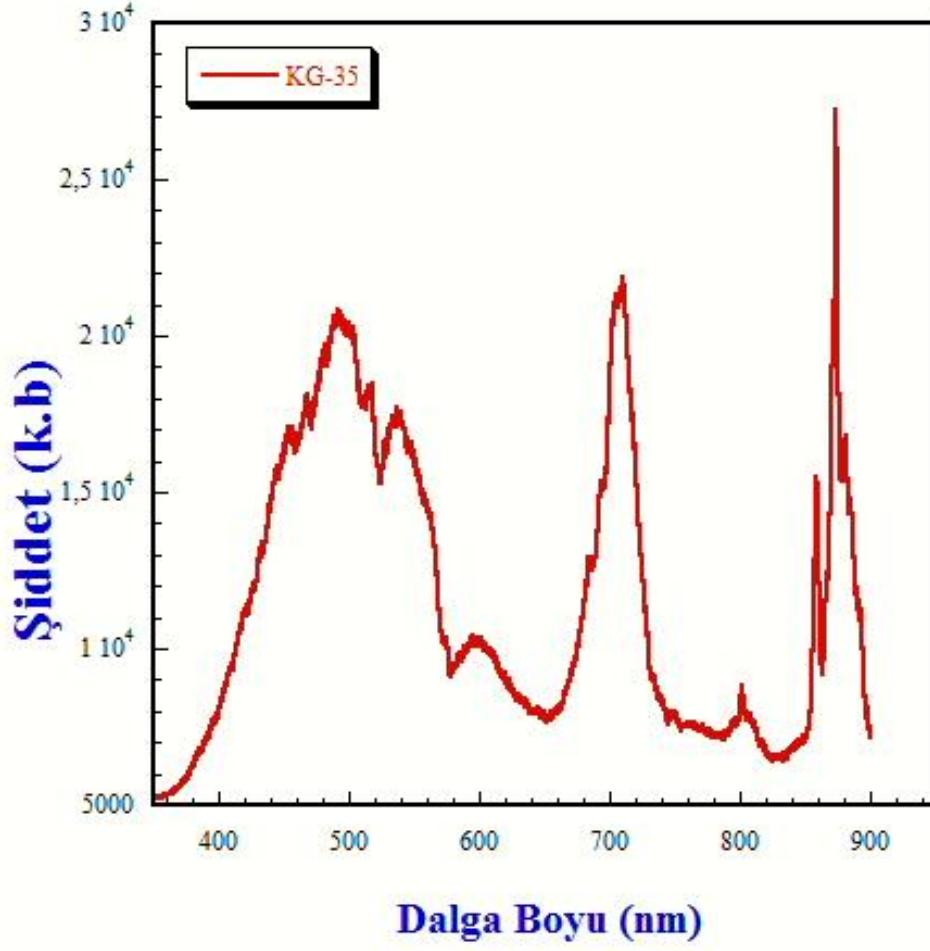
Şekil 3.53: KG-32 PL grafiği.

KG-34 deneyinde Nd_2O_3 bileşiği katkılandırılması ile elde edilen PL ışım grafiği Şekil 3.54'te verilmiştir.



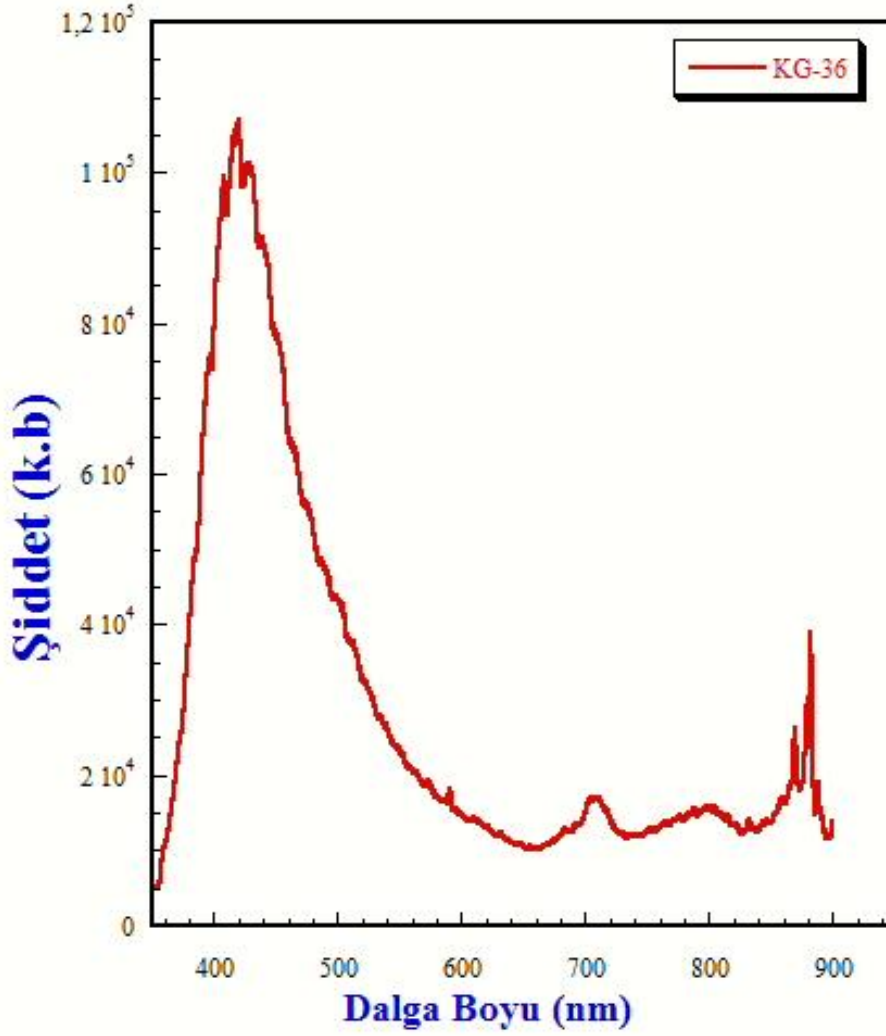
Şekil 3.54: KG-34 PL grafiği.

KG-35 deneyinde Ce_2O_3 bileşigi katkılandırılması ile elde edilen PL ışımaya grafiği Şekil 3.55'te verilmiştir.



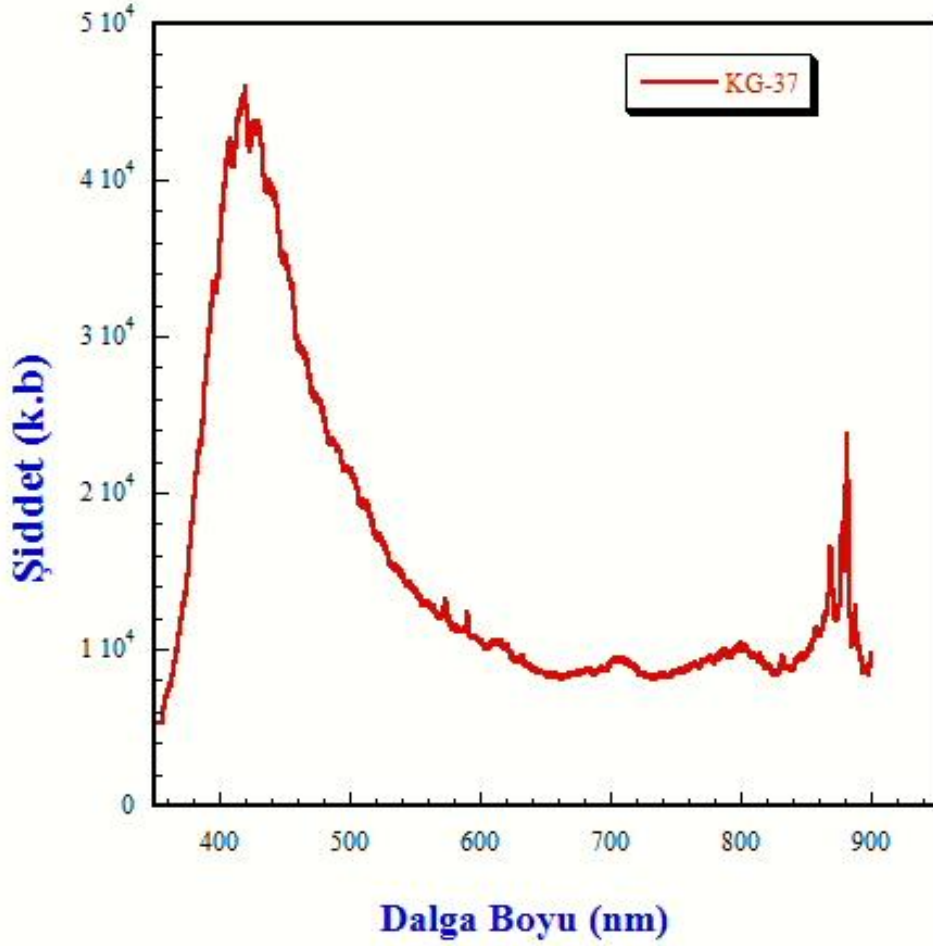
Şekil 3.55: KG-35 PL grafiği.

KG-36 deneyinde Gd_2O_3 bileşigi katkılandırılması ile elde edilen PL spektrumlarını incelediğimizde 400-500 nm dalga boyunda geniş bant luminesans ışıldaması gözlemlenmiştir. Bu ışımının PL grafiği Şekil 3.56'da verilmiştir.



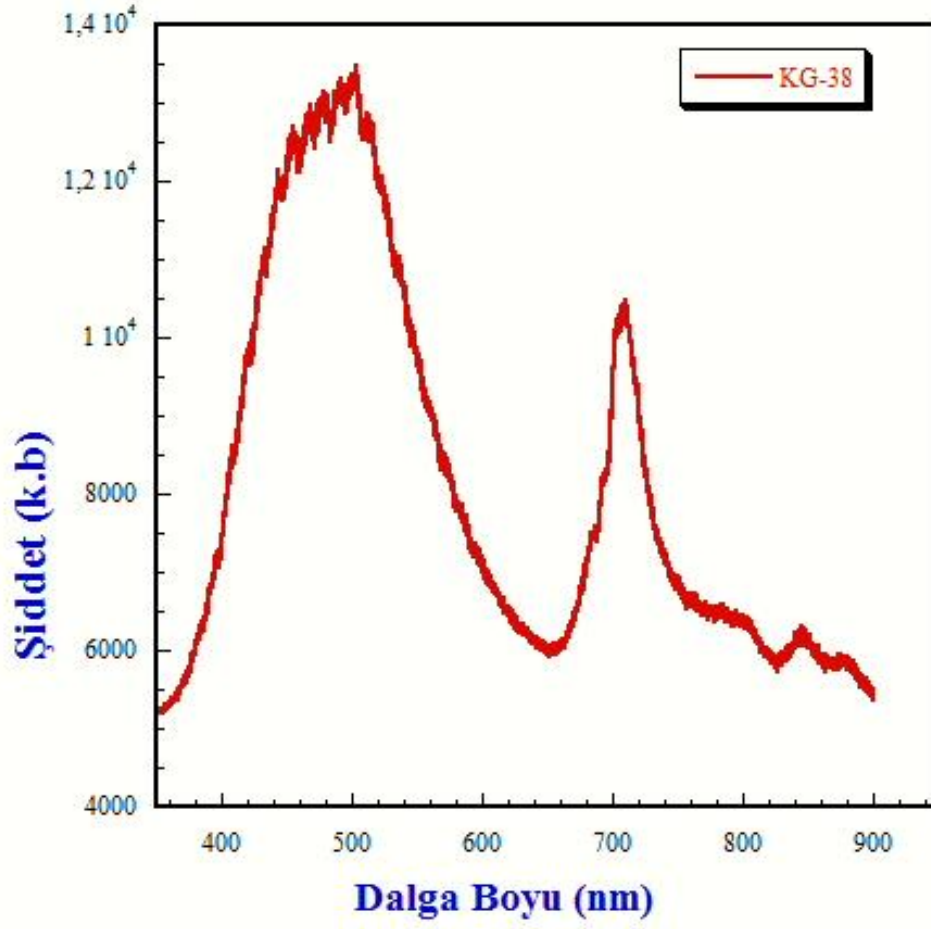
Şekil 3.56: KG-36 PL grafiği.

KG-37 deneyinde Eu_2O_3 bileşigi katkılandırılması ile elde edilen PL spektrumlarını incelediğimizde 400-500 nm dalga boyu civarında geniş bant luminesans ışına gözlemlenmiştir. Bu ışmanın PL grafiği Şekil 3.57’de verilmiştir.



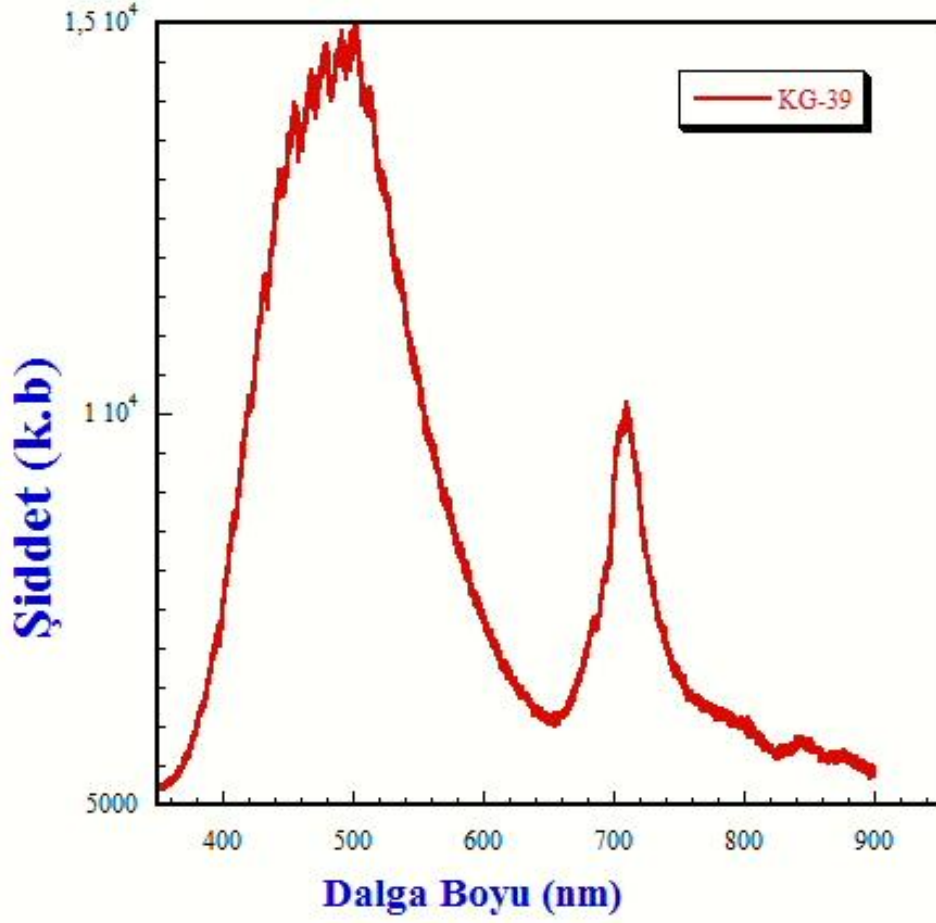
Şekil 3.57: KG-37 PL grafiği.

KG-38 deneyinde Nd_2O_3 bileşigi katkılandırılması ile elde edilen PL spektrum ışımının grafiği Şekil 3.58’de verilmiştir.



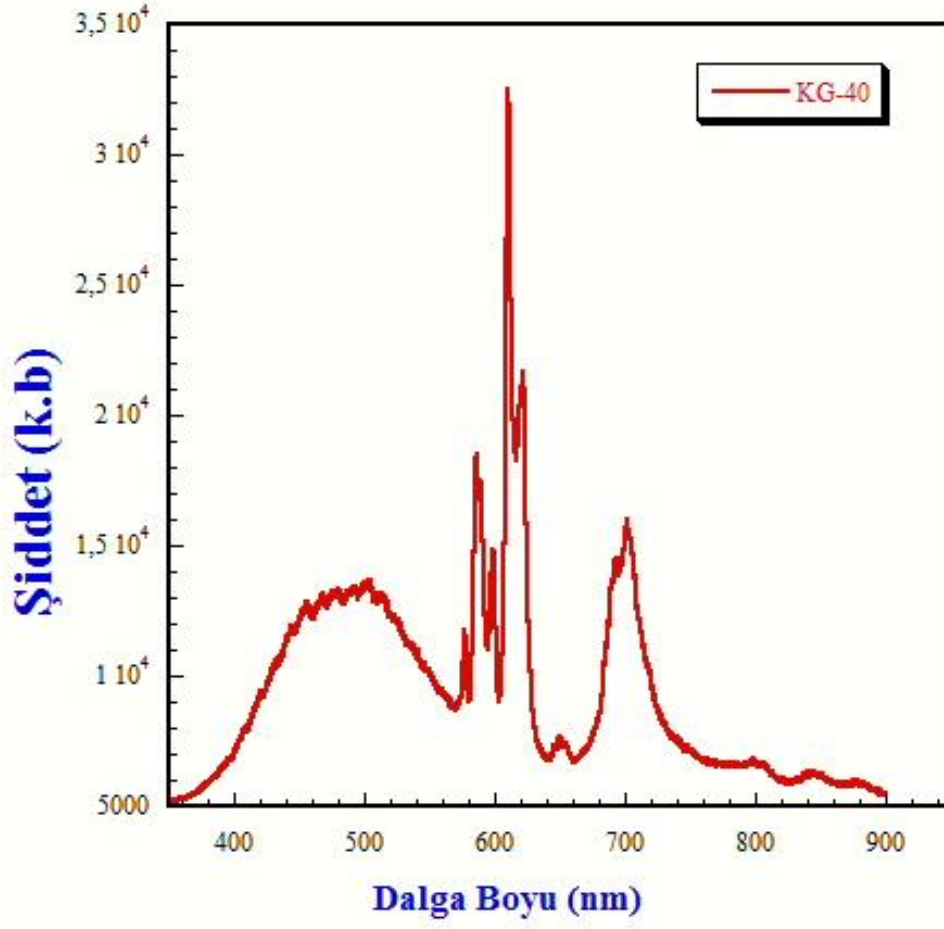
Şekil 3.58: KG-38 PL grafiği.

KG-39 deneyinde Ce_2O_3 bileşigi katkılandırılması ile elde edilen PL spektrumlarına baktığımızda 400-500 nm civarında geniş bant bir ışıma gözlemlenmiştir. Bu ışımının PL grafiğı Şekil 3.59’da verilmiştir.



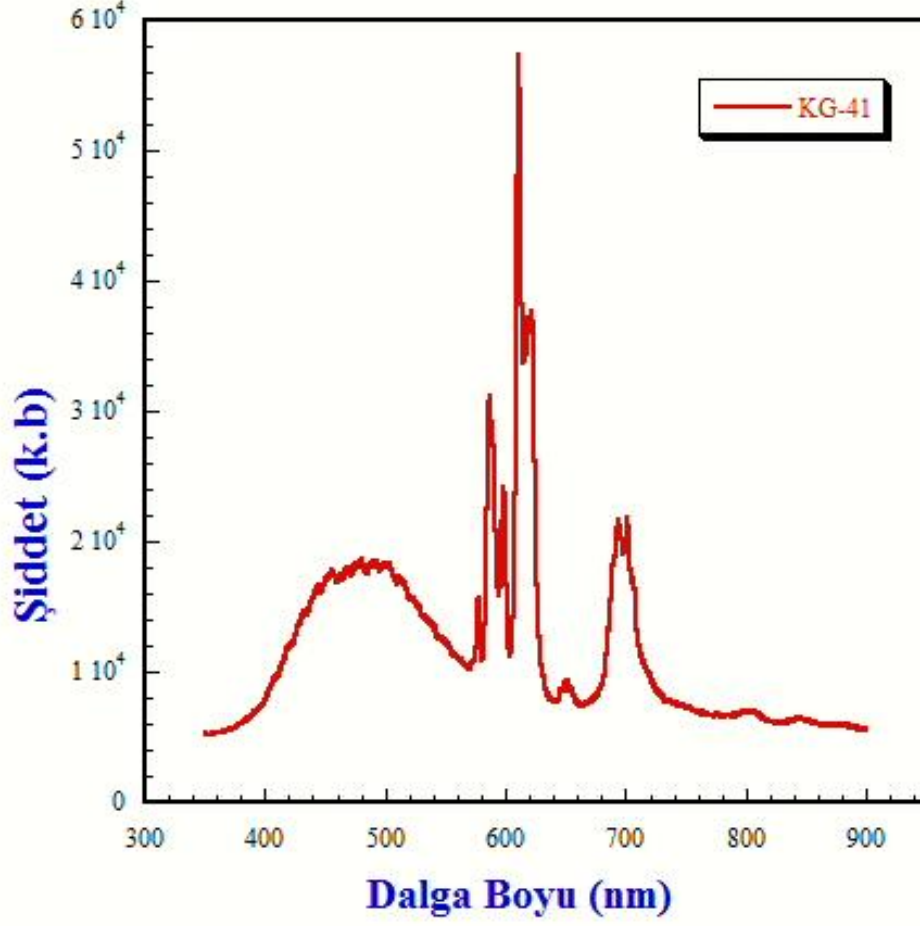
Şekil 3.59: KG-39 PL grafiğı.

KG-40 deneyinde Gd_2O_3 bileşigi katkılandırılması ile elde edilen PL ışınması grafiği Şekil 3.60'ta verilmiştir.



Şekil 3.60: KG-40 PL grafiği.

KG-41 deneyinde Eu_2O_3 bileşigi katkılandırılması ile elde edilen PL spektrumlarını incelediğimizde 610 nm dalga boyu civarında güçlü bir luminesans ışına gözlemlenmiştir. Bu ışımının deneysel PL grafiği Şekil 3.61’de verilmiştir.



Şekil 3.61: KG-41 PL grafiği.

3.5 Sonuç ve Genel Değerlendirme

Sonuç olarak bu çalışmada, CaB_2O_4 bileşiğine bazı nadir toprak metal oksitleri katkılanarak sentezlenmesi sağlanmıştır. Yöntem olarak katı-hal kimyasal reaksiyonlar ile yüksek sıcaklık ortamında (700-1000 °C) açık atmosfer ortamında deneyler yapılmış olup, sentezlenen bileşiklerin yapısal analizleri toz kırınımı X-ışınları kırınımı ile gerçekleştirilmiş olup fotoluminesans (PL) analizleri ile de sentezlenen maddelerin ayrıntılı karakteristik davranışları yorumlanmıştır. Yapılan sentez deneylerinde dört farklı kalsiyum boratlı bileşik gözlemlenmiş, bunlar sırası ile CaB_2O_4 (ICDD 22-140), CaB_2O_4 (ICDD 27-67), $\text{Ca}(\text{BO}_2)_2$ (ICDD 73-79) ve $\text{Ca}(\text{B}_3\text{O}_4)(\text{OH})_3(\text{H}_2\text{O})$ (ICDD 82-1825) maddeleridir. Katkılanma yaparak eklediğimiz bazı nadir toprak metal oksitleri, Re_2O_3 , (Re^{3+} : Nd^{+3} , Ce^{+3} , Gd^{+3} ve Eu^{+3}) ile kalsiyum boratlı bileşiklerin PL analizleri sonucunda, bu malzemelerin ışıltama özellikleri karakterize edilmiş olup sonuçlar literatür bilgileri ile uyumaktadır, bu çalışmanın literatürden farklı yanını vurgulayacak olursak, CaB_2O_4 bileşiği katı-hal sentezleme aşamasında katkılanan nadir toprak metal oksitleri reaksiyon öncesi başlangıç sentez malzemelerine direkt homojen bir biçimde karıştırılarak katı-hal reaksiyon sırasında kristal yapı kusurlarına ya da katyonik pozisyonlara girmesi sağlanmıştır. Reaksiyonlarda kullanılan başlangıç malzemeleri, kalsinasyon aşaması ve katı-hal reaksiyon süresi ile literatür çalışmalarından farklı sentez aşaması ile gerçekleşip deneysel analizler ile elde edilen sonuçlar ispatlanmıştır. İleriye dönük çalışmalarda da bu yöntemle tekli ve/veya çiftli diğer nadir toprak metali veya geçiş metal oksitlerinin katkılanması sağlanarak, yeni tipte luminesans özellikli metal boratlı bileşiklerin sentezlenmesi çalışmalarının diğer bilimsel araştırmacıların katkıları ile sağlanabileceğini düşünmekteyiz.

4. KAYNAKLAR

- [1] Ü. İpekoğlu ve M. Polat, “Bor endüstrisine genel bakış”, *Bilimsel Madencilik Dergisi*, cilt 26, no 1, s. 5-16, Mart 1987.
- [2] Y. Zhu, “Fundamentals and Applications of Boron Chemistry”, *Elsevier*, pp. 1-13 2022.
- [3] A. Taneri, “Organik ve Anorganik Bor Bileşikleri”, *Etibank Bülteni*, sayı 74, s.20-28, 1985.
- [4] S. Taşçıoğlu, “Bor ve Silisyum Kimyası”, *M.Ü. Yayınları*, sayı 515, 1992.
- [5] R. Smith, “Boric Oxide, Boric Acid, and Borates”, *Ullmann’s Encyclopedia of Industrial Chemistry*, vol. A4, pp. 263-280, 1995.
- [6] L. Xiuai, “Synthesis and Characterization of Four Novel Supramolecular Compounds Based on Metal Zinc and Cadmium”, *Crystal Growth & Design*, vol. 5, no. 3, pp. 1091–1098, 2005.
- [7] J. Tucek, K. C. Kemp, K. S. Kim and R. Zboril, “Iron-oxide-supported nanocarbon in lithium-ion batteries, medical, catalytic, and environmental applications”, *ACS Nano*, vol. 8, no. 8, pp. 7571-7612, 2014.
- [8] X. Lu, Z. You, J. Li, Z. Zhu, G. Jia, B. Wu, and C. Tu, “Optical transition properties of the Nd³⁺ ions in Ca₃(BO₃)₂”, *Crystal. Physica Status Solidi (a)*, vol. 203, no. 3, pp. 551-557, 2006.
- [9] Y. Fujimoto, et al., “Growth and characterization of Ce-doped Ca₃(BO₃)₂ crystals for neutron scintillator”, *Journal of Crystal Growth*, vol. 318, no. 1, pp. 784-787, 2011.
- [10] X. Lu, et al., “Spectroscopy of Ca₃(BO₃)₂: Dy³⁺ crystal”, *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, vol. 66, no. 10, pp. 1801-1805, Oct. 2005.
- [11] R.C. Ropp, “Encyclopedia of the Alkaline Earth Compounds”, *Elsevier Science*, pp. 498-499, 2013.
- [12] Y. Fujimoto, T. Yanagida, M. Koshimizu, and K. Asai, “Photoluminescence, photo-stimulated luminescence and thermoluminescence properties of CaB₂O₄ crystals activated with Ce³⁺”, *Optical Materials*, vol. 41, pp. 49-52, 2015.
- [13] S. Zhou, B. Lou, L. Lou, J. Wen and M. Yin, “First-principles study of persistent luminescence mechanisms in CaB₂O₄: Ce³⁺”, *Optical Materials*, vol. 111, 110647, Jan. 2021.

- [14] H.S.Huang and H.Z. Liu, “Enhanced photoluminescence property of $\text{CaB}_2\text{O}_4: \text{Eu}^{3+}$ phosphor prepared by calcining the $\text{Ca}_4\text{B}_{10}\text{O}_{19}\cdot 7\text{H}_2\text{O}: \text{Eu}^{3+}$ precursor”, *Materials Research Bulletin*, vol. 49, pp. 88-93, 2014.
- [15] S.K Jose, et al., “Synthesis and photoluminescence characteristics of near white light emitting $\text{CaB}_2\text{O}_4: \text{Dy}^{3+}, \text{Li}^+$ phosphor”, *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, vol. 119, pp. 166-174, 2018.
- [16] H. Huang, et al., “Preparation, characterization and luminescent properties of a new hydrous red phosphor $\text{CaB}_2\text{O}_4\cdot 0.5 \text{H}_2\text{O}: \text{Eu}^{3+}$ ”, *Optik*, vol. 127, no. 5, pp. 3044-3048, 2016.
- [17] C. Fouassier, *Luminescence, Encyclopedia of Inorganic Chemistry*, John Wiley & Sons, Ltd, pp.1984-1996, 2006.
- [18] B. Beşergil, *Enstrümantal Analiz: Temel İlkeler*, Gazi Kitapevi, s. 321-330, 2015.
- [19] Chemistry Libretexts Fluorescence and Phosphorescence
[https://chem.libretexts.org/Textbook_Maps/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_\(Physical_and_Theoretical_Chemistry\)/Spectroscopy/Electronic_Spectroscopy/Fluorescence_and_Phosphorescence](https://chem.libretexts.org/Textbook_Maps/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_(Physical_and_Theoretical_Chemistry)/Spectroscopy/Electronic_Spectroscopy/Fluorescence_and_Phosphorescence).
 Erişim tarihi: 20.Ekim.2022.
- [20] A. Diaz, D.A. Keszler, “Red, green, and blue Eu^{2+} luminescence in solid-state borates: A structure-property relationship”, *Materials Research Bulletin*”, vol. 31, no. 2, Feb. 1996.
- [21] D.A. Keszler, K.Chang, “ $\text{CaAl}_2(\text{BO}_3)_2\text{O}$: Crystal Structure”, *Materials Research Bulletin*, vol. 33, no. 2, pp. 299-304, Feb. 1998.
- [22] R.C. Ropp, “Encyclopedia of the Alkaline Earth Compounds”, *Elsevier Science*, pp. 509, 2013.
- [23] S. Gopi et al., “Synthesis and luminescence characteristics of $\text{CaB}_2\text{O}_4: \text{Er}^{3+}, \text{Li}^+$ phosphor.” *Journal of Luminescence*, vol. 187, pp. 113-120, Jul. 2017.
- [24] C. Tian, X. Chen, Y.Shuibao, “Concentration dependence of spectroscopic properties and energy transfer analysis in Nd^{3+} doped bismuth silicate glasses”, *Solid State Sciences*, vol. 48, pp. 171-176, Oct. 2015.
- [25] X. Fu, L. Fang, S. Niu and H. Zhang, “Luminescence properties and energy transfer investigations of $\text{SrMgSi}_2\text{O}_6: \text{Ce}, \text{Tb}$ phosphors”, *Journal of Luminescence*, vol. 142, pp. 163-166, Oct. 2013.

- [26] S. Hachani and L. Guerbous, "Synthesis, Luminescence, and Energy Transfer Properties of $\text{YPO}_4:\text{Gd}^{3+}$, Eu^{3+} and $\text{YP}_3\text{O}_9:\text{Sm}^{3+}$, Eu^{3+} Phosphors", *Journal of Fluorescence*, vol. 29, pp. 665-672, Feb. 2019.

5.ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Keremcan Güvendi

Doğum tarihi ve yeri : **11.01.1995**

e-posta : keocan13@hotmail.com

Öğrenim Bilgileri

Derece	Okul/Program	Yıl
Y. Lisans	Balıkesir Üniversitesi/Kimya	2023
Lisans	Balıkesir Üniversitesi/Çevre Mühendisliği	2018
Lise	Balıkesir İnebey Anadolu Lisesi	2013