



**STRONSIYUM FLORÜR-GERMANIUM
İÇEREN İNCE FİLM CAM
ÜRETİMİ ve KAREKTRİZASYONU**

Mojtaba FARHANGMEHR

**Doktora Tezi
Nanobilim ve Nano Mühendislik Anabilim Dalı
Nanomalzeme Bilim Dalı
Prof. Dr. Mehmet ERTUĞRUL
2017
Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**STRONSIYUM FLORÜR-GERMANIUM İÇEREN İNCE FİLM
CAM ÜRETİMİ ve KAREKTRİZASYONU**

Mojtaba FARHANGMEHR

**NANOBİLİM VE NANOMÜHENDİSLİK ANABİLİM DALI
Nanomalzeme Bilim Dalı**

**ERZURUM
2017**

Her hakkı saklıdır



**T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEZ ONAY FORMU

**STRONSIYUM FLÜORÜR-GERMANIUM İÇEREN İNCE FİLM
CAM ÜRETİMİ ve KAREKTRİZASYONU**

Prof. Dr. Mehmet ERTUĞRUL danışmanlığında, Mojtaba FARHANGMEHR tarafından hazırlanan bu çalışma 20.01.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Nanobilim ve Nanomühendislik Anabilim Dalı – Nanomalzeme Bilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak ~~oybirliği/oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prof.Dr. Ali Ercan EKİNCİ

İmza:

Üye: Prof.Dr. Ersin ARSLAN

İmza:

Üye: Prof.Dr. Mehmet ERTUĞRUL

İmza:

Üye: Doç.Dr. Çağrı ÇIRAK

İmza:

Üye: Yrd. Doç.Dr. Mehmet YILMAZ

İmza:

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 02.02.2017 tarih ve 05. / . . 44 nolu kararı ile onaylanmıştır.

**Prof. Dr. Cavit KAZAZ
Enstitü Müdürü**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Doktora Tezi

STRONSIYUM FLÜORÜR-GERMANIUM NANO KRİSTALLERİNDEN FAZ AYIRMA YÖNTEMİYLE SİLİKAT CAM OLUŞUMU

Mojtaba FARHANGMEHR

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Nanobilim ve Nanomühendislik Anabilim Dalı
Nanomalzeme Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet ERTUĞRUL

Bu araştırmada RF kopartma yöntemi kullanılarak, özel bir tür camın ince filmleri üretilmiştir. Bu çalışmada, ilk başlangıçta belirli miktarlarda: SrF_2 , SiO_2 , SrO , Al_2O_3 , Na_2CO_3 ve K_2CO_3 malzemelerin karışımları kullanılarak ince film camlar elde edilmiştir. Daha sonra bu karışıma %3, %5 ve %10 oranlarında Ge katkısı yapılarak camların soğuruculuk özelliklerideğiştirilmiştir. İlk olarak kaplamalar 6, 8, 10, 12, 14 ve 16 saat’de adi cam alttaşı üzerine yapılmıştır. Numunelerin XRD ve görünür ışık bölgesindeki soğurmaları analiz edilmiş ve 16 saat süre ile yapılan numunenin soğurma analizinde pik değerlerini net bir şekilde gözlemlenmiştir.

Bu çalışma boyunca Ge un %3, %5 ve %10 yüzdesinde katkısı olan targetlerinin ince filmi, birde kuvarz alttaşı üzerinde 16 saatde yapıldı ve numunelerinin XRD analizlerinde düzenli kristal pikleri oluşumu gözlemlendi. Farklı oranlarda kuvarz üzerinde yapılan numuneler, faz ayırma prensibi için, 570C 580C, 590C, 600C ve 610C sıcaklıkta, 3 saat süre boyunca fırın içerisine bırakıldı ve XRD sonuçları düzenli bir kristal oluşumunu gösterdi. Bu numunelerden XRD, SEM, soğurma analizi, geçirgenlik ve elektrik iletkenliği analizleri alındı.

2017, 73 sayfa

Anahtar Kelimeler: faz ayrımı, ince film, $\text{SrF}_2\text{-Ge}$, XRD, SEM, soğurma ve geçirgenlik analizi, elektrik iletkenliği

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

THE FORMATION OF STRONTIUM FLUORIDE-GERMANIUM NANO CRYSTALS FROM A PHASE SEPARATED SILICATE GLASS

Mojtaba FARHANGMEHR

Atatürk University
Faculty of Engineering
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Nanoscience and Nanoengineering
Nano Materials Department

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet ERTUGRUL

The crystallization of nano crystalline rare earth or alkaline earth fluorides is of high importance for optic applications. In this study, nano crystalline SrF₂-Ge is precipitated. In contrast to recently studied glass-ceramic systems which allow the crystallization of alkaline earth fluorides, has used RF sputtering magnetron systems for creating SrF₂-Ge crystallization. In a target with the mol% composition 3.7Al₂O₃/12.3SrO/5.3K₂O/8.0Na₂O/60.3SiO₂/10.4SrF₂ and Ge (3%, 5% and 10%). nano crystalline SrF₂-Ge samples is formed in 6h, 8h, 10h, 12h, 14h and 16h after annealing the glass samples at temperatures in the range from 570 to 610°C for 3h. The XRD analyses show good crystallization structure for 16h samples. Absorption analyses showed increasing light scattering with increasing time of coating. The SEM analyses showed that size of nano crystals were between 50nm up 100nm and electric conductivity analyses show so big resistance for ceramic- glass crystals.

2017, 73 pages

Keywords: SrF₂-Ge, phase separation, XRD, SEM, Absorption and transmittance analyses, electric conductivity

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanması süresince, bilgisini ve desteğini esirgemeyen değerli danışmanım Prof. Dr. Mehmet ERTUĞRUL hocama sonsuz teşekkür ediyorum. Diğer hocalarım; Sayın Prof. Dr. Hasan EFEOĞLU, Sayın Doç. Dr. Erdal SÖNMEZ, Sayın Yrd. Doç. Dr. Sibel MORKOÇ KARADENİZ ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Fatmanur TUZLUCA, Sayın Dr. Yaşar Ozkan YEŞİLBAĞ ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa Tolga YURTCAN'na da, katkılarından dolayı çok teşekkür ediyorum.

Değerli arkadaşlarım Dr. Sina ROUHİ, Dr. Sevdâ SARITAŞ, Dr. Someyye JAFARPOUR ve yüksek mühendis Aykut COŞKUN'a her türlü destekleri için minnettarım.

Sonunda değerli ve saygılı ailemden özellikle eşim Akram REZAGHOLİFAM'a ve oğlum Paşa FARHANGMEHR'e de sabır ve destekleri için şükranlarımı sunarım.

Mojtaba FARHANGMEHR

Ocak, 2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELERİN DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	3
2.1. Metal Florürler	3
2.1.1. Uygulamalar	4
2.1.2. Camlar	5
2.1.2.a. Silikat camlar.....	6
2.1.3. Optik özellikleri.....	11
2.1.4. Yapı	12
2.1.5. Ayırma işlemi (separation process).....	12
2.1.6. Faz ayırma	13
2.1.7. Stronsiyum florür	14
2.1.7.a. Özellik ve uygulamaları.....	14
2.2. İnce Film Teknolojisi	15
2.2.1. İnce film tanımı	15
2.2.2. Vakum işlemi	16
2.2.3. Pompalama sistemleri.....	18
2.2.3.a. Mekanik pompa	19
2.2.3.b. Difüzyon pompası	20
2.2.4. İnce film kaplama teknikleri.....	21
2.2.5. Fiziksel kopartma yöntemi	23
2.2.5.a. Kopartma (sputtering) olayı.....	23
2.2.5.b. Plazma oluşumu	26
2.2.5.c. Doğru akım (DC) kopartma.....	26

2.5.5.d. Radyo frekanslı (RF) kopartma	28
2.2.5.e. Magnetron kopartma.....	29
2.2.5.f. Yüzeyde iyon etkileşimi.....	31
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	33
3.1. Stronsiyum Florit.....	33
3.1.1. SrF ₂ malzemesinin özelliği ve uygulamaları	33
3.1.1.a. Germanyum malzemesinin özelliği ve uygulamaları	34
3.2. Hedef Malzemenin Hazırlanması	35
3.3. RF Sıçratma Yöntemi ile İnce Filmin Elde Edilmesi.....	40
3.4. Tavlama Yöntemi	43
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	45
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	67
KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ	71

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Å	Angstrom
C	Kapasitans
K	Kelvin cinsinden sıcaklık
m_e^*	Elektronun etkin kütlesi
m_0	Serbest elektron kütlesi
q	Elektrik yükü
R	Direnç
T	Mutlak sıcaklık
V	Gerilim
Ω	Ohm

Kısaltmalar

LED	Işık yayan diyot
OLED	Işık yayan organik diyot

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Silika camın örnekleri.....	7
Şekil 1.2. Soda-lime silika cam örnekleri	7
Şekil 1.3. Sodyum borosilikat cam (payreks) örneği	8
Şekil 1.4. Lead oksit cam (kristal cam) örnekleri	8
Şekil 1.5. Alomino silikat cam örnekleri	9
Şekil 1.6. Oksit cam örneği.....	9
Şekil 1.7. Ağır metal flurid cam örnekleri	10
Şekil 1.8. Seramik cam örnekleri	10
Şekil 1.9. Kompozit cam örnekleri	11
Şekil 2.1. Pireks camından yapılmış vakum kazanı.....	17
Şekil 2.2. Vakum derecesini tanımlayan çeşitli kavramların ilişkileri	18
Şekil 2.3. Mekanik pompa çalışma prensibi	20
Şekil 2.4. Difüzyon pompasının çalışma prensibi	21
Şekil 2.5. Kopartma olayının gelişimi	23
Şekil 2.6. DC kopartma sistemi	27
Şekil 2.7. RF kopartma sistemi	29
Şekil 2.8. RF magnetron kopartma sisteminde film oluşumu.....	31
Şekil 3.1. SrF_2 -Ge hedef malzemesi	36
Şekil 3.2. İki inç çapında bakır alt plaka.....	36
Şekil 3.3. RF sıçratma sistemi	41
Şekil 3.4. Hedef malzemesinin yerleştirildiği gun.....	41
Şekil 3.5. Mekanik pompanın gösterimi	42
Şekil 3.6. Turbo pompanın gösterimi	43
Şekil 4.1. SrF_2 hedef numunesi ile 6 saatlik kaplamanın absorpsiyon analizi.....	45
Şekil 4.2. SrF_2 hedef numunesi ile 10 saatlik kaplamanın absorpsiyon analizi.....	46
Şekil 4.3. SrF_2 hedef numunesi ile 16 saatlik kaplamanın absorpsiyon analizi.....	46
Şekil 4.4. SrF_2 hedef numunesi ile 6 saatlik kaplamanın XRD analizi.....	47
Şekil 4.5. SrF_2 hedef numunesi ile 10 saatlik kaplamanın XRD analizi.....	48
Şekil 4.6. SrF_2 hedef numunesi ile 16 saatlik kaplamanın XRD analizi.....	48

Şekil 4.7. %3, %5 ve %10 oranında germanyum ilave edilen SrF ₂ -Ge hedefleri.....	49
Şekil 4.8. %3 SrF ₂ -Ge hedef malzemesi ile yapılan kaplamanın XRD analizi	50
Şekil 4.9. %5 SrF ₂ -Ge hedef malzemesi ile yapılan kaplamanın XRD analizi	50
Şekil 4.10. %10 SrF ₂ -Ge hedef malzemesi ile yapılan kaplamanın XRD analizi	51
Şekil 4.11. %3 SrF ₂ -Ge hedef malzemesi ile yapılan kaplamanın absorpsiyon analizi .	52
Şekil 4.12. %5 SrF ₂ -Ge hedef malzemesi ile yapılan kaplamanın absorpsiyon analizi .	52
Şekil 4.13. %10 SrF ₂ -Ge hedef malzemesi ile yapılan kaplamanın absorpsiyon analizi	53
Şekil 4.14 %3 SrF ₂ -Ge hedef malzemesi ile yapılan kaplamanın 580°C tavlanması sonucu XRD analizi	54
Şekil 4.15. %5 SrF ₂ -Ge hedef malzemesi ile yapılan kaplamanın 610°C tavlanması sonucu XRD analizi	55
Şekil 4.16. %10 SrF ₂ -Ge hedef malzemesi ile yapılan kaplamanın 600°C tavlanması sonucu XRD analizi	56
Şekil 4.17. %3 SrF ₂ -Ge hedef malzemesinin 590°C tavlanması sonucu numunenin SEM görüntüsü.....	58
Şekil 4.18. %5 SrF ₂ -Ge hedef malzemesinin 580°C tavlanması sonucu numunenin SEM görüntüsü.....	59
Şekil 4.19. %10 SrF ₂ -Ge hedef malzemesinin 580°C tavlanması sonucu numunenin SEM görüntüsü.....	59
Şekil 4.20. %3 SrF ₂ -Ge hedef malzemesinin 600°C tavlanması sonucu numunenin SEM görüntüsü.....	60
Şekil 4.21. %5 SrF ₂ -Ge hedef malzemesinin 600°C tavlanması sonucu numunenin SEM görüntüsü.....	60
Şekil 4.22. SrF ₂ -Ge 3% - 590c de yapılmış numunenin EDAX analizi.....	61
Şekil 4.23. SrF ₂ -Ge 5% - 600c de yapılmış numunenin EDAX analizi.....	62
Şekil 4.24. SrF ₂ -Ge 3% - 580c de yapılmış numunenin EDAX analizi.....	63
Şekil 4.25. SrF ₂ -Ge 10% - 610c de yapılmış numunenin EDAX analizi.....	64
Şekil 4.26. SrF ₂ -Ge 5% - 610c de yapılmış numunenin EDAX analizi.....	65
Şekil 4.27. SrF ₂ -Ge hedefinden yapılan numunenin iletkenlik ölçümü	66

ÇİZELGELERİN DİZİNİ

Çizelge 2.1. Kopartma verimi	25
Çizelge 2.2. Kopartma eşik verileri	25
Çizelge 3.1. Stronsiyum floridin özellikleri.....	37
Çizelge 3.2. Silisyum oksitin özellikleri	37
Çizelge 3.3. Alüminyum oksitin özellikleri	38
Çizelge 3.4. Sodyum karbonatın özellikleri.....	38
Çizelge 3.5. Potasyum karbonatın özellikleri	39
Çizelge 3.6. Stronsiyum oksitin özellikleri.....	39
Çizelge 4.1. %3 SrF ₂ -Ge hedef malzemesi ile yapılan kaplamanın 580°C tavlanması sonucu alınan XRD analizi	54
Çizelge 4.2. %5 SrF ₂ -Ge hedef malzemesi ile yapılan kaplamanın 610°C tavlanması sonucu alınan XRD analizi	55
Çizelge 4.3. %10 SrF ₂ -Ge hedef malzemesi ile yapılan kaplamanın 600°C tavlanması sonucu alınan XRD analizi	56

1. GİRİŞ

Periyodik tabloda atom numarası 9 olan Flor çok hızlı tepkimeye girdiğinden doğada serbest olarak bulunmaz. Bu nedenle genel olarak bileşik halde bulunur. Florun diğer elementlerle yaptığı bileşikler florür olarak ifade edilmektedir. Metal florürler, flor ile metallerin bileşikleridir. Bileşiklerin çözünürlüğü onların erime noktalarına bağlıdır.

Flor, oda koşullarında halojen ve en yüksek elektronegatifliğe sahip soluk sarı diatomik bir gazdır. Diğer elementler gibi bazı soygazlar da florla bileşik yaparlar.

Florit (kalsiyum florit, CaF_2), florun ilk mineral kaynağıdır ve 1529 yılında ilk kez tanımlanmıştır. Florit içinde eser miktarda F_2 mevcuttur. Flor element olarak ise 1810'da elde edilmiştir. Floru bileşenlerine ayırmak oldukça tehlikeli olduğundan, bununla ilgilenen birçok araştırmacının yaralanmış ya da ölmüştür. 1886 yılında Fransız kimyacı, Hanri Moissan düşük sıcaklık elektroliz metoduyla Floru bileşenlerine ayırmayı başarmıştır. Daha sonra bu metot kullanılarak birçok ürün elde edilmiştir.

Metal florürler, flor ile metallerin bileşiklerinden oluşur. Lityum florür, kalsiyum florür, sodyum florür, Potasyum florür, stronsiyum florür ve rubidyum florür sıkça kullanılan metal florürlerdir. Stronsiyum florür, stronsiyum diflorür olarak ta adlandırılmaktadır ve suda çözünmemektedir. Optik uygulamalarda oldukça fazla kullanılan stronsiyum florür gözlük camlarında kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Metal flüorürlerin uygulamalarından biri metal flüorür pilleridir. Lityum piller günlük hayatta kullanılan çoğu eşyalarda mesela bilgisayarlarda, cep telefonlarda, çokça kullanılmaktadır. Metal flüorürlerin başka bir uygulama alanı da, sol – sağ türevli metal florürler ile (MgF_2 , AlF_3 , CaF_2) üç boyutta makroporos katılar üretmektir (Oxtoby 2012).

Son yüz yılda malzemenin fiziksel özellikleri öyle gelişmiş ki Fiziğin özel dalları bugün büyük bir gruplara bölünmüştür. Aslında, bu bilimin kendi dalının büyüklüğünden kaynaklanmıştır. Son yıllarda geliştirilen önemli ve bağımsız dallarından biri Ince

tabakaların Fiziğidir. bu fizik dalı Sadece bir ortak özelliğe sahip olan sistemlerle ilgilidir yani o sistemler ki boyutlarından biri çok küçüktür halki bu sistemlerin özellikleri ve inceleme ve üretim metotları farklı olabilir. Kati bir madde o zaman ince filim haline gelir ki Atomlar, molekül ya da malzeme iyonları son derece kontrollü kimyasal ya da fiziksel işlemde, bir alt-tabaka üzerine kaplanır. İlk ince film elektroliz metoduyla 1838 yılında yapılmıştır. 1852 yılında Bunsen ve Grove, ışık deşarj yönteminden kullanarak kimiyasal reaksiyonu oluşturdular ve metal ince tabakalar ürettirler (Bilgin 2003).

vakumlu biriktirme yöntemile ince filmin hazırlanması yani katot püskürtme ve termal buharlaştırma, ince tabakalar fiziğinin küçük bir kısmıdır ki 19 yüzyıl ortalarında icat edildi. İnce filmlerin elektriksel özellikleri iletkenlik ölçmekten ta süperiletkenlik çalışmaya kadar ve İnce filmlerin elektronik iletim bile okundu ve son yıllarda, hatta araştırmalar büyük bir ilerleme ulaştı.

İnce filmler optik, elektrik, mekanik ve diğer önemli özellikleri gösterirler. Buna ek olarak, İnce tabakalar, yüzey ve arayüzeylerde farklı süreçler gösteriyorlar. Örnek olarak korozyon, sürtünme, kataliz gibi önemli bir etkiye sahipler (Pejova *et al.* 2006).

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Metal Florürler

Metal florürler, flor ile metallerin bileşiklerinden oluşur. Lityum florür, kalsiyum florür, sodyum florür, potasyum florür, stronsiyum florür ve rubidyum florür sıkça kullanılan metal florürlerdir. Lityum florür, potasyum florür ve sodyum florür gibi florür bileşikleri su içinde çözünürken, bazıları flor ile element arasındaki kuvvetli bağdan dolayı çözünmemektedirler.

Stronsiyum florür, stronsiyum diflorür olarak ta adlandırılmaktadır vesuda çözünmemektedir. Optik uygulamalarda oldukça fazla kullanılan stronsiyum florür gözlük camlarında kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır.

Metal florürler diğer metal halitler klorit (veya klorür), bromit (veya bromür), iyodit (veya iyodür) ile çok benzer bir bağ ve kristal yapısına sahip olmalarına rağmen oldukça iyoniktirler. Ayrıca florürlerin, oksitlerle de benzerlikleri vardır.

Metal florürler, metallerin yüküne göre geniş bir eğilim gösterirler. +3 veya daha az iyonlu metaller diğer iyonlu metallere göre sıcaklığa karşı daha dayanıklıdır. +5 ve üzeri iyonlu metaller, florürler, polimerler de ayrık moleküllerle iyonik bağ kurarlar ve oldukça uçucudurlar. Bağ farklılıklarına göre metal flüorürler oda sıcaklığında katı, sıvı veya gaz halinde olabilirler.

Metal florürlerin düşük oksidasyon durumu:

Metal florürlerin mono florür hali, sodyum klorür (kaya tuzu) ve bazı toprak alkali oksitlerin (CaO) yapısındadır ve suda çözünürler. Alkali metal florürler diflorit (veya diflorür) ve formülleri MHF_2 dir.

Mono florürlerin aksine, diflorürlerin bir kısmı suda çözünürken bir kısmı ise çözünmemektedir. CuF_2 , NiF_2 gibi bazı geçiş metal diflorürler suda çözünürler. Toprak alkali metal diflorürler ise suda çözünmezler. Bununla birlikte, toprak alkali metal klorürler kolayca suda çözünmektedirler.

Berilyum diflorür diğer diflorürlerden farklıdır. Genelde berilyum kovalent bağ yapar ve BeF_2 yapısı SiO_2 'in (quartz) yapısına çok benzemektedir. Berilyum diflorür tetrahedral yapıya sahip olup ve cam gibidir. Diğer toprak alkali metallerin tersine, BeF_2 suda çözünür. BeF_2 'in iyonik halde çözünmesi ya da erimesi durumunda elektriksel iletkenliği çok azdır (Eckertova 1986).

Demir, Bizmut, Aliminyum gibi elementler ve Skandiyum gibi nadir toprak elementleri triflorür şeklinde bulunan metallerdir. Birçok nadir toprak elementi ve bizmut, (F_3) yapıya sahiptirler (Hass and Thun 1969).

2.1.1. Uygulamalar

Metal flüorürlerin uygulamalarından biri metal flüorür pilleridir. Lityum piller günlük hayatta kullanılan çoğu eşyalarda mesela bilgisayarlarda, cep telefonlarda, çokça kullanılmaktadır. Bununla birlikte son zamanlarda yapılan çalışmalar daha hafif, sağlıklı ve daha küçük metal flüorür pillerinin yaygınlaşacağını göstermektedir. Ayrıca bu pillerin veriminin daha yüksek olduğu bilinmektedir (Hass and Thun 1969).

Metal flüorürlerin başka bir uygulama alanı da, sol – sağ türevli metal florürler ile (MgF_2 , AlF_3 , CaF_2) üç boyutta makroporos katılar üretmektir. Bunların yüzey alanı $300 \text{ m}^2/\text{g}$ den büyüktür ve güçlü levis asit için orta değer göstermektedir. Bundan dolayı katalitik uygulamalar için oldukça ilgi çekicidirler.

Yakın zamanlarda genişleyen florolytik sol – sağ rotada, metal florürler ve onların spesifik kimyasal özellikleri bilim ve teknoloji üzerine büyük bir kapı açmıştır. Bunlar

son derecede etkin ince kaplamalar sağlamaktadırlar. Yüksek performanslı seramikleri üretmek için yararlıdırlar (Qiao *et al.*2008).

Ağır metal florür camlar düşük fonon enerji ile düşük kırılma indisine sahiptirler. Bu malzemelerden rüzgâr iletimi, görünür ışık bölgesinden orta – kızılötesi bölgeye kadar olan elektromanyetik dalga aralığında çalışan pencereler üretilmektedir. Yüzey pürüzlülüğü 2 nm'den az olan ve elmas nokta çevirme tekniği kullanarak elde edilen metal florür camlar CaF_2 'den dört kata kadar daha iyi özellik gösterirler.

Ağır metal florür camlar ile ilgili yapılan araştırmalarda genellikle mükemmel optiksel özellikleri vurgulanmıştır. Farklı metal florürlerin ince film optik kaplamaları, görünür bölgeden kızılötesi bölgeye kadar uygunluk gösterirler (Einstein *et al.*1967).

2.1.2. Camlar

Cam amorf bir malzeme olup geri dönüşümlü geçişi vardır. Yani çok sert ve kırılğan durumdan, erimiş ve esnek bir duruma gelebilir. Camlar tipik olarak ise kırılğandır ve optik açıdan şeffaftırlar. Çok yaygın kullanılan camlardan biri soda-lime camdır. Bu camlar, (%74) silikon dioksit (SiO_2), (% 13) sodyum oksit (Na_2O) ve (% 10.5) kalsiyum oksit (CaO) ten oluşur.

Silikat camı genellikle şeffaf olduğundan birçok uygulamaları vardır. Bu uygulamalardan biri, evlerin pencerelerinde kullanılan camlardır. Ayrıca gemilerde, çanak, vazo, şişe, kavanoz ve gözlük gibi günlük hayatın hemen hemen her yerinde kullanılmaktadır.

Cama gelen ışınlar, hem yansır hem de kırılırlar. Camın kalitesi; optik lensler, prizmalar ve ince camlar için, kesim ve cila işlemlerinin uygulanması ile artar. Farklı renklerde camlar, metalik tuz miktarlarının değiştirilmesi ya da camların boyanması ile mümkün olmaktadır. Kırılğan olmasına rağmen camlar, son derece dayanıklıdır (Journal of Materials 2013).

2.1.2.a. Silikat camlar

Silika (SiO_2), camın ortak temel maddesidir. Doğada, yıldırım kuma çarptığında, kuvars şeklinde bir camlaştırılma oluşturur ve içi boş bir kök gibi dallanma yapar ki bu fulguriy olarak adlanır ki bu camın ilk doğal halidir.

Erimiş kuvars (esas SiO_2 den oluşan) bazı özel optik uygulamalar için kullanılmaktadır. Ama bu çok yaygın değildir çünkü 1200°C 'den yüksek sıcaklıklarda geçiş noktasına sahiptir. Bu nedenle, başka maddeler işlemeyi kolaylaştırmak için ilave edilir. Onlardan biri sodyum-karbonattır (Na_2CO_3 , soda). Sodyum-karbonat camın geçiş sıcaklığını azaltır. Diğer taraftan, soda ise cam çözünürlüğünü artırır ki bu ise istenmeyen bir durumdur. Buna göre lime (kalsiyum oksit CaO), magnezyum oksit (MgO) ve alüminyum oksit (Al_2O_3), iyi kimyasal dayanıklığa sahip olduklarından camın çözünürlüğünü azaltırlar. Son olarak elde edilen cam, %70-74 silikadan oluşur ve soda-lime camı olarak adlandırılır. Genelde üretilen camların %90 soda-lime camlardır (Ojovan 2004).

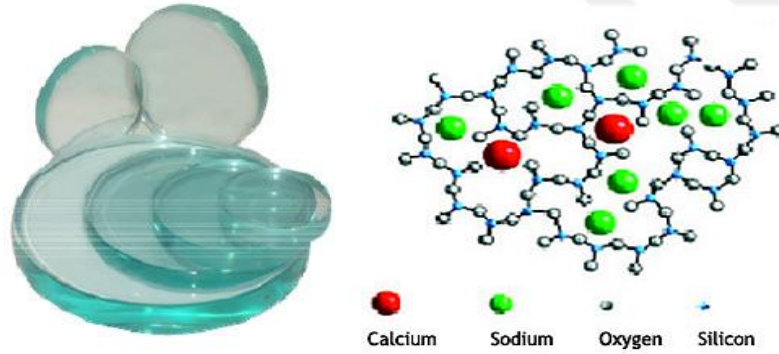
Aşağıda genel olarak, silikat camların çeşitleri ve onların özellikleri, bileşenleri ve uygulamaları açıklanmıştır:

1. Erimiş (fused) silika cam (vitrus silika cam): silika (SiO_2) çok düşük genleşme sıcaklığına sahiptir, çok serttir ve yüksek sıcaklıklar ($1000-1500^\circ\text{C}$) karşısında dayanıklıdır. Bu camlar, hava koşullarının karşısında çok dayanıklıdırlar. Bunlar çok yüksek sıcaklık uygulamalarında örneğin; fırın tüpler, eritme potası vb. kullanılırlar.



Şekil 1.1. Silika camın örnekleri

2. Soda-lime silika cam (pencere camı): Bu cam, %72 silika + %14,2 sodyum oksit (Na_2O) + %2,5 magnezyum oksit (MgO) + %10 lime (CaO) + %0,6 alümina (Al_2O_3) bileşenlerinden oluşur ve şeffaftır. Bu camlar yüksek termal genişlemeye sahiptir ve sıcaklığa karşı ($500\text{-}600^\circ\text{C}$) dirençleri oldukça düşüktür. Bu camlar en çok pencerelerde, kapılarda, lambalarda ve yemek araç ve gereçlerinde kullanılır.



Şekil 1.2. Soda-lime silika cam örnekleri

3. Sodyum borosilikat camları (payreks): Bu cam, %81 silika + %12 borik oksit (B_2O_3) + % 4,5 soda (Na_2O) + %2,0 alümina (Al_2O_3) bileşenlerinden oluşmaktadır. Bu camlar genişlemeye dayanıklı olan pencere camlarından çok daha fazla sıcaklığa dayanıklıdır. Bu camlar kimyasal ince camlarda, cam pişirme kaplarında, araba lambalarında vb. araçlarda yaygın olarak kullanılır. Payreks camlar esas olarak silika ve boron oksit bileşiminden oluşur. Bu camların çok düşük termal genişleme katsayıları

(CTE) vardır ve bu yüzden boyutsal olarak daha hızlı kararlı hale gelirler. Bu camlar ayrıca termal şoklar karşısında da oldukça dayanıklıdır ve reaktif şişeler, optik bileşenler ile ev tencerelerinde kullanılırlar.



Şekil 1.3. Sodyum borosilikat cam (payreks) örneği

4. Lead oksit cam (kristal cam): Bu cam, %59 silika + %2 soda + %25 kurşun oksit (PbO) + %12 potasyum oksit (K_2O) + %0,4 alümina + %1,5 çinko oksit (ZnO) bileşenlerinden oluşur. Bu camların kırılma indisleri yüksektir, bu yüzden bu camların ince olanları oldukça parlaktır (kristal cam) ayrıca bu camlar oldukça esnek malzemelerdir.



Şekil 1.4. Lead oksit cam (kristal cam) örnekleri

5. Alümina silikat cam: %57 silika + %16 alumina + %4 borik oksit (B_2O_3) + %6 baryum oksit (BaO) + %7 magnezyum oksit + %10 lime bileşenlerinden oluşur. Bunlaren çok fiber camlarda kullanılan plastik elyaflar ile takviye edilmiş camlardır (tekneler, balıkçı çubukları vb.). Ayrıca halojen lambalarda da kullanılır.



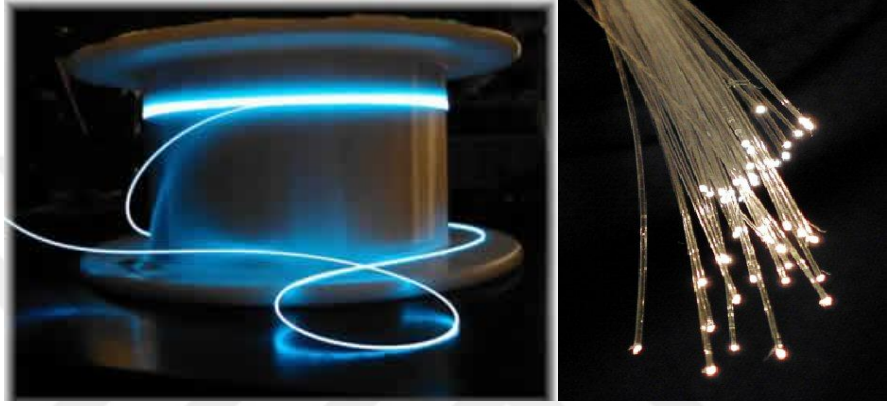
Şekil 1.5. Alomino silikat cam örnekleri

6. Oksit cam: Bu cam, %90 alümina + %10 germanyum oksit (GeO_2) 'ten oluşan çok temiz ve şeffaf bir camdır. İletişim şebekelerinde fiber optik dalga kılavuzları için kullanılır. Bir km uzunluğundaki cam fiber bir kablodan bir dalganın şiddetinde yalnızca %5'lik bir kayıp olur.



Şekil 1.6. Oksit cam örneği

7. Ağır metal florür camlar (HMFG): Bu camlar oksitsiz camlardır, telekomünikasyon fiberler uygulamalarında yaygın kullanımları vardır çünkü bu tür camların optik kayıpları çok düşüktür. Ancak bunların şekillendirmesi oldukça zordur ve kimyasal dayanıklılıkları da zayıftır. ZBLAN grubu olarak adlandırılan bu camlara, zirkonyum, baryum, lantanum, alüminyum ve sodyum florür örnek olarak verilebilir.



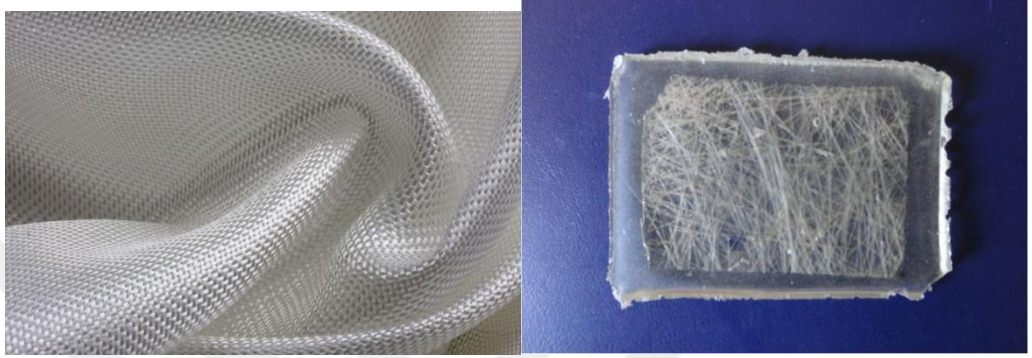
Şekil 1.7. Ağır metal florid cam örnekleri

8. Seramik camlar: Belli bir seviyeye kadar kristal yapıya sahip olan bu camlar seramik camlar olarak adlandırılırlar. Ticari bakımdan faydalı seramik camların, homojen yapıda olup yüksek yoğunluğa sahiptirler. Yönlendirilmemiş kristaller oldukça bulk malzemelerde bulunur ve en çok yüzeyde kesikli bölgelerdedir. En yaygın kullanımları, CORNING WARE (ticari marka) pişirme kapları ve DİCOR (ticari marka) diş implantlarıdır.



Şekil 1.8. Seramik cam örnekleri

9. Kompozit camlar: Bu camlar seramik camlara ek olarak seramik, metal ve polimer tozlarından oluşturulurlar. Bu camlara iyi bir örnek, cam-fiber takviyeli plastiklerdir. Bunlar en çok: elastik katılarda, iletken ince filmlerde ve dirençlerde kullanılmaktadır (Jong 1989).



Şekil 1.9. Kompozit cam örnekleri

2.1.3. Optik özellikleri

Cam şeffaftır ve ışığın dalga boylarını içerisinden geçiren bir yapıya sahiptir. Bunun aksine polikristal malzemelerde, genel olarak ışık iletimi yoktur. Polikristaller şeffaftır, bununla birlikte tane sınırlarında az miktarda ışığı dağınık olarak yansıtabilme özelliğine sahiptirler. Camların içerisinde, polikristal tane sınırları gibi bölgeler bulunmaz ve bu yüzden polikristal malzemeler gibi ışık dağılımı yapamazlar. Cam oluşumu sırasında, aşırı soğutulmuş sıvının moleküllerini kristal geometrisinde katılaştırmak zorunlu değildir, bir cam yüzeyi genellikle pürüzsüzdür ve mikroskobik olarak pürüzsüz bir yüzeyin gerilimini takip edebiliriz (Heinz and Pfaender 1996).

Cam da, ışık saçılma, olayı olmaması ile birlikte kırılma, yansıtma ve iletme olayları gerçekleşebilir. Bu özellikler, lensler ve pencere camlarının üretiminde çokça kullanılır. Genel olarak camlar, frenal denkleminde göre, 1.5 civarında bir kırılma indisine sahiptirler. Bir cam tabakasının (hava da normal geliş açısıyla) ışığı yansıtması yüzeyinin yaklaşık %4'ünde olur ve ışığın iki yüzey arasındaki iletimi ise yaklaşık %90

civarındadır. Camların uygulamalarından biri de optoelektroniktir. Buna örnek olarak ışık ileten optik fiberler verilebilir.

2.1.4. Yapı

Diğer amorf katılarda olduğu gibi amorf cam da periyodik bir yapıya sahip değildir. ancak camlar kimyasal bağ özelliklerine bağlı olarak, oldukça kısa mesafelerde polihedral yapıya sahiptirler (Barsoum 2003).

2.1.5. Ayırma işlemi (separation process)

Kimyada ve kimya mühendisliğinde, ayırma işlemi ya da ayırma tekniği olarak bilinen teknik, iki veya daha fazla ayrı ürünün karışım halinden, maddeleri saf haline dönüştüren bir yöntemdir. En azından karışımın bileşenlerinin biri veya daha fazlasının ayrıştırılmasıdır. Ayırma işlemi kimyasal ve fiziksel farklılıklar ile gerçekleştirilir örneğin boyut, şekil, kütle, yoğunluk yada kimyasal ilgiye (afinite) göre ayırma işlemi gerçekleştirilmelidir. Bir karışımı bileşenlerine ayırmak için belirli farklılıklarına göre sınıflandırma yapılarak, birden fazla ayırma işlemi gerçekleştirilebilir.

Birkaç istisna dışında, takriben her element veya bileşik doğada saf olmayan bir halde bulunur. Bu ham maddeler kullanılmadan önce modern sanayi ekonomisine katkı için ayırma teknikleri ile saf bileşenlerine veya elementlerine ayrılabilir. Bazı durumlarda ayırmada tamamıyla saflaşmaya ihtiyaç vardır. Mesela boksit taşının elektrolizi ile alüminyum elde edilebilir. Buna iyi bir örnek, doğal olarak farklı hidrokarbonlar ve saf olmayan maddelerin karışımından oluşmuş ham petrolün tasfiye işlemidir.

Tasfiye işlemiyle en çok elde edilen maddeler: doğal gaz, benzin, gazolin gibi maddelerdir ki hiç biri saf durumda bulunmaz ve her biri ham karışımın ayırımından elde edilir.

Burada gerçekleştirilen ayırma işlemleri ile genellikle önemli bir kimyasal değişiklik olmadan maddeyi bir ya da bir kaç bileşene ayırmak mümkün olmaktadır. Böyle bir ayırma işlemi analitiktir yani karışımı oluşturan bileşenleri analiz etmek için kullanılır. Bu ayırma işlemleri küçük ölçekte bir analitik laboratuvar da gerçekleştirilebilir, böylece bk ölçekte etkin sanayi işlemi için hazırlık aşaması temsil edilebilir (Donald *et al.*1991).

2.1.6. Faz ayırma

Polimer, uzun zincirli bir molekül oluşturmak için kimyasal olarak birçok birimin veya monomerlerin birbirine bağlanması ile inşa edilen herhangi bir molekdr. Eğer bütün monomerler aynı olursa, molekül homopolimer olarak adlandırılır. Burada faz ayırma tekniği iki kısımdan oluşur: 1- homopolimer sistemlerde faz ayırma, 2- blok kopolimer sistemlerde ki self-consistent alan teorisi ile faz ayırmadır.

Polimer zelti ler veya polimer karışımların faz ayırması, son yıllarda bilim adamlarının bk ilgisini çekmiştir. Polimer moleküllerin bk ölçüde ve uzun dinlenme süresi neticesinde, bu tür hacim daralması ve faz ters çevirme bir olgu olarak, birçok özel özellikler sergileyebilir. Burada Doi ve Onuki türetilmiş iki-akışkan modeline dayalı mezoskopik görünümden faz ayrılması çalışma yapılır. Orijinal iki-akışkan modelinden kıyas olarak, şu model enerji dağıtımını tutan yapar ve aynı zamanda deneysel gözlemlerini iyileştirir.

Kopolimer bir sistem için, farklı kimyasal bağ ve özelliklere sahip bloklar arasında meydana gelen itici etkileşim faz ayırmaya sebep olur. Bunun aksine kopolimer zinciri ilişkisi, makroskobik boyutta faz ayırmaya karşı olur. Bunun sonucu olarak blok kopolimer sistemler çok kompleks yapılar halinde düzenlenir. İki bloklu kopolimer yapılar, altıgen dolu silindirik bir yapıya ve hacim merkezli kübik küre fazından, karmaşık çift sürekli kübik faza sahip olurlar. Bu yapılar, blok kopolimer veya bloklar arasındaki ayrımın kimyasal bileşimi değiştirilerek kontrol edilebilir. Çok

başarılı bir metodolan self-consistent alan teorisi (SCFT) ile faz diyagramında, takriben bütün sıcaklık bölgelerinde yapı muhafıza edebilir.

Çekirdek oluşumu, termal olarak aktive edilmiş metastabl durumun çürümesinden ve daha sonraki denge durumunda, damlacıkların büyümesinden oluşur. Çekirdek oluşumu araştırması, o zaman ki faz periyodikliği düzenlidir, çok zordur. Erimiş iki bloklü kopolimerler, denge durum fazında gösteren tepkiler anlayışlıdır. Düzenli olmayan faz dışında, sistem kaç düzenli periyodik yapı haline gelebilir, mesela: lamelar, altıgen dolu silindir, hacim merkezli kübik küre ve gyroid (Wilson *et al.*2000).

2.1.7. Stronsiyum florür

Stronsiyum florür(SrF_2), strosiyum diflorür veya strontium(II) florür olarak adlanır. Bu malzeme,erime noktası 1477°C ve kaynama noktası 2460°C civarında olan, katı halde kararlı, kırılğan, beyazrenkli bir kristal maddedir. Strontiyum florür, flor gazıyla, strontiyum klorürün tepkimesinden ya da hidroflorik asit ile stronsiyum karbonatın tepkimesinden oluşmaktadır.

Bu malzeme katı durumunda florür yapısını benimser. Buhar fazında, SrF_2 molekülü yaklaşık 120° lik bir F-Sr-F açısıyla doğrusal olmayan bir molekül meydana getirir. Bir görüşe göre, hesaplamalar bu yapıda valans kabuk altındaki kabuğun, d kabuğu olduğunu göstermektedir. Başka bir görüşe göre stronsiyum atomunun çekirdeğinin Sr-F bağındaki elektron yükü ile etkileşimi sonucu polarizasyonun yaklaşık tetrahedral dağılım yansıttığı görüşüdür (Greenwood ve Earnshaw 1997).

2.1.7.a. Özellik ve uygulamaları

SrF_2 , takriben su içinde çözünmez, gözleri ve cildi tahriş eder, solunması ve yutulması zararlıdır. CaF_2 ve BaF_2 gibi SrF_2 sıcaklık yükseldiği zaman superiyonik iletkenlik gösterir. Stronsiyum flüorür, kızılötesi($11\mu\text{m}$) ve ultraviyole (150 nm) dalga boyları

arasındaki ışık için saydamdır. Optik özellikleri göz önüne alındığı zaman, kalsiyum florür ve baryum florürle benzerlikler göstermektedir.

Stronsiyum florür, özel uygulamalar için, küçük bir aralıkta optik malzeme olarak kullanılır. Örnek olarak, bir optik kaplama lens üzerinde ve bir termoluminesans dozimetrede bir kristal olarak kullanılır. Başka bir kullanım alanı, stronsiyum-90 olarak, radyoizotop termoelektrik jeneratörlerdir.

Tek kristal SrF_2 elastik sabitleri, ultrasonik titreşim eko tekniği ile 4.2-300°K sıcaklık aralığında belirlenmiştir (Bytheway vd 1995).

2.2. İnce Film Teknolojisi

2.2.1. İnce film tanımı

İnce filmler, atomların ya da moleküllerin, kaplanacakları yüzeye vakum ortamında tek tek dizilmesi ile hazırlanan, kalınlıkları 10nm ile birkaç μm arasında değişen kaplamalardır. İlk olarak Bunsen ve Grove 1852 yılında vakum sistemi içinde ince metal filmler elde etmişlerdir. Kaplama teknikleri ve kaplama koşullarındaki farklılıklar hacimli (bulk) malzemelerde bulunmayan pek çok özelliği ince filmlerde ortaya çıkarmaktadır ve ince film malzemelere, hacimli (bulk)malzemelere göre daha üstün özellikler göstermektedirler.

İnce film teknolojisinin üstünlükleri aşağıda yazılmıştır:

- Hacimli (bulk) malzemelerde olmayan ölçüde saf malzeme elde edilebilmesi,
- Atomik büyütme dolayısıyla filme özgü, önemli malzeme özelliklerinin tamamının elde edilebilmesi ve bu özelliklerin kontrol edilebilmesi,
- Küçük geometrilerin üç boyutta oluşturulabilmesi, örnek homojenliğinin kontrol edilebilmesi,

- Ardışık işlemlere imkan vermesi, böylece çok katmanlı ve çok değişik yapılarda kaplama elde edilebilmesi,
- Kalınlık, kristal yönlenmesi ve çok katmanlı yapılardan kaynaklanan kuantum boyut etkileri ve diğer boyut etkilerinin kontrol edilebilmesi,
- Kaliteli malzemelerden tasarruf sağlanması,
- Hızlı, kolay kullanılabilir, endüstriyel ve ekonomik bir teknoloji olması.

2.2.2. Vakum işlemi

Bir ortamdan gazların ne kadarını arındırmak gerektiği bu ortam içerisinde ne tür bir uygulama yapmak istediğimize bağlıdır. Eğer ince filmler hazırlanmak isteniyorsa çalışma ortamı yüksek vakum aralığında olmalıdır. Kapalı bir ortamdan gaz fazında olan tüm moleküllerin pompalanarak dışarı atılmasına vakuma alma denir. Vakum seviyesi düşük basınç değerleriyle anlatılır. Bu tür sistemlerde genellikle Pa ve Torr birimi kullanılır.

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ Torr} = 101,325 \text{ Pa}, 1 \text{ Torr} = 1 \text{ mm Hg} = 133 \text{ Pa}$$

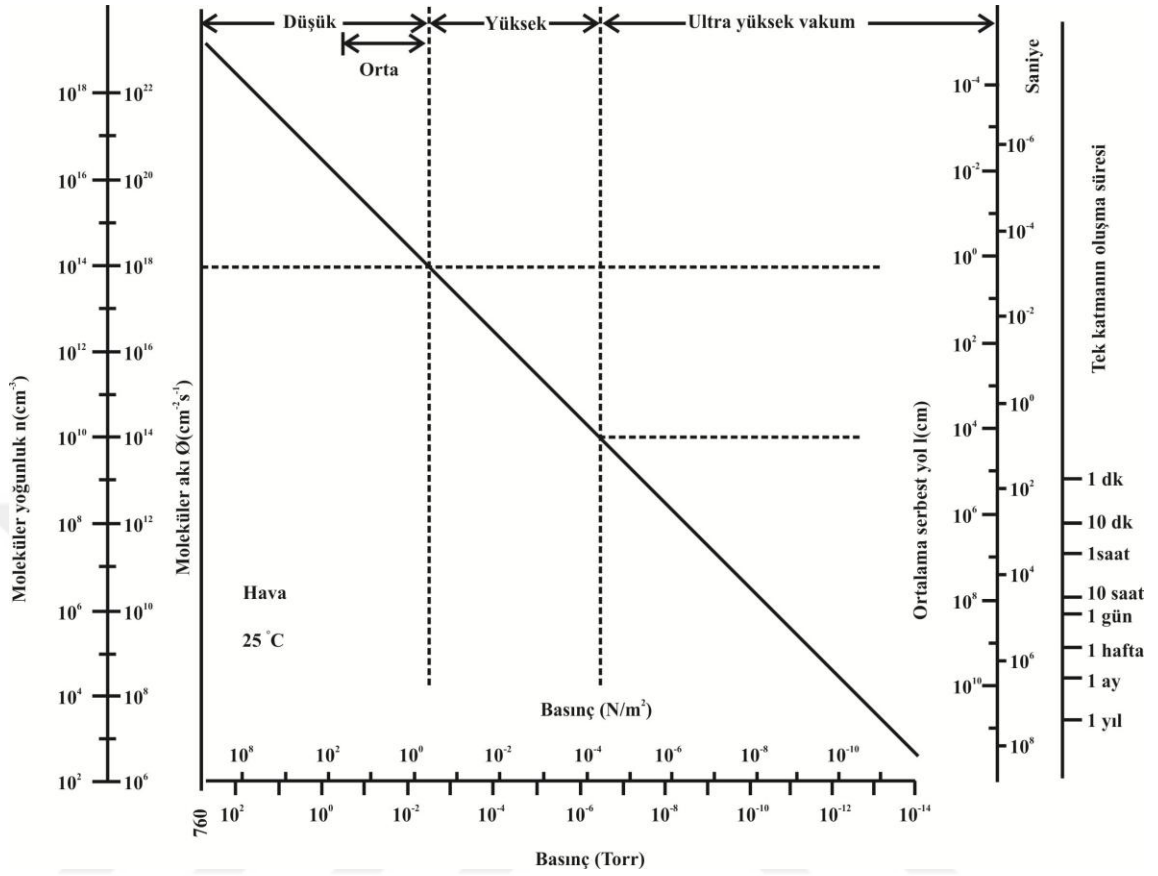
Çalışma odasının vakum seviyesi ne kadar iyi olursa yani taban basıncı ne kadar düşük olursa film de o kadar saf olur. Çalışma odasında vakum oluşturulurken en önemli parametrelerden biri de sistemin malzeme içeriğidir.

Yüksek buhar basınçlı malzemeler vakum sistemlerinin yapımında kullanılmazlar. Bu yüzden en çok kullanılan malzemelerden biri düşük buhar basıncına sahip olan paslanmaz çeliktir. Vakum kazanı paslanmaz çelikten ya da sert pyreks camdan yapılır (şekil 1.). Sızdırmazlık elemanları olarak buhar basıncı düşük olan viton, saf metal (bakır, gümüş, altın), tefloni, o-ring, gasket ve contalar kullanılır.



Şekil 2.1. Pireks camından yapılmış vakum kazanı

Atmosferik basınçlarda, moleküller yüzeylere çarpar. Ayrıca moleküller arasında da yüzeylerde meydana gelen çarpışmalar ve etkileşmeler ile yüzeylerde kimyasal reaksiyonlar meydana gelmesi de mümkündür. Böylece yüzeyler çok hızlı bir şekilde kirlenmeye başlayacaktır. Uygun fiziksel ve kimyasal teknikle temizlendikten sonra yüksek vakum odasına konan herhangi bir malzeme bu basınç altında uzunca bir süre yüzeyine çarpacak parçacıkların sayısının azlığı nedeniyle kirlenmeden kalacaktır. Vakum ortamındaki basınç seviyesine bağlı olarak, ortam içerisindeki moleküllerin ortalama serbest yolu (λ), moleküler yoğunluğu (n), moleküler akısı (Φ) ve tek kat oluşma süresi değişmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Vakum derecesini tanımlayan çeşitli kavramların ilişkileri

Moleküler yoğunluk (n), birim hacimdeki ortalama molekül sayısıdır. Ortalama serbest yol (λ), bir gaz içinde hareket eden bir molekülün diğer gaz molekülleri ile art arda çarpışmaları arasındaki ortalama uzaklıktır. Tek katman oluşma süresi ise tek molekül kalınlığında gaz katmanının kaplanması için geçen süredir. Bu süre ise yoğun tek katman oluşturmak için gerekli molekül sayısı (yaklaşık 8×10^{14} molekül/cm²) ve moleküler akı (Φ) (moleküllerin yüzeye çarpması) arasındaki oran ile verilir (Roth 1990).

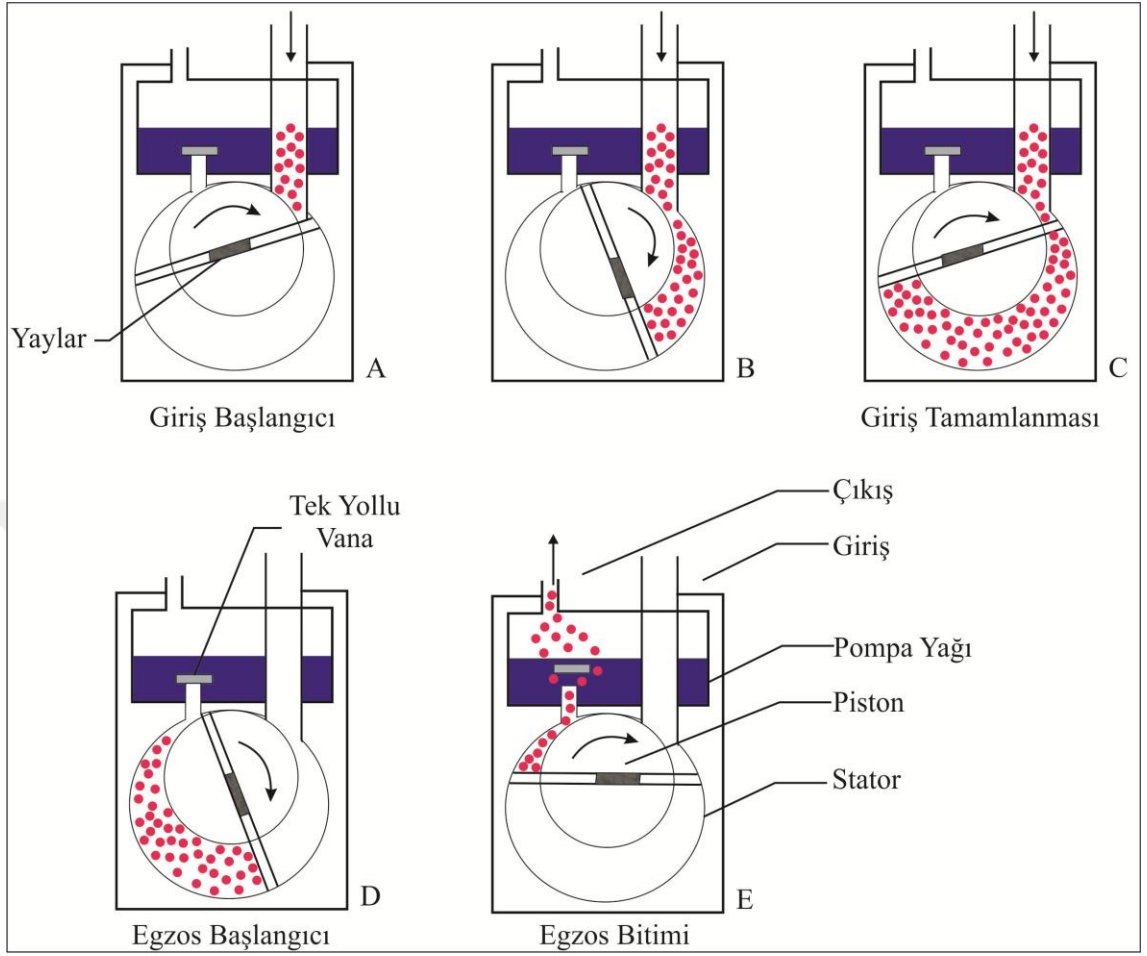
2.2.3. Pompalama sistemleri

İyi bir ince film kaplaması için çalışma ortamının vakuma alınması şarttır. Bunun içinde sistemin pompalanması gerekmektedir. Farklı ince film büyütme teknikleri ve farklı basınç aralıklarına göre pompalar tasarlanmıştır. En yaygın olarak kullanılan pompalar; mekanik pompa, difüzyon pompası, soğurma pompası, turbo moleküler pompa, iyon

pompası ve cryo pompadır. Bu pompalardan mekanik pompa ve difüzyon pompası ayrıntılı olarak incelenmiştir.

2.2.3.a. Mekanik pompa

Mekanik pompa sıkıştırma-genleşme prensibine dayanarak çalışır. Çalışma aralığı $10^3 - 10^{-3}$ Torr'dur. Bir yağ haznesinin içinde dönen bir pistondan ve pistonu döndüren bir elektrik motorundan oluşur (Şekil 2.3). Piston döndükçe iki yanında bulunan paletler aracılığıyla çalışma odasına bağlı girişten veya difüzyon pompasının çıkışından havayı alır, yağın içinden geçirerek egzozdan dışarı atar. Bu pompa yüksek devirli çalıştığı için pompa yağı 90-100C'ye dayanıklı özel bir yağdır. Yüksek vakum sistemlerinde mekanik pompa girişi, bir hat üzerinden çalışma odasına bağlanırken bir başka hat üzerinden difüzyon pompasının çıkışına bağlıdır. Mekanik pompanın dezavantajı vakum ortamına yağ kaçırabilme olasılığının olmasıdır.

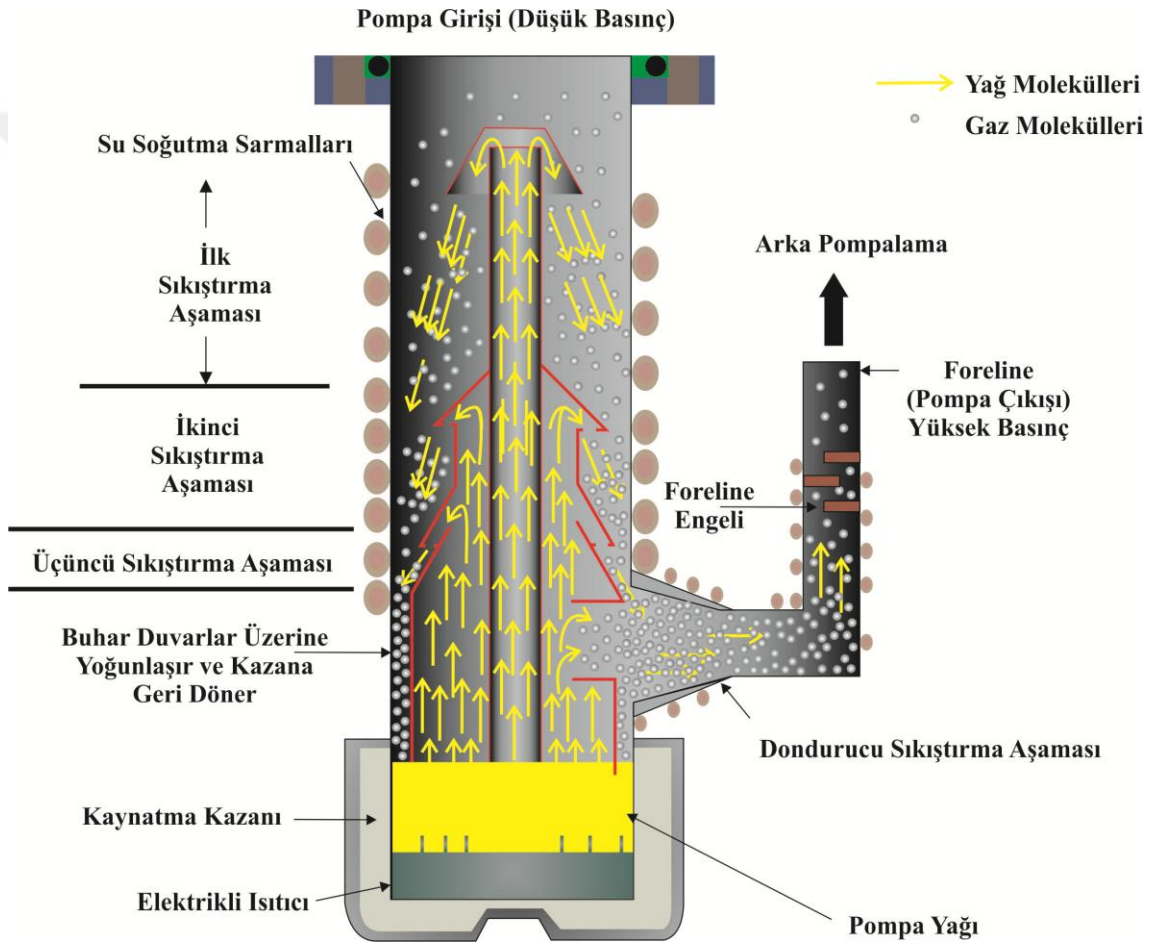


Şekil 2.3. Mekanik pompa çalışma prensibi

2.2.3.b. Difüzyon pompası

Difüzyon pompasının çalışma aralığı 10^{-3} – 10^{-9} Torr dur. Difüzyon pompasının en önemli özelliği, mekanik bir hareketin olmamasıdır. Bu nedenle sürtünmeden kaynaklanan enerji kayıpları söz konusu değildir. Isıtılan gaz molekülleri vakum odasından çekilen gaz moleküllerine çarpar ve onları da çıkışa doğru sürükler. Difüzyon pompasının girişi 100 mTorr “da çalışmaya açılabilir, çünkü bu seviyede oksijen gazının büyük bir bölümü mekanik pompayla pompalanmış demektir. Böylece difüzyon pompasının yağı oksitlenerek küçük parçalara ayrılmaz ve büyük molekülü olma özelliğini yitirmez. Pompalama gücü, momentum aktarımına ve molekül kütlesine bağlıdır. Geri kaçan buharını tutmak için difüzyon pompasının çalışma odasına açılan

giriş ağzına soğuk tuzak yerleştirilir. İçine sıvı azot doldurularak soğutulan soğuk tuzak geri kaçan yüksek enerjili yağ buharını üzerinde yoğunlaştırarak tutar. Aynı zamanda çalışma odasından pompalanan gaz moleküllerinin de bir kısmını tutar. Yağ buharları tavana çarpıp aşağıya doğru düşerken difüzyon pompasının duvarlarına çarpar ve ısınmaya sebep olur, bu yüzden duvarların etrafında soğuk su dolaştırılır (Ohring 2002) (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Difüzyon pompasının çalışma prensibi

2.2.4. İnce film kaplama teknikleri

İnce film kaplama teknikleri, fiziksel buharlaştırma (PVD) ve kimyasal buharlaştırma (CVD) teknikleri olmak üzere iki ana başlık altında incelenir. Kaplama tekniğinin

seçiminde fiziksel, kimyasal, teknolojik, teknik ve ekonomik özellikler rol oynar. Kaplama malzemesi, alttaşa uyumu, alttaş büyüklüğü ve şekli, sıcaklığa bağımlılık ve kaplama sonrası çalışma ortamı da kaplama tekniğini belirler. Fiziksel ve kimyasal buharlaştırma tekniğinin seçiminde en belirleyici faktör molekül enerjisidir. Kimyasal buharlaştırma ile kaplama 1000°C gibi yüksek alttaş sıcaklıklarında, fiziksel buharlaştırmayla kaplama ise oda sıcaklığından 500°C'ye kadar olan alttaş sıcaklıklarında yapılır (Ohring 2002).

Vakum ortamında fiziksel buharlaştırma teknikleriyle film oluşumu, sırasıyla film malzemesinin gaz fazına geçmesi, buharın kaynak ile alttaş arasındaki seyrekleştirilmiş gaz atmosferi üzerinden iletimi ve son olarak buharın alttaş üzerinde yoğunlaşması aşamalarından meydana gelir. Fiziksel buharlaştırma teknikleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- Isıl direnç ile buharlaştırma
- Lazer demeti ile buharlaştırma
- Elektron demeti ile buharlaştırma
- Flaş buharlaştırma
- Ark ile buharlaştırma
- Kopartma (Sputtering) tekniği ile buharlaştırma

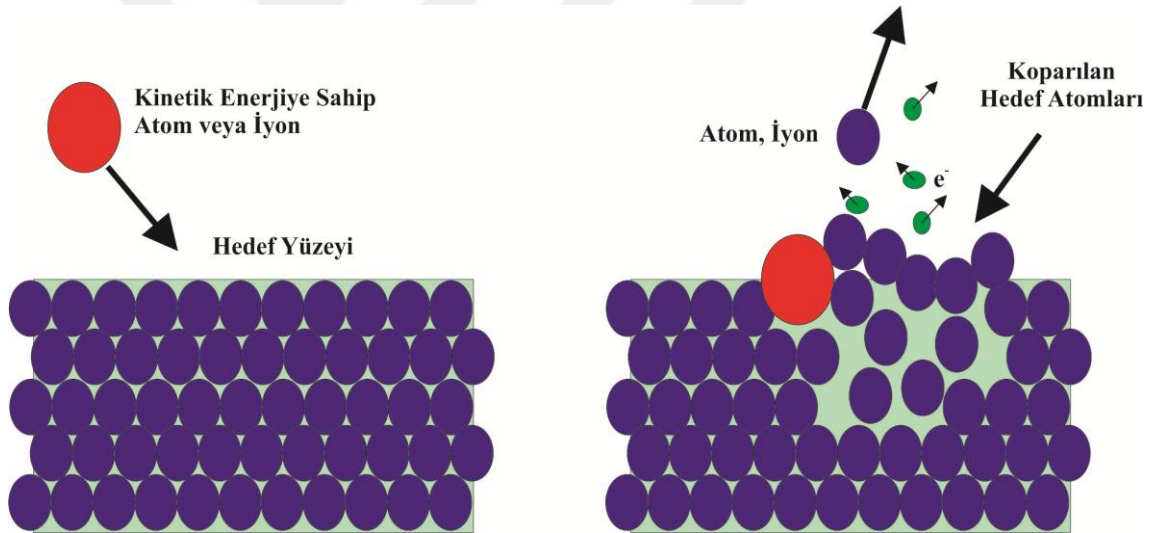
Bu tez çalışmasında, ince filmlerin hazırlanması için fiziksel buharlaştırma tekniklerinden RF sıçratma tekniğiniden kullanılmıştır.

2.2.5. Fiziksel kopartma yöntemi

2.2.5.a. Kopartma (sputtering) olayı

Belirli enerjiye sahip parçacıkların bir hedef üzerine çarpması ile yüzey atomlarının ya da moleküllerinin serbest hale gelmesi olayına kopartma (sputtering) denir (Şekil 2.5). Bombardıman işlemi pozitif iyonlarla yapılıyorsa katot koparması adını alır.

Koparılan parçacıklar yüzey kaplamak üzere anoda yerleştirilen alttaş üzerinde yoğunlaşırlar.



Şekil 2.5. Kopartma olayının gelişimi

Kopartma olayı ilk olarak 1852 yılında Grove tarafından DC gaz yük boşalması tüpünde gözlenmiştir. Yük boşalması tüpünün katot yüzeylerinin gaz yük boşalması içinde enerjik iyonlar tarafından koparıldığını keşfetmiştir ve katot malzemeleri yük boşalması tüpünün iç duvarlarına kaplanmıştır (Wasa and Hayakawa 1992). Bununla birlikte malzeme işlemedeki yetersizlikler ve birçok gelişmenin bu yüzyılda meydana gelmesi gibi nedenler kopartma tekniğini yeni bir teknik olarak görmemizi sağlamıştır. Ancak ilerleyen teknoloji ve ince film kaplama kullanım alanının gelişmesi ve değişmesi,

düşük ve yüksek basınçlı kopartma işlemini, üretim amaçlı bir kaplama tekniği haline getirmiştir. Katot kopartmasında hedefe çarpan parçacıklardan kristal yapıya momentum aktarımı vardır. En basit durumda, momentum, iyondan direk yayınlanan atoma aktarılır. Ancak bu tür kopartma, toplam kopartma miktarına çok az katkıda bulunur, hedef malzeme içinde daha içerilere sızabilir ve momentum bir atomdan diğer atoma aktarılır. İyonun madde içinden geçişi sırasında yeri değişen atomlar ve moleküller uyarılmış atomlar olarak adlandırılır. Bunlardan bazıları yüzeye dağıtılıp kopartılan atomları oluştururlar ve başka vurulmuş atomlar oluşturacak kadar yeterli enerjiye sahip olabilirler (Rancourt 1987).

Kopartma işleminin etkin olabilmesi için bombardıman parçacıklarının atomik boyutlarda olması gerekmektedir. Elektron gibi parçacıklar gerekli momentum taşıyamayacak kadar küçük oldukları gibi, büyük parçacıklar da tek bir atom ya da molekülle etkileşim yapamayacak kadar büyük olabilirler (Ohring 2002). Bombardıman esnasında kimyasal tepkime olmaması için asal gazlar tercih edilir. Ağır bir asal gaz yüksek bir kopartma verimine neden olur. Radon ağır, fakat radyoaktiftir. Periyodik tablo incelendiğinde asal gaz olarak, gerek düşük iyonlaşma potansiyeli, gerek ucuzluğu nedeniyle ve saf halde bulunabilirliği açısından çoğunlukla Argon gazı kullanılır. Bombardıman parçacıklarının yüklü ya da yüksüz olması aslında önemli değildir, ancak yüklü parçacıklar elektrik alan altında kolayca enerjik hale getirilip yönlendirilebilirler, yüksüz parçacıkları hızlandırmak ve yönlendirmek kolay değildir. Bu nedenle kopartma işlemi argon iyonlarıyla yapılır. Kopartma olayında önemli faktörlerden biri de malzemelerin kopartma verimidir.

Kopartma verimi, iyon bombardımanından dolayı hedef yüzey atomlarının koparılma oranıdır ve her gelen iyona karşılık koparılan yüzey atomu sayısıdır. Kopartma verimi gelen parçacıkların enerjisi, hedef malzemeler, gelen parçacıkların açıları ve hedef yüzeyinin kristal yapısı faktörlerinden etkilenir. Çizelge 2.1’de Si, Ti ve Zr hedef malzemelerinin farklı enerjideki Neon ve Argon iyonlarıyla bombardıman edilmesiyle elde edilecek kopartma verim değerleri verilmektedir (Wasa and Hayakawa 1992).

Çizelge 2.1. Kopartma verimi (Wasa and Hayakawa 1992)

Hedef	Ne ⁺				Ar ⁺			
	100 (eV)	200 (eV)	300 (eV)	600 (eV)	100 (eV)	200 (eV)	300 (eV)	600 (eV)
Si	0.034	0.13	0.25	0.54	0.07	0.18	0.31	0.53
Ti	0.08	0.22	0.30	0.45	0.081	0.22	0.33	0.58
Zr	0.054	0.17	0.27	0.42	0.12	0.28	0.41	0.75

Hedef yüzeyine gelen iyonun hedeften atom kopartması için bir eşik enerjisi vardır. Eşik enerjisi, iyonların düşük enerji aralığında kopartma yapabilmesi için minimum gerekli enerjidir. Her hedef malzemesine ait eşik enerjisi farklıdır. Eşik enerjisi katot yüzeyinin kirliliğine çok duyarlıdır. Ayrıca gelen iyonların açısı ve katot malzemesinin kristal yönelimi eşik değerlerini değiştirmektedir. Çizelge 2.2’de Si, Ti ve Zr hedef malzemelerinin Neon ve Argon asal gazlarındaki eşik değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.2. Kopartma eşik verileri (Wasa and Hayakawa 1992)

Hedef	Ne	Ar
	Eşik enerjisi (eV)	
Si	-	-
Ti	22	20
Zr	23	22

Kopartma işlemi için istenen basınç ideal olarak düşük olmalıdır. Basıncın yüksek olması durumunda kopartılan atomların ortalama serbest yolu kısalmış, bu enerjilerinin azalması ve yönlerinden sapma olasılığının yüksek olması anlamına gelir. Alttan yüzeyine çarpan atomların enerjilerinin yüksek ve yönlerinin kontrol edilebilir olması kaplama tekniğinin bir özelliğidir ve kaplama veriminin artması demektir. Kopartma sisteminin yeterince verimli olması için çalışma odasının basıncının 1-100 mTorr arasında olması tercih edilir. Kopartma tekniğinin getirdiği en büyük kazanç ise, diğer

yöntemlere göre daha homojen ve yüzey düzgünlüğü daha iyi kaplamalar elde edilebilmesidir. Çünkü kaplanan atomlar daha enerjiktir.

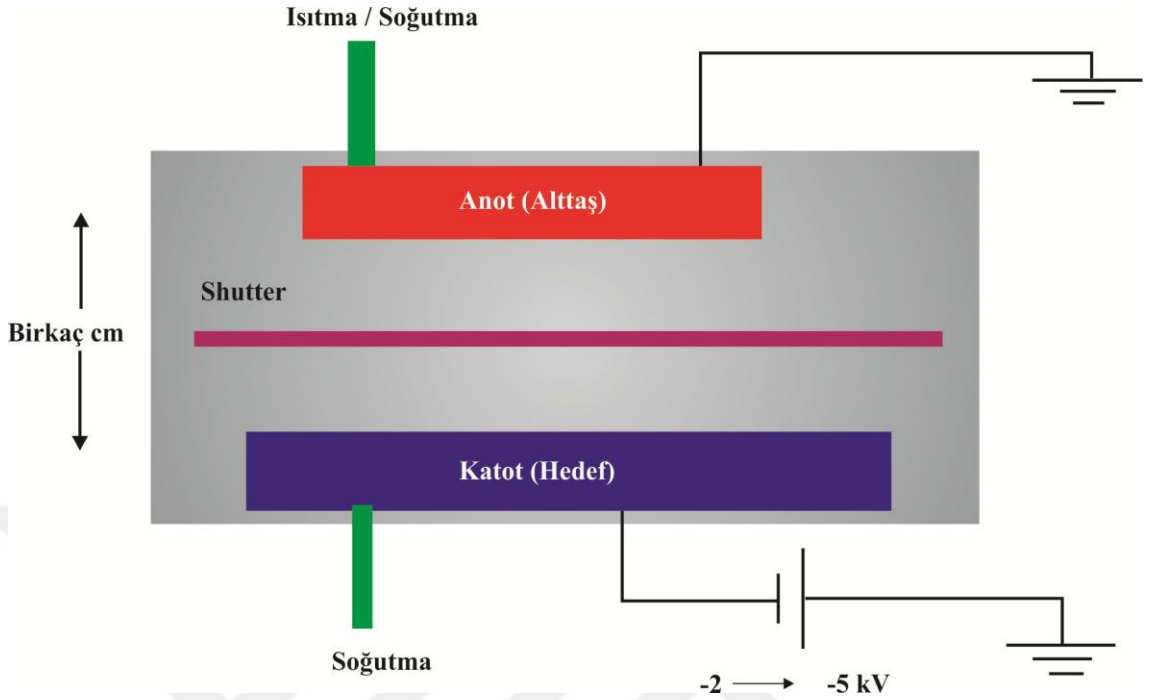
2.2.5.b. Plazma oluşumu

Plazma, bilinen tüm maddeler gibi atomlardan meydana gelir. Atomlar, bir çekirdek ve çekirdek etrafında dönen negatif (-) yüklü elektronlardan oluşur. Çekirdek ise pozitif (+) yüklü protonlar ve yüksüz nötronlardan oluşur. Bir atomda, çekirdek etrafında bulunan negatif yüklü elektronların sayısı, çekirdekte bulunan pozitif yüklü protonların sayısına eşitse, atomun elektriksel olarak yüksüz olduğu anlamına gelir. Böyle yüksüz atomlardan oluşan bir gaz, yeterince ısıtıldığında veya radyasyona maruz kaldığında, enerjilerin şiddetlerine bağlı olarak, sahip olduğu elektronları en dış yörüngesinden itibaren kaybetmeye başlar. En dış yörüngedeki elektron atoma bağlanma gücü en zayıf olanıdır.

Elektron kaybeden atomda, pozitif yüklerin sayısı, negatif yüklere göre daha fazla kaldığından bu atoma “iyonize olmuş atom” ya da “pozitif iyon” adı verilir. Böylece ortamda pozitif iyonlar ve negatif yüklü elektronlar serbest halde bulunur. Bu nedenle plazma “iyonlaşmış gaz” olarak da bilinir.

2.2.5.c. Doğru akım (DC) kopartma

Kopartma ile kaplamada en basit yöntem, alttaş-hedef ikilisini anot-katot gibi hazırlayıp doğru akım sürmektir. Doğru akım kopartma sistemi, bir çift düzlemsel metal elektrotlardan oluşur (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. DC kopartma sistemi

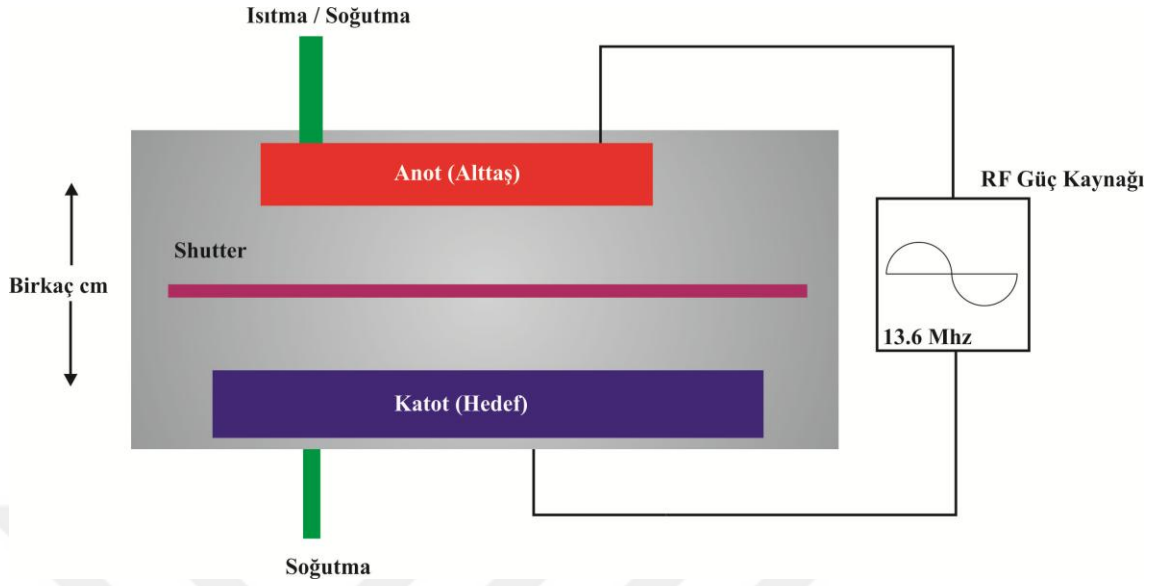
Burada elektrotlardan biri katot, diğeri ise anot olarak düzenlenmiştir. Katodun üst yüzeyine hedef malzeme yerleştirilirken, alt yüzeyine iyon bombardımanı sonucunda oluşan ısınmayı engellemek için genellikle su soğutması uygulanır. Katoda negatif yüksek DC voltaj uygulanır. Hedef genellikle metal gibi iletken malzemelerdir. Alttaşlar anot üzerine yerleştirilir. Genellikle çalışma bölgesi özel bir basınç değerine kadar (~ 0.01 Torr), Argon gazı ile doldurulur. Anot veya alttaş topraklanabilir, pozitif veya negatif olarak „bias“ yapılabilir, ısıtılabilir, soğutulabilir veya bu işlemlerin kombinasyonları şeklinde uygulanabilir. Katoda negatif kV'luk DC voltaj uygulandığında, elektrotlar arasında oluşan elektrik alanla ortamda bulunan elektronlar ivmelenirler ve Argon atomlarıyla çarpışarak, Argon iyonları ve daha çok elektron oluşmasına neden olur. Böylece ortamda bulunan elektronlara, iyonlaşma sonucu oluşan ikincil elektronlar da eşlik eder. Bu Argon iyonlarının artması, verimin artması anlamına gelir. Elektrik alan, aynı zamanda Argon iyonlarını katot hedefe doğru yönlendirir. Hedef hızlandırılmış Argon iyonlarıyla bombardıman edilir ve hedef atomlarının bir kısmını yüzeyden kopartırlar. Hedeften koparılan atomlar çarpışmalar sonucu gelişigüzel yönlerde hareket ederek, anot üzerindeki alttaşlar üzerinde yoğunlaşarak film oluştururlar. Bu teknikte, koparılan atom ya da molekülleri

maksimum oranda alttaşa biriktirmek ve yüksek homojenlik sağlanması için alttaş-hedef ikilisinin eksenlerinin paralel, daha iyi kristalleşme sağlanması için ise birbirine dik olması gerekir.

Alttaş üzerindeki ince film kaplama oranı, hedeften kopartılan parçacık miktarına, dolayısıyla elektrotlar arasına uygulanan bir V gerilim değeri için hedefe gelen iyon akışı ve doğrusal olarak iyon akımına bağlıdır.

2.5.5.d. Radyo frekanslı (RF) kopartma

DC kopartma sisteminin iyon oluşturma olayı metalik elektrotlarla yapılır. Kaplama malzemesi olan hedef (katot) yalıtkan ise koparılan iyonların hedefin yüzeyinde birikmesi sonucu oluşacak yüzey yükü, bombardıman olayının devam etmesini engelleyecektir. Doğru akım yerine alternatif akım uygulanırsa hedefin kutuplanması sürekli değiştiği için iyonlarla ve elektronlarla sıralı olarak bombardıman edilecektir (Şekil 2.7). Alternatif akım MHz veya daha yüksek frekanslıdır. Genelde kritik bir değer olmamasına karşın 13.56 MHz ya da katlarını üreten RF kaynakları kullanılır. Böylece hedef yüklenmesine engel olunması için hedef sırayla önce iyonlarla sonra elektronlarla bombardıman edilir. Kullanılan frekansın arttırılması hedefteki iyon akımını arttırır. RF kopartma sisteminde, güç kaynağıyla boşalma bölgesi arasında bir empedans uyumu bağlantısı gereklidir. Empedans uyumu olmaz ise, geri yansıyan güç, kaynağa zarar verebilir. RF kopartma sisteminde çalışma basıncı 1 mTorr'un üzerinde olmalıdır, böylece çalışma bölgesi içindeki RF elektrik alanı, gaz molekülleri ile ikincil elektronlar arasındaki çarpışma olasılığını arttırır (Wasa and Hayakawa 1992).



Şekil 2.7. RF kopartma sistemi

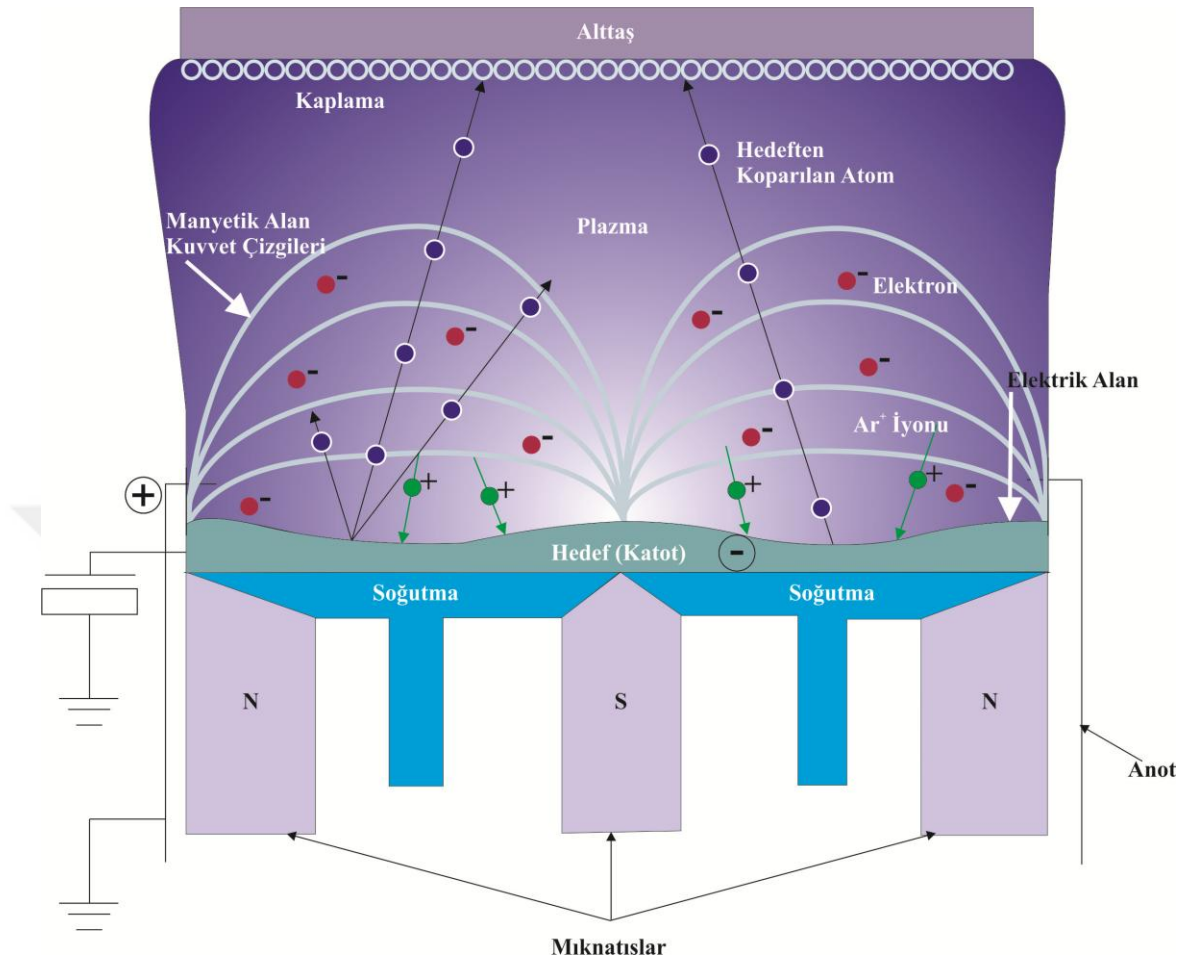
2.2.5.e. Magnetron kopartma

Optik ve elektriksel uygulamalarda kullanılan ince filmlerin kopartma tekniği ile büyütülmesi son yıllarda belirgin şekilde artmıştır. Bunun temel nedeni yüksek performanslı magnetron katotlarının geliştirilmesidir. DC ve RF kopartma teknikleriyle karşılaştırıldığında, bir magnetron katot düşük çalışma basınçlarında yüksek büyütme oranına ve düşük alttaş sıcaklıklarında yüksek kaliteli filmler büyütebilme özelliğinesahiptir. Buna ek olarak, buharlaştırmayla büyütme gibi diğer ince film büyütme metotlarıyla karşılaştırıldığında, daha büyük alanların kaplanmasındaki kararlılık ve filmin alttaşa daha iyi yapışması gibi avantajlara da sahiptir.

Magnetron kopartma yöntemi, genellikle metal ve metal alaşım filmlerin büyütülmesinde kullanılmaktadır. Bu metal filmler entegre devrelerin yapımında, ısı yansıtıcı ayna pencere kaplamalarında, sert kaplamalarda, optik kaplamalarda, krom filmler gibi kozmetik kaplamalarda kullanılırlar. Bu metot ayrıca, elektronik aletlerde aktif katmanlarda kullanılan yalıtkan filmlerin ve yarıiletken filmlerin büyütülmesinde de kullanılır. Magnetron sistemleri çalışma aralığının genişlemesi, elektronların hedef yakınında hapsedilerek alttaş yüzeyindeki elektron bombardımanı etkilerinin azaltılması

ve aynı zamanda elektronların iyonizasyon etkilerinin artırılması için kullanılır. Bu genellikle elektrik ve manyetik alanlar birbirine dik düzenlenerek yapılır (Şekil 2.8).

Magnetron kopartma sistemlerinde kullanılan manyetik alanlar sabit mıknatıslardan oluşur ve tipik olarak 100 Gauss civarındadır. Bu manyetik alandan ortamdaki elektronlar ve ağır iyonlar etkilenirler. Elektronlar hedef yüzeyinde manyetik alan etkisiyle oluşan manyetik alan çizgilerinin yörüngelerine girer ve burada hapsolurlar. RF güç kaynağı ile 13.56 Mhz frekansında alternatif voltaj uygulandığında ivmelenen elektronlar ortamda bulunan Argon atomlarıyla çarpışarak bu gaz atomlarını iyonlaştırır. İyonlaşan pozitif yüklü Argon atomları (Ar^+) ve elektronlar negatif kutuplu hedef üzerine hızla bombardıman edilerek hedefe çarpar ve manyetik alan çizgileri altındaki bölgede hedef atomlarının bir kısmını kopartırlar. Hedef kutuplanması sürekli değiştiği için bu işlem sıralı olarak devam eder. Hedef yüzeyinden koparılan atomlar çarpışmalarla gelişigüzel hareket ederek, alttaş üzerine yoğunlaşarak film oluştururlar (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. RF magnetron kopartma sisteminde film oluşumu

2.2.5.f. Yüzeyde iyon etkileşimi

Bir iyon bir katı yüzeye yaklaştığında meydana gelebilecek olaylar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Yüzeye gelen iyon yüzeyden yansıyabilir ve genellikle nötralize olur. Bu yansıma, malzemelerin yüzey tabakalarını karakterize eden ve temel iyon yüzey etkileşimleri hakkında bilgi veren, iyon saçılma spektroskopisi olarak bilinen bir analitik metodun temelini oluşturur.
- Yüzeye gelen iyon yüzeyden bir elektron salınmasına neden olabilir, bu elektronlara ikincil elektronlar adı verilir. Bir parçacık bir yüzeye çarptığı zaman,

yüzeyden bir elektron sökülebilir. Her bir gelen parçacığa karşı, salınan elektronların sayısı, ikincil elektron sabiti ya da verimi olarak adlandırılır.

- İyon yüzey içine gömülebilir. Bu olay iyon ekimi olarak bilinir. Yaygın olarak entegre devre teknolojisinde, özel safsızlıkların derinlik profilleri ve kesin olarak kontrol edilen miktarlarıyla katkılanmış silikon tabanların yapımında kullanılır.
- İyon hedef malzemesi içinde bazı yapısal yeni düzenlemelerden sorumlu olabilir. Söz konusu yeni düzenlemeler, yapı içindeki elektriksel yük düzeylerinin ve dağılımlarının değişimini ve alayım ya da bileşik hedeflerin sitokiyometrilerinin değişimini içerebilir.
- İyon yüzey atomlarıyla bir seri çarpışma yapabilir, bu hedeften atomların salınmasına neden olabilir. Bu salınma kopartma olarak adlandırılır (John 2008; Wang 2010).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Stronsiyum Florit

Stronsiyum florit (SrF_2), stronsiyum diflorit veya stronsiyum (II) florit olarak adlandırılmaktadır. Bu malzeme bir katı madde halinde kararlı kırılgen beyaz kristal olup erime noktası 1477C ve kaynama noktası 2460C civarındadır. Stronsitium florit, ya flurin gazıyla stronsiyum kloridin tepkisinden ya da hidroflurik asit ile stronsiyum karbonatın tepkimesinden oluşmaktadır.

Bu malzeme katı durumunda florit yapısını benzemektedir. Buhar fazında, SrF_2 molekülü yaklaşık 120'lik bir F-Sr-F açısıyla doğrusal olmayan bir moleküldür. Hesaplamalar, valens kabuk altındaki kabuk, d yörüngelerinden katkıları sorumlu olduğunu önermek için atif almıştır. Başka bir öneri ise stronsiyum atomun elektron çekirdeğin polarizasyon Sr-F bağları ile etkileşim yük, yaklaşık tetrahedral dağılımı yaratmasıdır (Wilson vd 2000).

3.1.1. SrF_2 malzemesinin özelliği ve uygulamaları

SrF_2 , su içinde çözünmemekle birlikte gözleri ve cildi tahriş etmekte, solunulduğunda veya yutulduğunda zararlı olan bir malzemedir. CaF_2 ve BaF_2 gibi SrF_2 de yüksek sıcaklıkta süperiletken özellik göstermektedir. Stronsiyum florür, kızılötesinden (11 μm) ultraviyole (150 nm) arasındaki dalga boyularında saydamdır. Optik özellikler açısından, kalsiyum florit ve baryum florit gibi malzemelere benzemektedir.

Stronsiyum florit küçük bir aralıkta, özel uygulamalar için optik bir malzeme olarak kullanılır. Örneğin, optik kaplama yapılmış bir lens üzerinde ve aynı zamanda kristal yapıda termoluminesans dozimetre olarak kullanılmaktadır. Ayrıca termoelektrik jeneratörlerde stronsiyum-90 radyoizotopunun, taşıyıcı özelliği de bulunmaktadır. Tek

kristal SrF_2 elastik sabitleri, ultrasonik titreşim eko tekniği ile belirli sıcaklıkta 4,2-300K üzerinde belirlenmiştir (Recman 2007).

3.1.1.a. Germanyum malzemesinin özelliği ve uygulamaları

Germanyum, dikkat çekici derecede elektriksel özelliklere sahip gümüş grisi renğinde metalik görünümlü bir elementtir. Yarımetalikdir, yani metal ile ametaller arasında özellikler göstermektedir. Periyodik tabloda dördüncü grupta olup, silisyum ve kalay arasında bulunmaktadır. Germanyum (+2) ve (+4) değerliklerini almakta ve elmasa benzer kristal özellikler göstermektedir. Atom numarası 32 ve atom ağırlığı 72,59'dur. Kütle numaraları 70 ile 76 arasında değişen 5 tane kararlı, 65 ile 78 arasında değişen ve yarılanma süreleri nispeten kısa olan 9 tane radyoaktif izotopu vardır. Erime noktası 937C ve kaynama noktası 2800C'dir. Atmosferik şartlarda gayet karardır. 600-700C'de havada oksitlenir. Halojenlerle şiddetli reaksiyon verir. Yoğunluğu 5,323 g cm⁻³ tür. Nitrik asit ve derişik sülfürik asitte çözünür.

İki tane önemli bileşici vardır: 1) Germanyum tetra klorür (GeCl_4): Germanyumun klor gazı ile yakılmasından elde edilir. Karbon tetraklorüre benzeyen bir sıvıdır. 2) Germanyum (IV) oksit (GeO_2) olup, yüksek sıcaklıkta germanyumun oksitlenmesiyle elde edilir. Germanyumun birçok organik bileşikleri de yapılmıştır.

Germanyum 1945'ten itibaren çok önem kazanmaya başladı. Yarımetal olan germanyum, yarı iletkenidir, yani elektriksel iletkenliği metal ile ametaller arasındadır. Saf germanyum, düşük sıcaklıklarda yalıtkan, oda sıcaklığında zayıf iletken gibi hareket eder. Bu özelliklerinden dolayı elektronik sanayi için önemli elementtir. Germanyum ile üretilen aygıtlar, vakum tüplerinin yerini almıştır. Germanyum ile yapılan transitörlerin yaygın bir kullanım alanı bulunmaktadır. Ayrıca diyot yapısında da kullanılmaktadır. Transistörler ve diyotlar, basit ve uzun ömürlü aletler olup düşük güç kullanırlar ve az ısı yayarlar. Isıtılacak bir flemayı olmadığı için hemen devreye girerler. Germanyum 1960'ların sonuna doğru amacına en uygun ve ucuz olduğu için radyo ve diğer ses iletim cihazlarında, yüksek voltaj ve yüksek güç kapasitesine sâhip olduğundan da

televizyon ve bilgisayarlarda kullanılmaya başlanmıştır (Wei 2010; Dehkordi 2010; Zhishen 2012).

3.2. Hedef Malzemenin Hazırlanması

Bu çalışmada ilk olarak, sıçratma sisteminde kullanılmak üzere hedef malzemeler hazırlandı. Hedef malzemeler; SiO_2 , Al_2O_3 , SrF_2 , Na_2CO_3 , K_2CO_3 ve SrO dur . Bu malzemeler, belirli oranlarda hassas terazi kullanılarak molar yüzdeleri hesaplandı ve herbir malzemenin miktarı elde edildi. Burada malzemelerin yüzde kütlelerini elde etmek için, aşağıdaki formül kullanıldı.

$$\text{Toplam} = 3,7 \times (\text{M}_A = \text{Al}_2\text{O}_3) + 12,3 \times (\text{M}_A = \text{SrO}) + 5,3 \times (\text{M}_A = \text{K}_2\text{CO}_3) + 8,0 \times (\text{M}_A = \text{Na}_2\text{CO}_3) + 10,4 \times (\text{M}_A = \text{SrF}_2) + 60,3 \times (\text{M}_A = \text{SiO}_2)$$

$$\text{Toplam} = 3,7 \times (102) + 12,3 \times (135,6) + 5,3 \times (94) + 8 \times (61,97) + 10,4 \times (125,6) + 60,3 \times (60)$$

$$\text{Toplam} = 7964,339$$

$$C(\text{malzeme}) = \frac{\text{molar kütle}}{\text{Toplam}} \times 100$$

$$\text{Kütle (malzeme)} = \text{miktar} \times C$$

İlk olarak, Na_2CO_3 ve K_2CO_3 malzemeleri 4 saat boyunca 650°C sıcaklıkta tüp fırında kalsinasyon işlemi uygulanmıştır. Böylece bu malzemelerin içindeki karbon, CO_2 veya CO gaz buharlaşarak geriye K_2O (potasyum oksit) ve Na_2O (sodyum oksit) elde edilmiştir. Bu işlem sonrasında hepsi bir porselen harçın içerisine dökülüp uzun süre karıştırılmıştır. Karıştırılan malzeme, iki inçlik bir die-set içerisine dökülüp 10-12 ton basınç altında iyice sıkıştırılarak hedef malzeme haline getirilmiştir. Tablet, çok yavaş bir şekilde die-set içerisinden çıkarılmıştır. Sonrasında 700°C de 5 saat boyunca fırın

içerinde tavlانarak hedef malzemesi haline gelmesi sağlanmıştır. Tablet, iki inç'lik bakır diskin üzerine gümüş pasta ile yapıştırılmıştır.

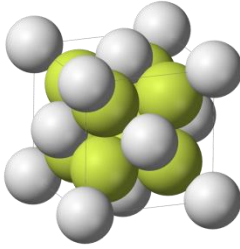


Şekil 3.1. $\text{SrF}_2\text{-Ge}$ hedef malzemesi



Şekil 3.2. İki inç çapında bakır alt plaka

Çizelge 3.1. Stronsiyum floridin özellikleri

Kimyasal formülü	SrF ₂
Molar kütle	125.62 g.mol ⁻¹
Yoğunluk	4,24 g.cm ⁻³
Erime noktası	1,477C (2,691F; 1,750 K)
3D görüntüler	
Kaynama noktası	2,460C (4,460F; 2,730 K)
Moleküler Basitleştirilmiş	[Sr+2].[F-].[F-]
Suda çözünürlük	0.039 g/100 mL
Kırılma indisi (n _D)	1.439 @0.58 µm
Kristal yapısı	Kübik kristal sistemi, <u>cF12</u>
Uzay grubu	Fm3m, #225
Koordinasyon Geometri	Sr, 8, Kübik F, 4, tetrahedral
Diğer anyonlar	Stronsiyum klorit Stronsiyum bromit Stronsiyum iyodür
Diğer katyonlar	Berilyum florit Magnezyum florit Kalsiyum florit Baryum florit

Çizelge 3.2. Silisyum oksitin özellikleri

Kimyasal formülü	SiO ₂
Molar kütle	60.08 g.mol ⁻¹
Görünüm	şeffaf kristaller
Yoğunluk	2,648 (α-kuvartz), 2,196 (amorf) g.cm ⁻³
Erime noktası	1,713C (3,115F; 1,986 K) (amorf) to
Kaynama noktası	2,950C (5,340 F; 3,220 K)
Termal iletkenliği	12 (c-axis), 6,8 (⊥ c-axis), 1,4 (am.) W/(mK)
Kırılma indisi (n _D)	1,544 (o), 1,553 (e)

Çizelge 3.3. Alüminyum oksitin özellikleri

Kimyasal formülü	Al_2O_3
Molar kütle	$101,96 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
Görünüm	Beyaz katı
Yoğunluk	$3,95\text{--}4,1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
Erime noktası	$2,072\text{C}$ ($3,762\text{F}$; $2,345 \text{ K}$)
Kaynama noktası	$2,977\text{C}$ ($5,391\text{F}$; $3,250 \text{ K}$)
Suda çözünürlüğü	çözünmez
Kırılma indisi (n_D)	$n_o=1,768\text{--}1,772$ $n_e=1,760\text{--}1,763$

Çizelge 3.4. Sodyum karbonatın özellikleri

Kimyasal formülü	Na_2CO_3
Molar kütle	$105,9888 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ (susuz) $286,1416 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ (Dekahidrat)
Görünüm	Beyaz katı
Yoğunluk	$2.54 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (25C, susuz) $1.92 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (856C) $2.25 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (Monohidrat) $1.51 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ $1.46 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
Erime noktası	851C ($1,564\text{F}$; $1,124 \text{ K}$) ayrışır (susuz) 100C (212F ; 373 K) ayrışır (Monohidrat) 33.5C (92.3F ; 306.6 K) ayrışır 34C (93F ; 307 K)
Kaynama noktası	$2,977^\circ\text{C}$ ($5,391^\circ\text{F}$; $3,250 \text{ K}$)
Suda çözünürlüğü	Dekahidrat: $7 \text{ g}/100 \text{ mL}$ (0C) $16.4 \text{ g}/100 \text{ mL}$ (15C) $34.07 \text{ g}/100 \text{ mL}$ (27.8C) Heptahydrate: $48.69 \text{ g}/100 \text{ mL}$ (34.8C) Monohydrate: $50.31 \text{ g}/100 \text{ mL}$ (29.9C) $48.1 \text{ g}/100 \text{ mL}$ (41.9C) $45.62 \text{ g}/100 \text{ mL}$ (60C) $43.6 \text{ g}/100 \text{ mL}$ (100C)
Çözünürlüğü	Alkalide çözünür Alkolde az çözünür Bunlarda çözünmez: CS_2 , aseton, alkyl asetat, alkol, Benzonitril, sıvı amonyak

Çizelge 3.5. Potasyum karbonatın özellikleri

Kimyasal formülü	K_2CO_3
Molar kütle	$138.205 \text{ g mol}^{-1}$
Görünüm	higroskopik beyaz bir katı
Yoğunluk	$2.43 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$
Erime noktası	891C (1,636 F; 1,164 K)
Kaynama noktası	ayrışır
Suda çözünürlüğü	112 g/100 mL (20C) 156 g/100 mL (100C)
Çözünürlüğü	alkol içinde çözünmeyen, aseton

Çizelge 3.6. Stronsiyum oksitin özellikleri

Kimyasal formülü	SrO
Molar kütle	$103,619 \text{ g mol}^{-1}$
Görünüm	Renksiz kübik kristal
Yoğunluk	$4,70 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$
Erime noktası	2,531C (4,588F; 2,804 K)
Kaynama noktası	3,200C (5,790F; 3,470 K) (Ayrışır)
Suda çözünürlüğü	$Sr(OH)_2$ tepki veren formu
Çözünürlüğü	Potasyum hidroksit ile karışabilirslightly alkol da çözünür Aseton da çözünmez

3.3. RF Sıçratma Yöntemi ile İnce Filmin Elde Edilmesi

Bu çalışmada RF sıçratma cihazı ile cam altlıklar üzerine hedef malzemesi olarak elde ettiğimiz $\text{SrF}_2\text{-Ge}$ ile ince filmler sentezlenmiştir. RF sıçratma metodunda fiziksel buhar deposizyonu plazma özelliğinden kullanılır.

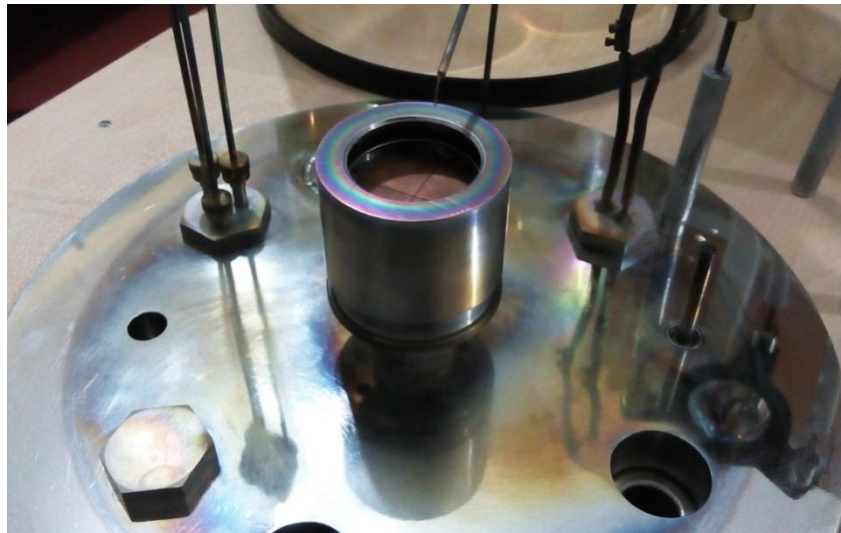
Deneyler, Şekil 3.3’de gösterilen el yapımı bir RF sıçratma sisteminde gerçekleştirilmektedir. Sistemdeki ön vakum değeri $\sim 2 \times 10^{-6}$ Torr’a kadar düşmektedir. Altlık malzemelerin taban sıcaklığı $\sim 500^\circ\text{C}$ değerine kadar çıkabilen halojen bir lamba ile sağlanırken, sıcaklık kontrolü termoçift ve PID sıcaklık kontrol ünitesi yardımıyla yapılmaktadır. Sistemde, plazma ortamı (%99,9999) argon gazı ile oluşturulmaktadır. Ayrıca, ortama ilaveten bir miktar (%99,9995) oksijen gazı verilmektedir. Katotta (-) yer alan hedef malzemeleri ile anotta (+) bulunan altlık malzemeleri arasındaki mesafe sabit olup ~ 5 cm’dir. Bu kutuplara RF güç kaynağı ile voltaj uygulanarak iyonlaştırılan Ar^+ atomları hedef malzemeyi bombardıman etmektedir. Bu süreçte sökülen atomlar, altlık malzemelerinin yüzeylerini kaplamaktadır. RF magnetron ve güç kaynağı, su döngüsü yardımıyla soğutulmaktadır. Sistemde, kütle akış kontrolörü olmadığından gaz akışı mikro vana ile kontrol edilmektedir. Bu şekilde ortama verilen gaz miktarı aracılığıyla sistemin çalışma basıncı belirlenmektedir.

Cam alttaş malzemeleri elmas kalem kullanarak 1×1 cm boyutlarında kesilerek ultrasonik banyoda temizlenmiş ve 100°C ’de etüvde kurutulmuştur.



Şekil 3.3. RF sıştırma sistemi

Kaplama işlemine başlamadan önce cihazın bütün parçaları metanol ve aseton ile temizlenmiştir. Hedef malzemesi ile alttaş mesafesi 5 cm olarak belirlenmiştir.

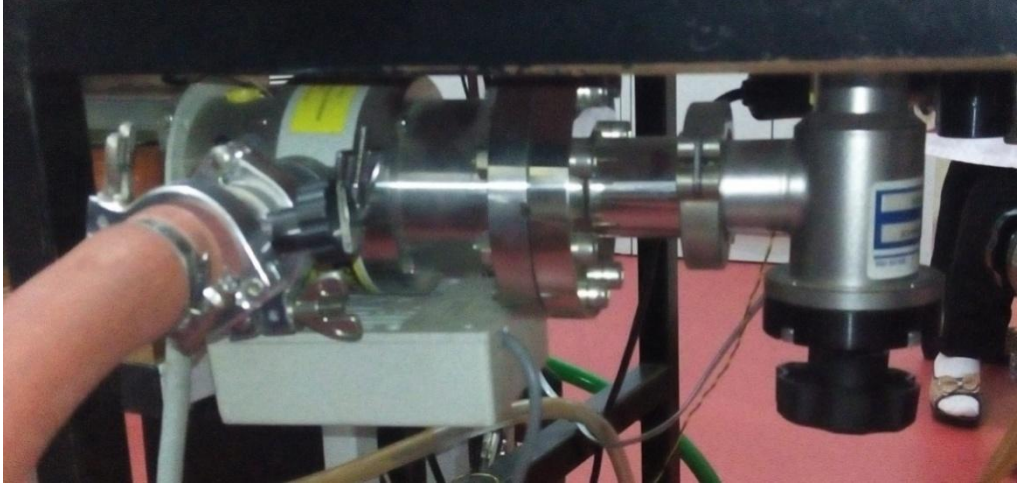


Şekil 3.4. Hedef malzemesinin yerleştirildiği gun

Sistemin vakum değeri mekanik pompa ile bir saat çalıştıktan sonra 3×10^{-2} torr'a düşmekte ve sonra turbo pompa çalıştırılarak iç basıncı yaklaşık $4,2 \times 10^{-6}$ torr'a kadar düşebilmektedir. Alttaş sıcaklığı halojen lamba kullanılarak istenilen sıcaklık değerine (400C) ayarlanmıştır. Bu çalışmada alttaş sıcaklığı, kaplama süresi gibi parametreler değiştirilerek yapıların oluşumu bakılmıştır. Halojen lamba çalıştığı zaman, gaz ve havanın genleşmesinden dolayı basınç biraz yükselmekte ve tekrar geri düşmektedir.



Şekil 3.5. Mekanik pompanın gösterimi



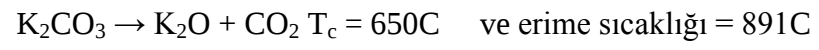
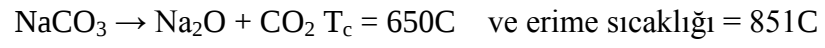
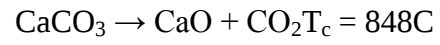
Şekil 3.6. Turbo pompanın gösterimi

İç basınç düştükten bir süre sonra argon gazı sisteme verilerek basıncın $6,5 \times 10^{-2}$ torr'a yükselmiştir. Daha sonra bir miktar oksijen gazı verilip iç basıncın $2,3 \times 10^{-2}$ torr'a yükseldiği gözlemlenmiştir. Bu aşamada sisteme 80 W'lık güç uygulanarak plazmanın oluşumu sağlanmış ve kaplama işlemi başlatılmıştır. Bu çalışmada 6, 8, 10, 12, 14 ve 16 saat süre ile kaplamalar yapılmış ve numunelerin analizleri elde edilmiştir.

3.4. Tavlama Yöntemi

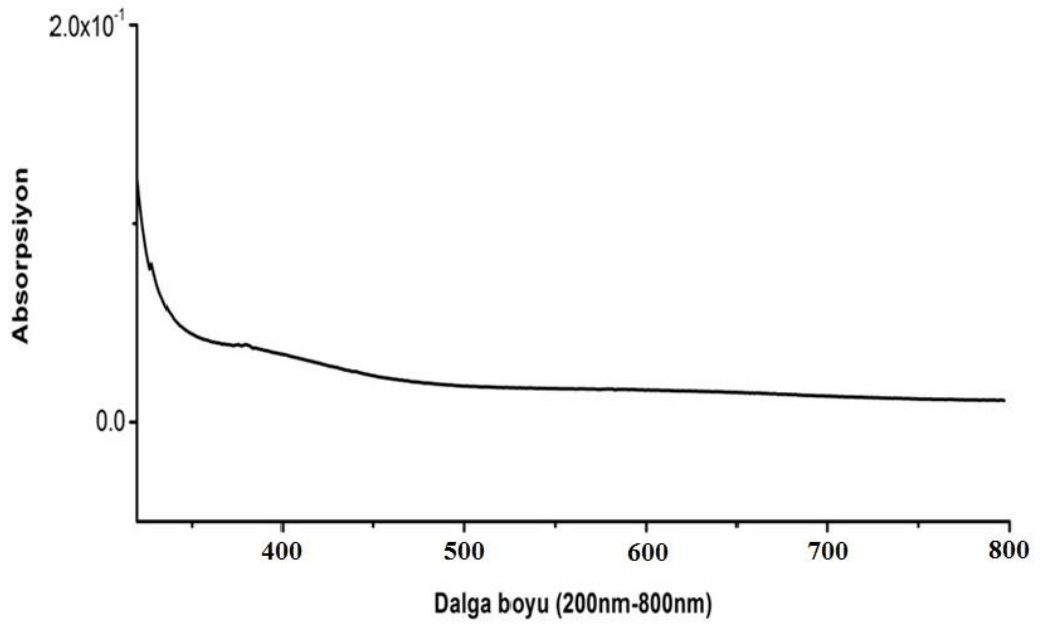
Tavlama, malzeme ve kimya biliminde kullanılan bir yöntemdir. Bu işlem sayesinde kurutma, ara bileşiklerin oluşumu, termal bozunma, katı halde reaksiyon ve difüzyon gibi kimyasal süreçler meydana gelmektedir. Örneğin, bir metalik malzeme hava ortamında ısıtıldığı zaman bu metalin oksit bileşenleri oluşabilmektedir. Tavlama, malzemenin erime sıcaklığının altında yapılan bir işlemdir.

Katı-gaz karışımı reaksiyonu, fırının havası ve katı arasında gerçekleşmektedir. Ancak tavlama reaksiyonu, hava veya oksijenin bulunmadığı bir ortamda meydana gelmektedir. CaCO_3 , Na_2CO_3 ve K_2CO_3 malzemelerinin tavlama işlemi esnasında meydana gelen reaksiyonlar verilmektedir.

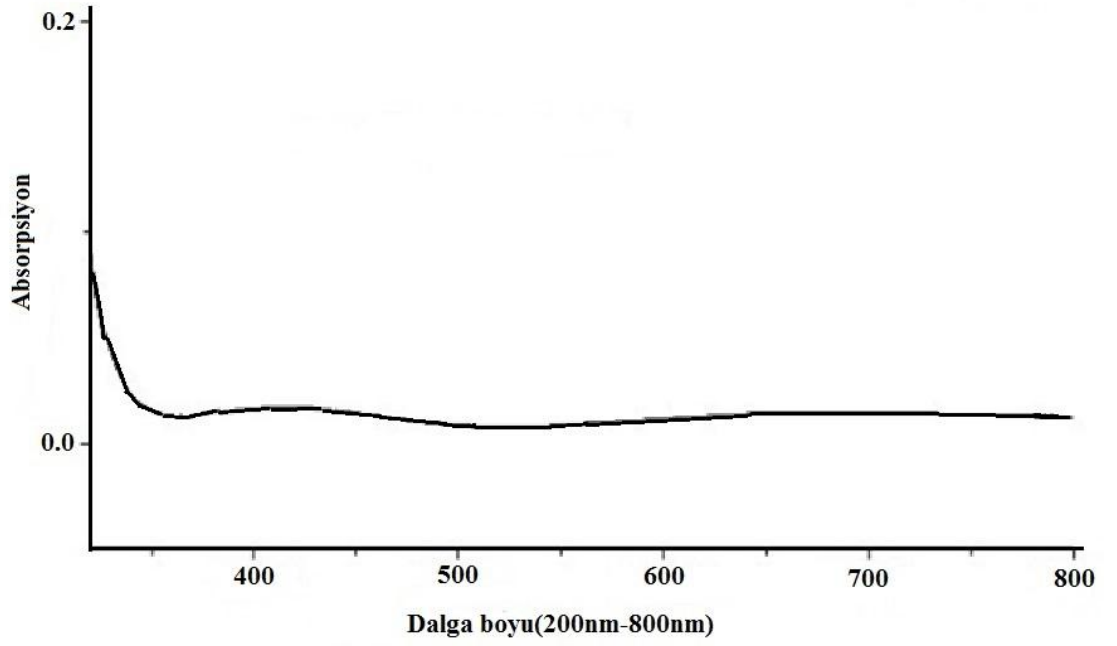


4. ARAŞTIRMA BULGULARI

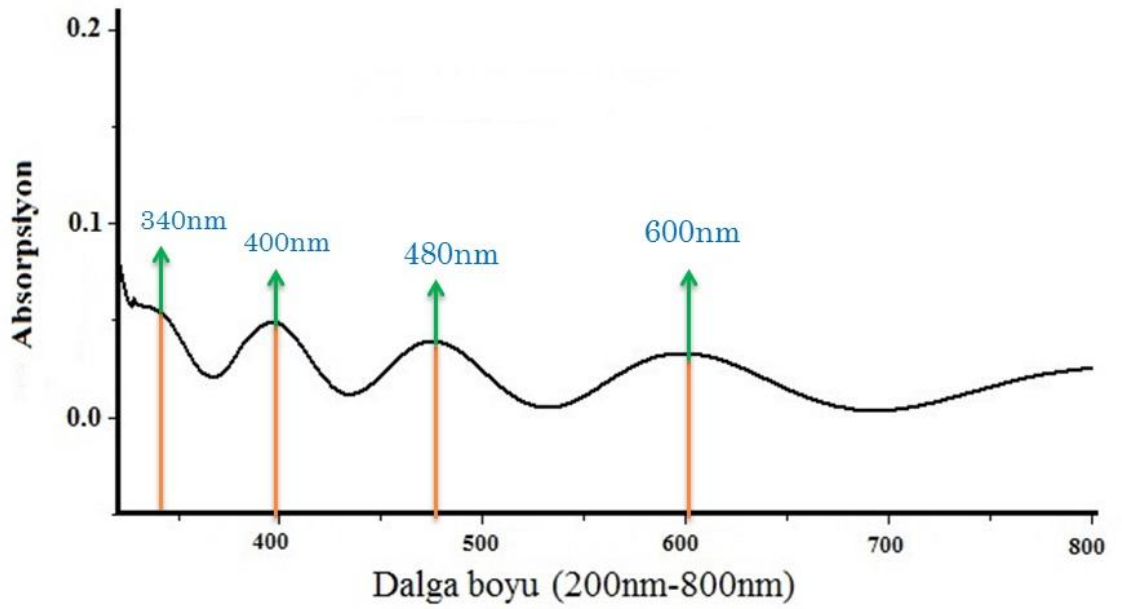
Bu çalışmada, ilk olarak SrF₂ hedef malzemesi kullanılarak 6, 8, 10, 12, 14 ve 16 saat lik süreler ile cam alttaş üzerine kaplamalar yapıldı. Genelde analizler birbirine benzediği için Bu numunelerden 3 tanesinin (6, 10 ve 16 saat) soğurma analizlerinin sonuçları sırasıyla verilmiştir.



Şekil 4.1. SrF₂ hedef numunesi ile 6 saatlik kaplamanın absorpsiyon analizi



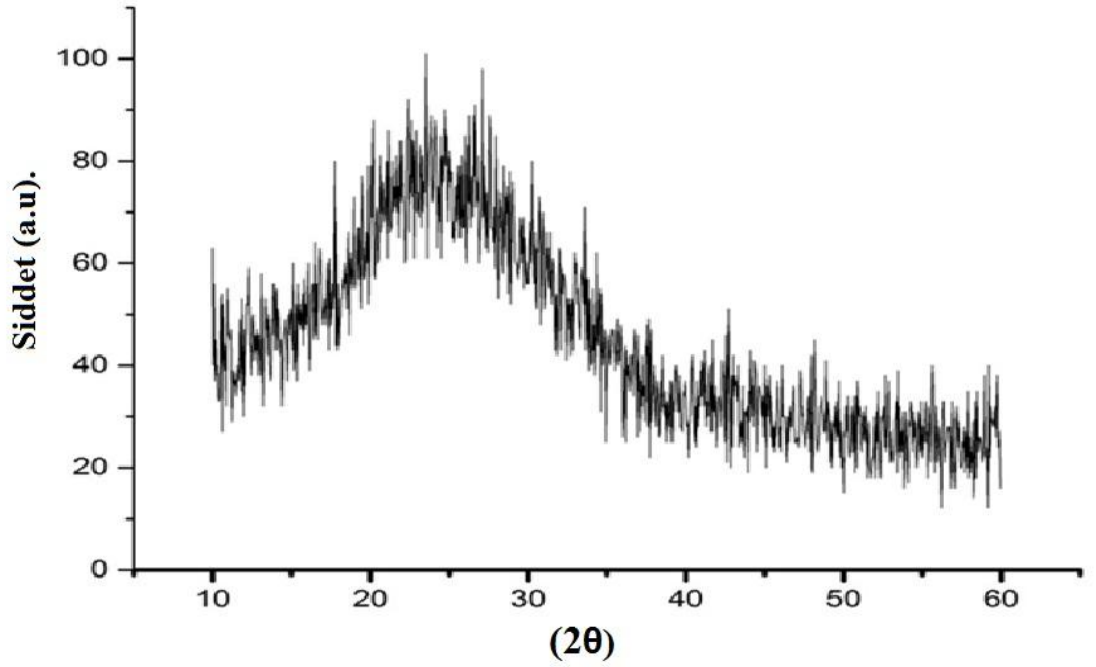
Şekil 4.2. SrF₂ hedef numunesi ile 10 saatlik kaplamanın absorpsiyon analizi



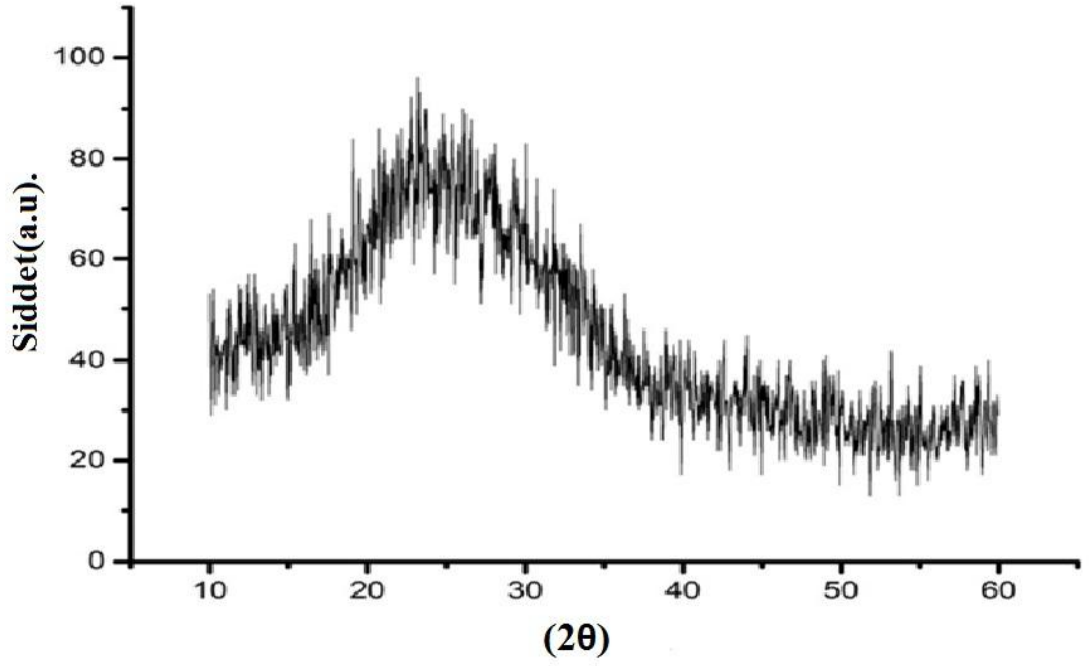
Şekil 4.3. SrF₂ hedef numunesi ile 16 saatlik kaplamanın absorpsiyon analizi

Işık saçılması kaplama süresi arttıkça artmaktadır. Örneğin, Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de hiç bir pik görünmemekte yani absorpsiyon olmamaktadır. Ancak Şekil 4.3’de 340 nm, 400 nm, 480 nm ve 600 nm dalgaboyularında absorpsiyon meydana gelmektedir.

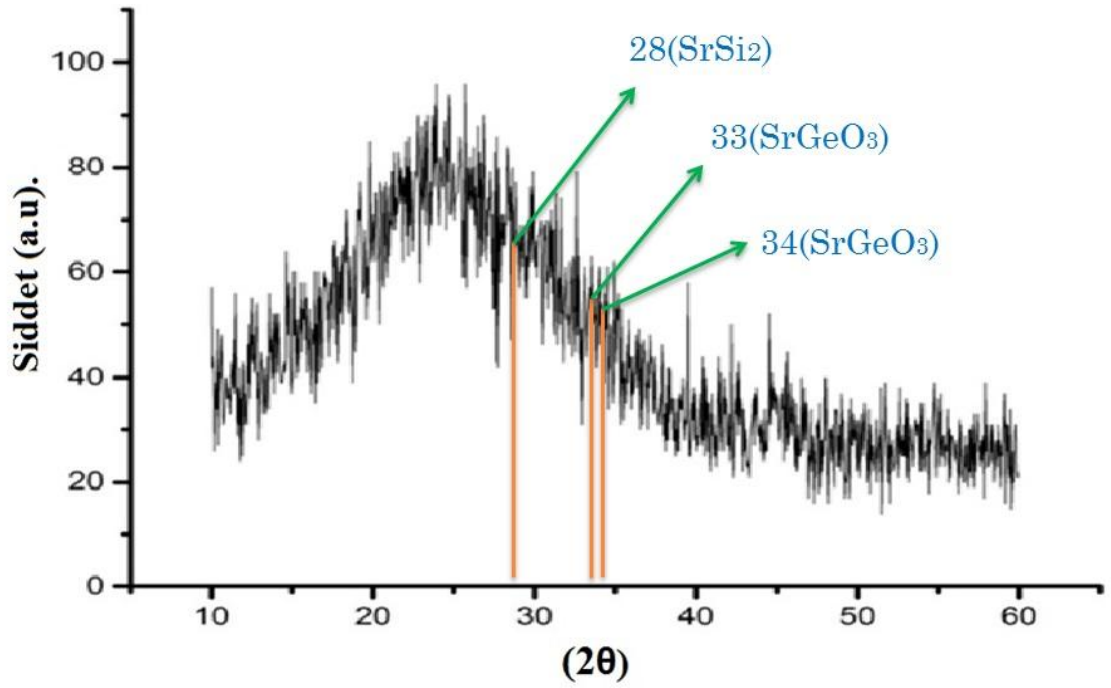
6, 10 ve 16 saatlik numunelerin XRD sonuçları sırasıyla Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6 da verilmektedir. 6 ve 10 saatlik numunelerde kristal yapı oluşmamıştır. 16 saatlik numunede bazı pikler görünmektedir.



Şekil 4.4. SrF_2 hedef numunesi ile 6 saatlik kaplamanın XRD analizi



Şekil 4.5. SrF₂ hedef numunesi ile 10 saatlik kaplamanın XRD analizi



Şekil 4.6. SrF₂ hedef numunesi ile 16 saatlik kaplamanın XRD analizi

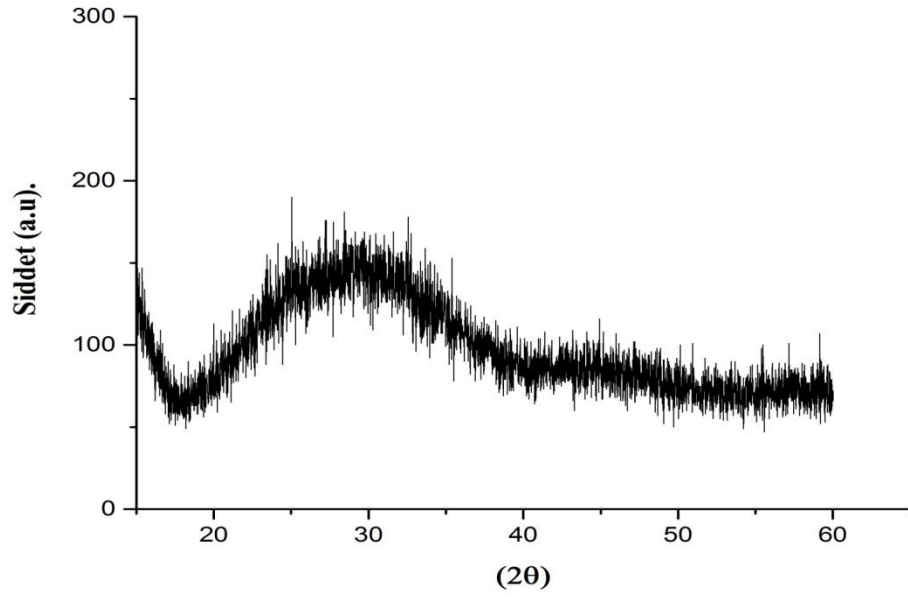
Şekil 4.4 ve 4.5’de hiç bir pik görünmezken Şekil 4.6’da 28, 33 ve 34 derecelerde yavaş yavaş pikler oluşmaktadır. Bu yüzden kaplamalarımızı 16 saatlik süreler ile oluşturmağa karar verdik.

Bu sonuçları elde ettikten sonra, iyi bir kristal yapıya elde etmek için hedef malzeme üretiminde germanyum demir tozunun %3, %5 ve %10 (molar yüzde) oranında artırıldı.

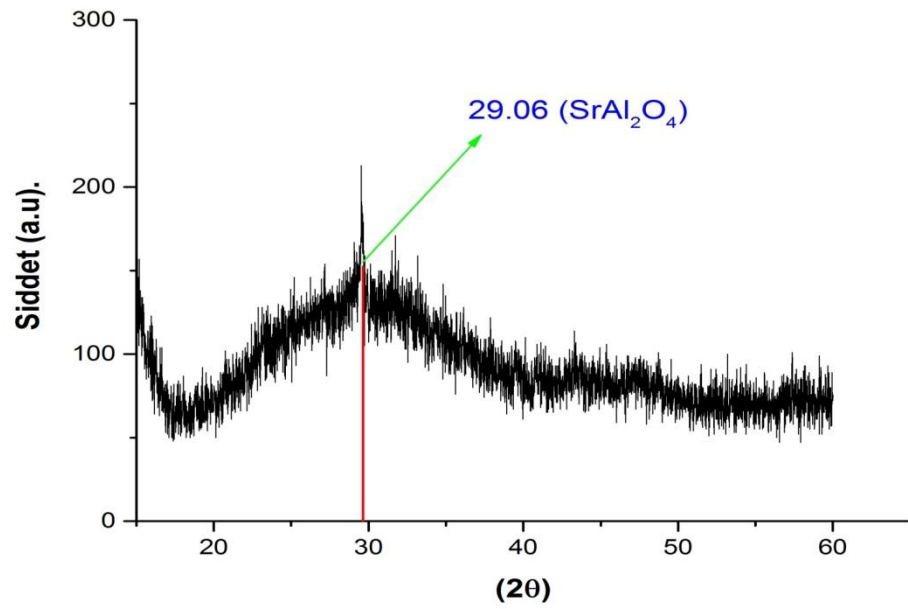


Şekil 4.7. %3, %5 ve %10 oranında germanyum ilave edilen $\text{SrF}_2\text{-Ge}$ hedefleri

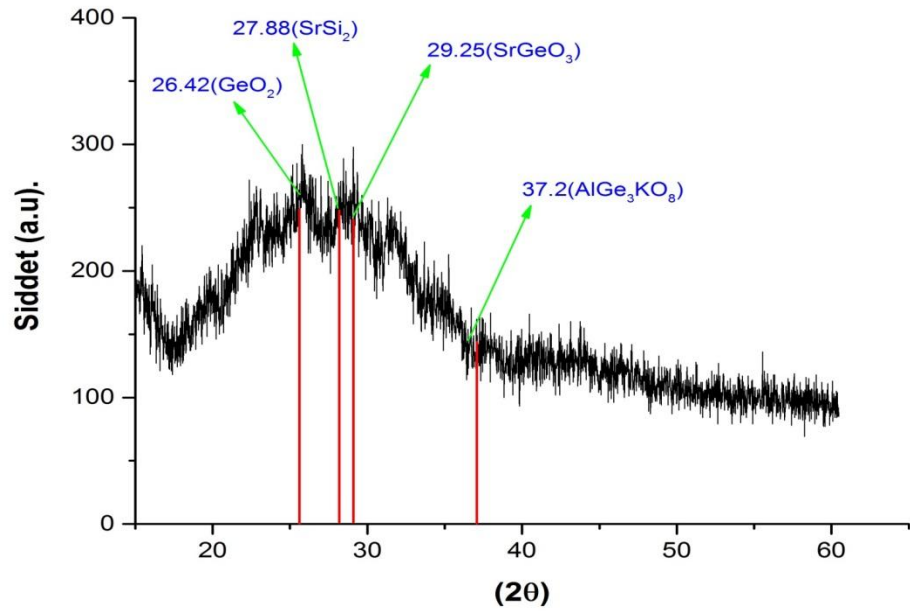
$\text{SrF}_2\text{-Ge}$ hedef malzemesi kuvarz alttaşın üzerine 16 saat ve 400°C ’de kaplama işlemi yapıldı. Numunelerin XRD analizlerinde, %3 germanium içeren hedef numunesinde hiç bir pik görünmemekte yani kristal yapısı amorfudur (Şekil 4.8). İlk düzenli kristalleşme yapısı, %5 germanium içeren hedef numunesinde 29° derecede bir pik görünmektedir (Şekil 4.9). %10 hedef numunesinde ise pikler 26° , 27° , 29° ve 37° derecelerde stronsiyum ve germaniuma ait pikler meydana gelmiştir (Şekil 4.10).



Şekil 4.8. %3 SrF₂-Ge hedef malzemesi ile yapılan kaplamanın XRD analizi



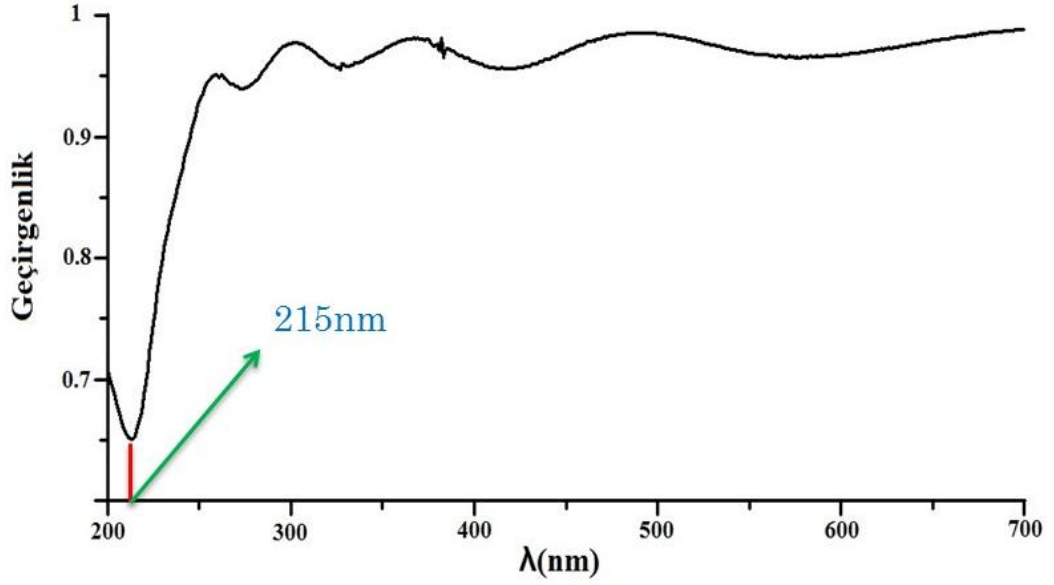
Şekil 4.9. %5 SrF₂-Ge hedef malzemesi ile yapılan kaplamanın XRD analizi



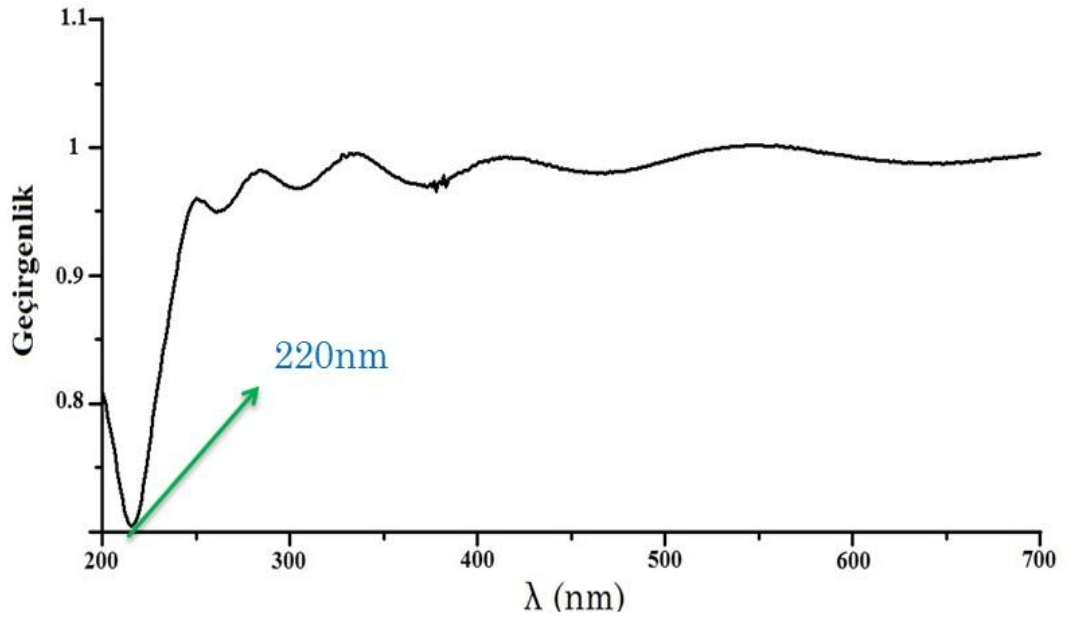
Şekil 4.10. %10 SrF_2 -Ge hedef malzemesi ile yapılan kaplamanın XRD analizi

Bu numunelerden bu defa geçirgenlik analizleri alındı ve sonuçları sırayla verilmiştir. Ölçüm sonucunda %3 numunede 215 nm civarında bir düşme meydana gelmekte ki %65 geçirgenlik gösteriyor bu yani gelen ışığın %35 absorbe oluyor ama sonra yükselip ve dalga durumunda devam etmektedir. 5% numune de 220 nm de gelen ışığın 70% geçiyor ve %30 absorbe oluyor. %10 numunede 225nm gelen ışığın %50 geçiyor ve 50% absorbe oluyor.

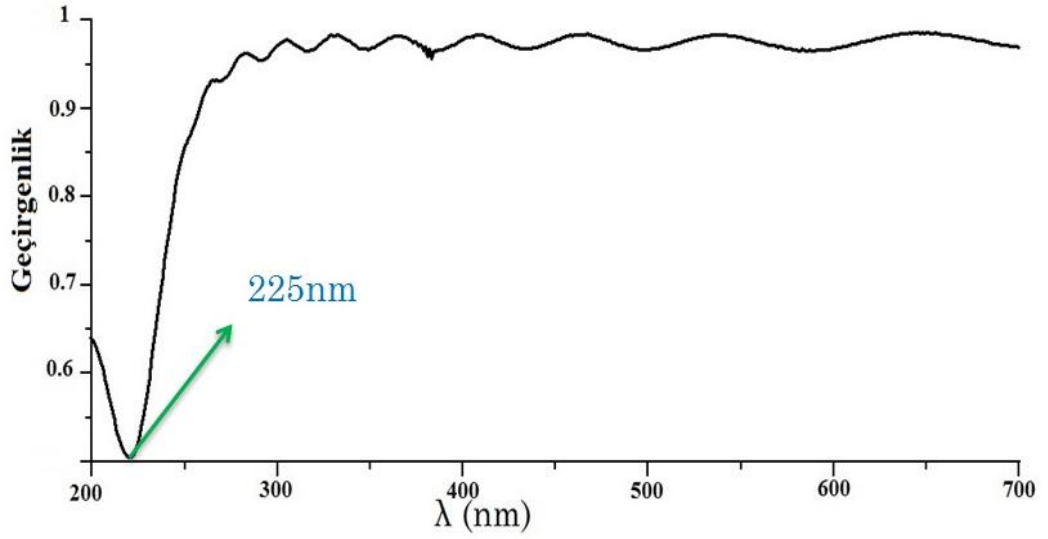
Gördümüz gibi hedef malzeme içerisindeki germanyum yüzdesi çoğaldıkça gelen dalgaların miktarı 215nm den 225nm ye doğru kayıyor ve absorpsiyon miktarı %10 numunede artmaktadır. (Şekil 4.11, Şekil 4,12 ve Şekil 4,13).



Şekil 4.11. %3 SrF₂-Ge hedef malzemesi ile yapılan kaplamanın absorpsiyon analizi



Şekil 4.12. %5 SrF₂-Ge hedef malzemesi ile yapılan kaplamanın absorpsiyon analizi



Şekil 4.13. %10 SrF₂-Ge hedef malzemesi ile yapılan kaplamanın absorpsiyon analizi

Geçirgenlik analizlerinden kullanarak ince filmlerin kalınlığı böylece hesaplandı:

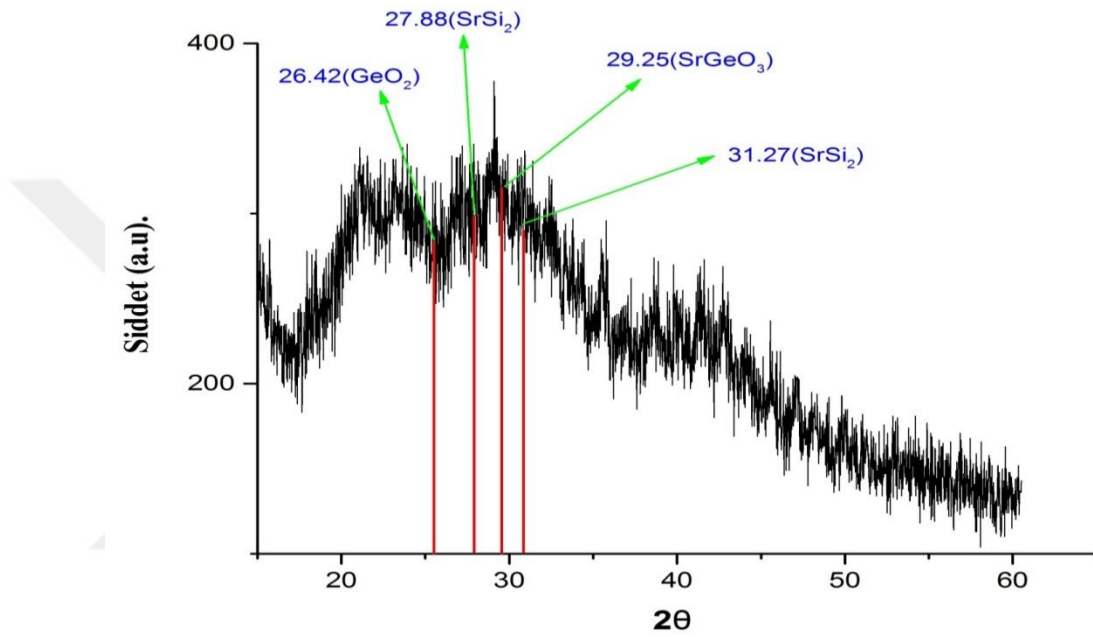
$$N = 2n_s \frac{T_M - T_m}{T_M \cdot T_m} + \frac{ns^2 + 1}{2}$$

$$n = (N + (N^2 - n_s^2)^{1/2})^{1/2}$$

$$t = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2(\lambda_1 n_2 - \lambda_2 n_1)}$$

bu formullardan kullanarak t buluruz ki kaplanan ince filmin kalınlığıdır. Burada λ_1 ve λ_2 birinci ve ikinci komşu piklerin dalgalı boyulardır ve T_M ve T_m de bu dalgaların geçirgenlikleridir. n_s alttaşın kırılma indeksidir ki burada alttaş kuvarz olduğu için bu miktar 1.54 dir. İlk formullardan kullanarak ince filmin kırılma indeksi yani n hesaplandı ve daha sonra ince filmin kalınlığı son formuldan kullanarak elde edildi. Burada her üç numunenin kalınlığı 500 ± 50 nm civarında elde edildi.

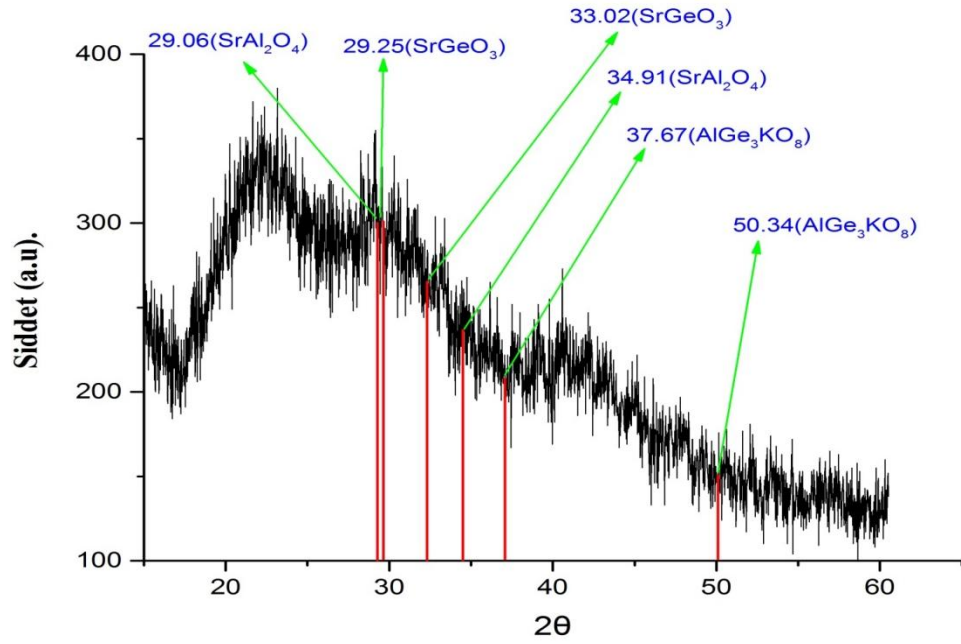
Tez çalışmasının bu kısmında, daha iyi ve net kristal yapı elde etmek için, faz ayrımı yöntemi kullanıldı. Numuneler, 570°C dereceden 610°C dereceye kadar 3 saat boyunca tavlandı. Elde edilen numunelerin XRD desenleri daha iyi sonuçlar verdi. Bu sırada şu analizlerin kaç tanesinin diagramları ve sonuçları aşağıda gösteriliyor: (Şekil 4.14, 4.15 ve 4.16).



Şekil 4.14 %3 SrF₂-Ge hedef malzemesi ile yapılan kaplamanın 580°C tavlama sonucu XRD analizi

Çizelge 4.1. %3 SrF₂-Ge hedef malzemesi ile yapılan kaplamanın 580°C tavlama sonucu alınan XRD analizi

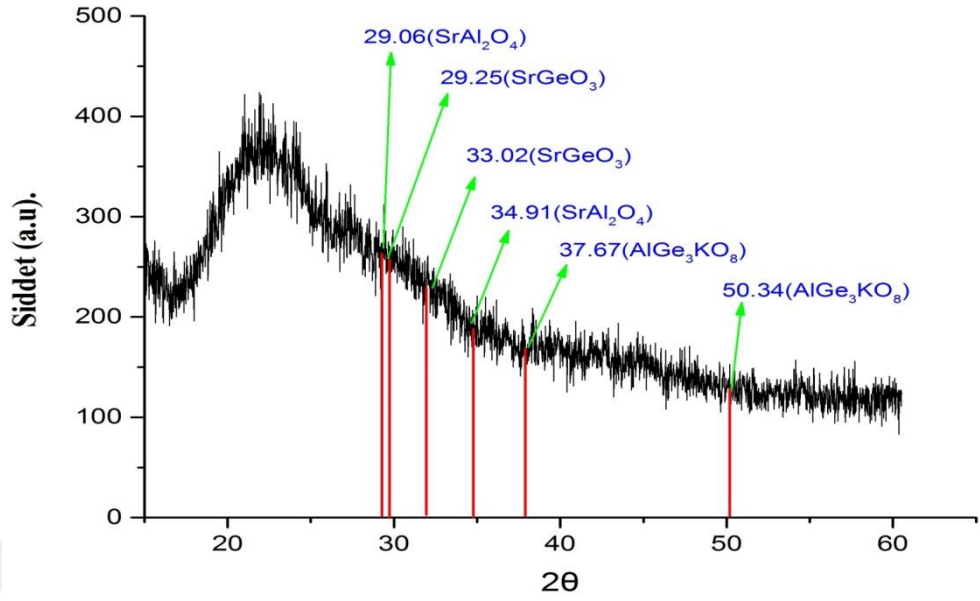
Malzeme	2θ	hkl	d (Å)	FWHM(eV)	Yoğunluk	Kristal yapı
GeO ₂	26,42	101	3,37	0,49	100,0	Hekzagonal
SrGeO ₃	29,25	013	3,05	0,39	100,0	Anorthic
SrSi ₂	31,27	112	2,85	0,24	100,0	Tetragonal
	27,88	103	3,19	0,22	41,7	



Şekil 4.15. %5 SrF₂-Ge hedef malzemesi ile yapılan kaplamanın 610°C tavllanması sonucu XRD analizi

Çizelge 4.2. %5 SrF₂-Ge hedef malzemesi ile yapılan kaplamanın 610°C tavllanması sonucu alınan XRD analizi

Malzeme	2θ	hkl	d (Å)	FWHM(eV)	Yoğunluk	Kristal yapısı
SrAl ₂ O ₄	29,06	102	3,07	0,37	100,0	Hekzagonal
	34,91	110	2,56	0,09	50,0	
SrGeO ₃	29,25	013	3,05	0,15	100,0	Anorthic
	33,02	301	2,71	0,04	16,0	
AlGe ₃ KO ₈	29,06	310	3,07	0,37	100,0	Tetragonal
	37,67	211	2,38	0,09	70,0	
	50,34	411	1,81	0,09	50,0	



Şekil 4.16. %10 $\text{SrF}_2\text{-Ge}$ hedef malzemesi ile yapılan kaplamanın 600°C tavllanması sonucu XRD analizi

Çizelge 4.3. %10 $\text{SrF}_2\text{-Ge}$ hedef malzemesi ile yapılan kaplamanın 600°C tavllanması sonucu alınan XRD analizi

Malzeme	2θ	hkl	d (Å)	FWHM (eV)	Yoğunluk	Kristal yapı
SrAl_2O_4	29,06	102	3,07	0,37	100,0	Hekzagonal
	34,91	110	2,56	0,09	50,0	
SrGeO_3	29,25	013	3,05	0,15	100,0	Anorthic
	33,02	301	2,71	0,04	16,0	
AlGe_3KO_8	29,06	310	3,07	0,37	100,0	Tetragonal
	37,67	211	2,38	0,09	70,0	
	50,34	411	1,81	0,09	50,0	

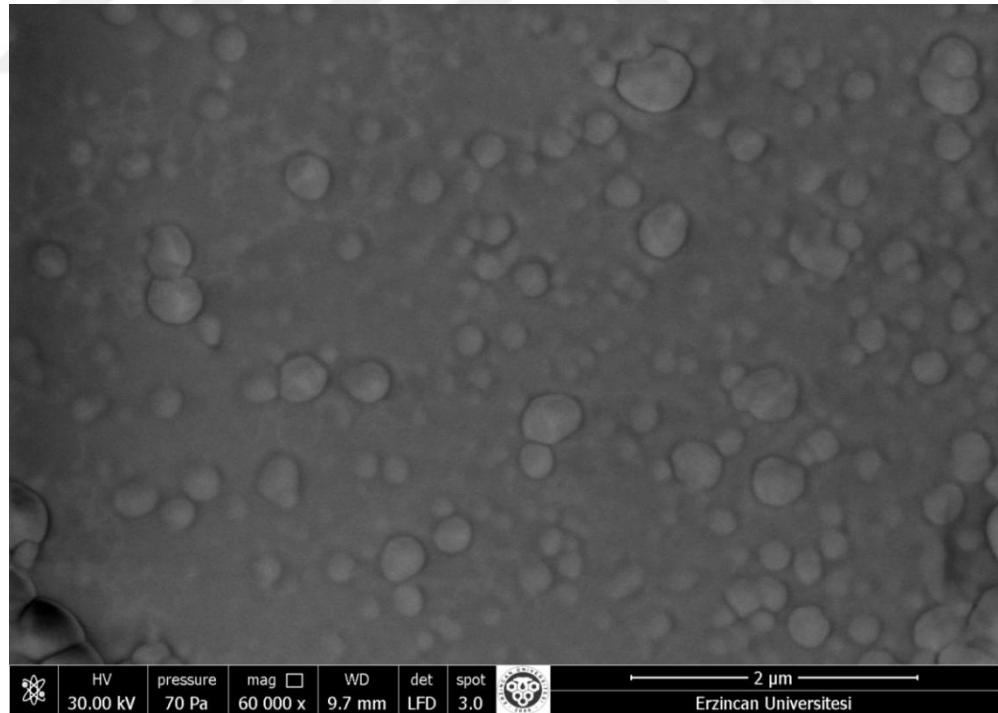
Öyleki çizelgelerden görünür, %5 numunenin sonuçları tavlandıktan sonra %10'de yapılan numuneyle aynıdır bu yani bu iki tür numuneler aynı malzeme ve aynı kristallere sahipler. Temel bir parametre analizi ile bütün XRD deseni için bir işlev uyacak şekilde mümkündür. Burada, defraktogramın her ölçüm noktası analitik fonksiyonu ile tarif edilir. defraksiyon profili $Y(2\theta)$ temel parametreler ile W emisyon profilinin kıvrım ile ifade edilir F_i : $Y(2\theta) = W \times F_1(2\theta) \times F_2(2\theta) \times \dots \times F_n(2\theta)$. Bireysel temel parametreler analitik fonksiyonlardır ve cihaz enstrüman parametreleri temsil ediyor, mesela diyafram geometrisi için, bu tür numune parametreleri lazımdır, mesela: tane boyutu, absorpsiyon katsayısı ya da latis deformasyonu.



3 saat boyunca 570 ve 610°C’de tavllanmış numunelerin daha fazla karakterizasyon ve topografisi için, SEM analizinden kullandık ki bu analiz, tanecik-benzeri yapı ortaya çıkarıyor. görüntüler açık kaynak yazılım ImageJ20 ile elde edildi ve ölçülen alanı tanecik boyutuna hesaplamak için kullanılmıştır, $d_i = \sqrt{(4/\pi)A_i}$ ve ortalama tanecik boyutu: $\bar{d} = \sum p(d_i) \cdot d_i$, ortalama sapma ile $\sigma = \sqrt{\sum P(d_i) \cdot (\bar{d} - d_i)^2}$.

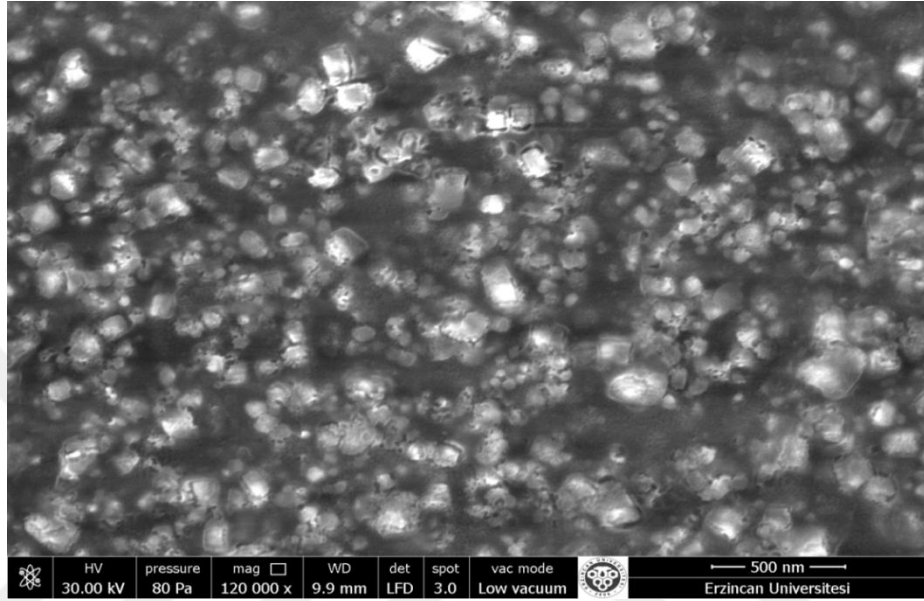
Sem analizlerinin ek olarak EDAX analizleri de alınmıştır ki bu analizler numunelerin X ışınına maruz kaldığı zaman hangi elementler ortaya çıktığını da iyice elde ediyor. Burada kaç tanesi örnek olarak gösteriliyor.

590°C %3 tavllanmış numunenin mikrograftaki, bazı parçacıklar analiz edildi ve ortalama boyutu (90±10) nm belirlendi. Bu numuneler 3h boyunca tavllandı ve biraz daha büyük yapılar gösterdi (Şekil 4.17).

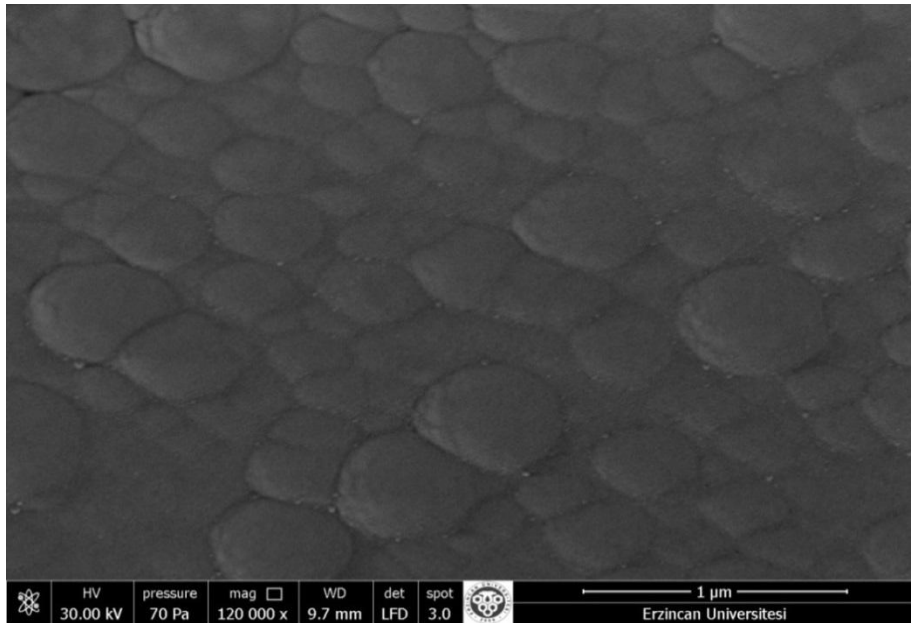


Şekil 4.17. %3 SrF₂-Ge hedef malzemesinin 590°C tavllanması sonucu numunenin SEM görüntüsü.

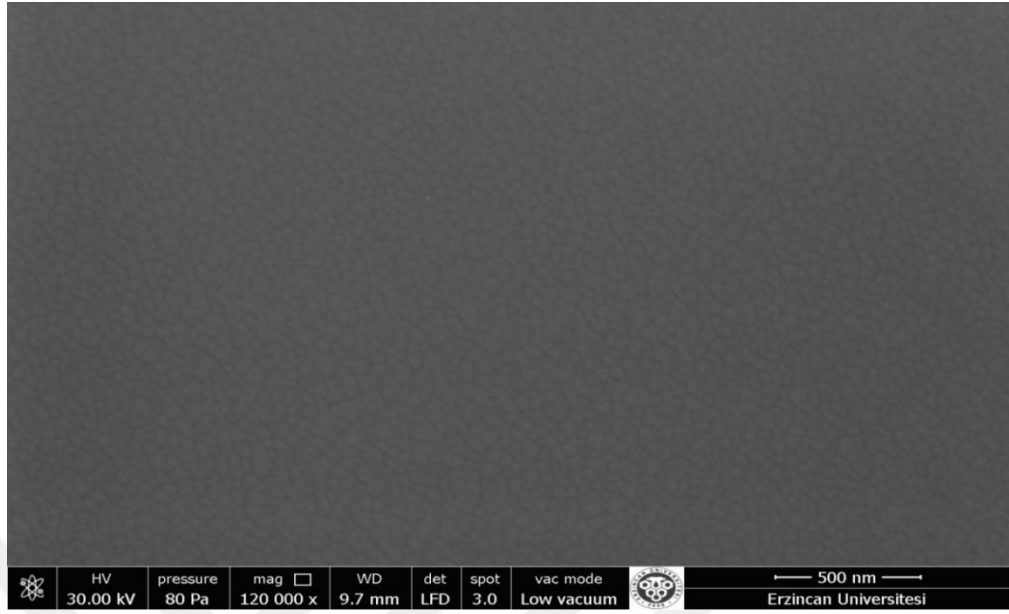
580°C ve %5 aşındırma olmamış numunelerin SEM mikrografı ortalama boyutu (50±10) nm tahmin edilmiştir (Şekil 4.18). Benzer şekilde 580°C ve %10 tavlanan Numunelerde, ortalama boyut (100±15) nm dir (Şekil 4.19).



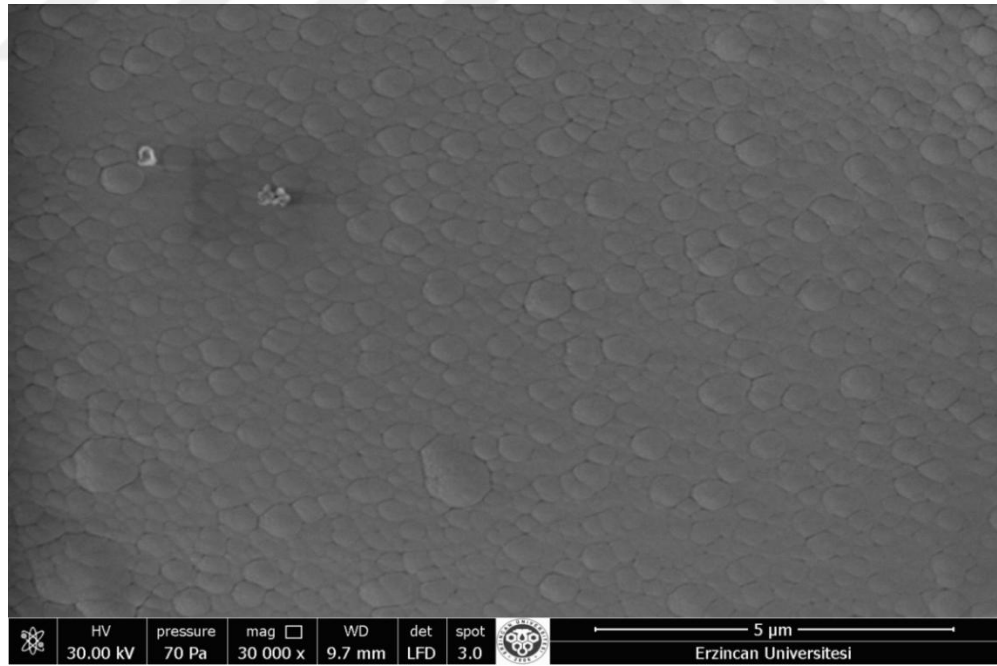
Şekil 4.18. %5 SrF₂-Ge hedef malzemesinin 580°C tavllanması sonucu numunenin SEM görüntüsü.



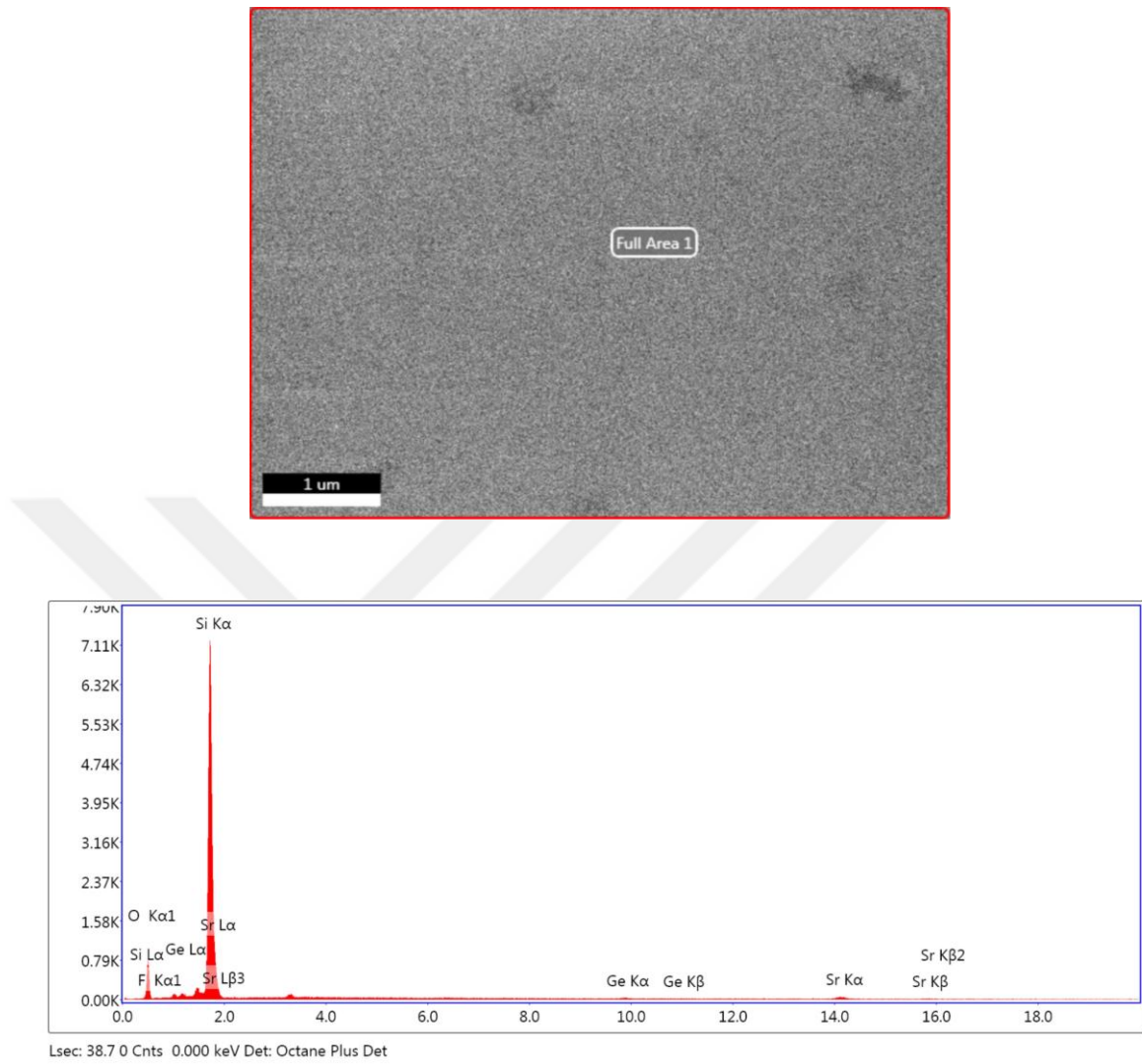
Şekil 4.19. %10 SrF₂-Ge hedef malzemesinin 580°C tavllanması sonucu numunenin SEM görüntüsü.



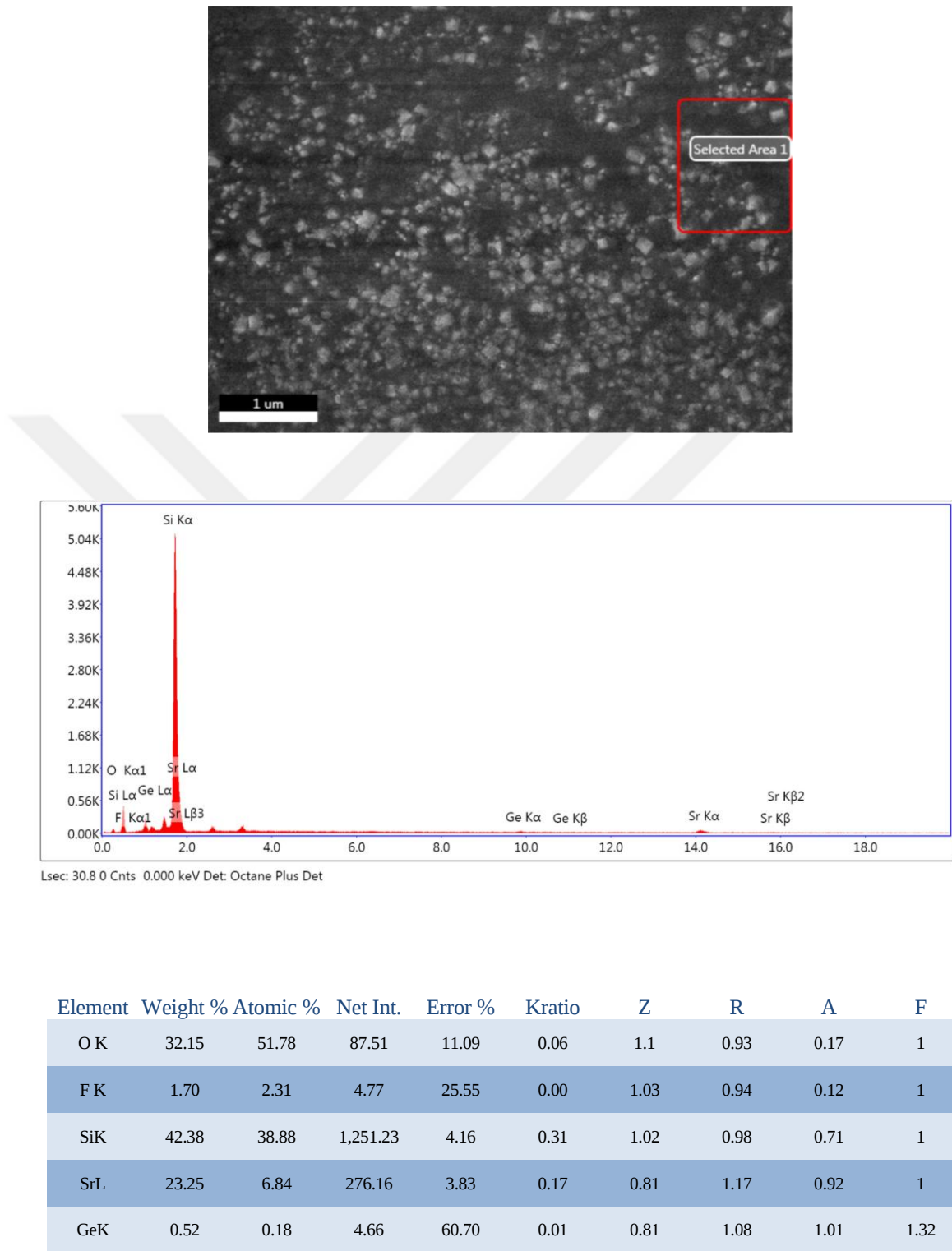
Şekil 4.20. %3 SrF₂-Ge hedef malzemesinin 600°C tavlama sonucu numunenin SEM görüntüsü



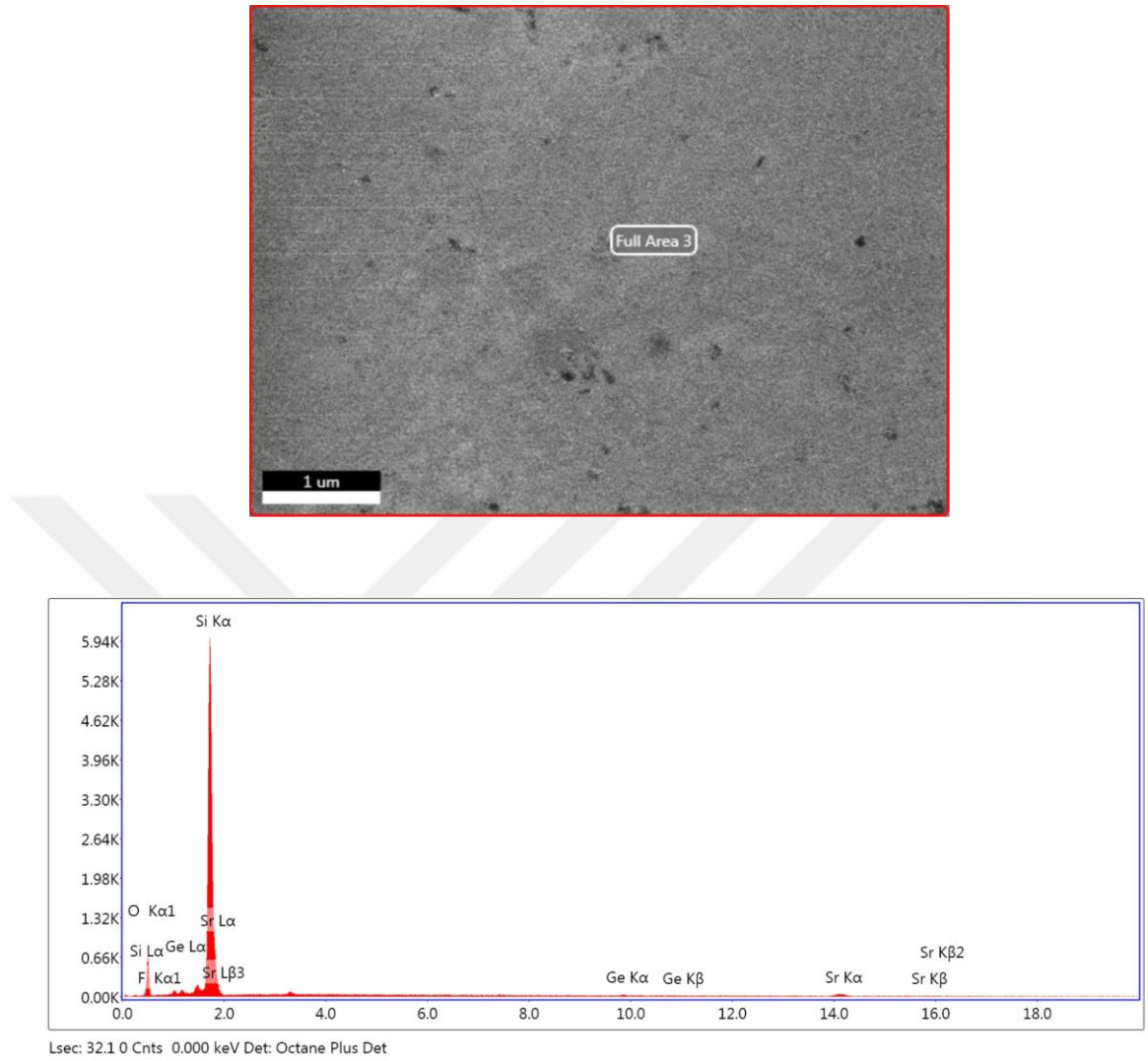
Şekil 4.21. %5 SrF₂-Ge hedef malzemesinin 600°C tavlama sonucu numunenin SEM görüntüsü



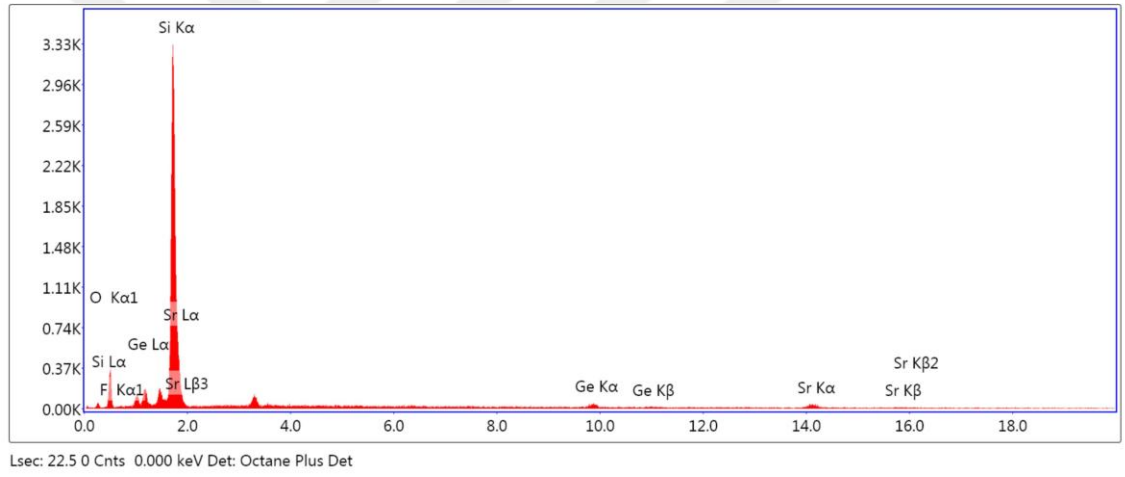
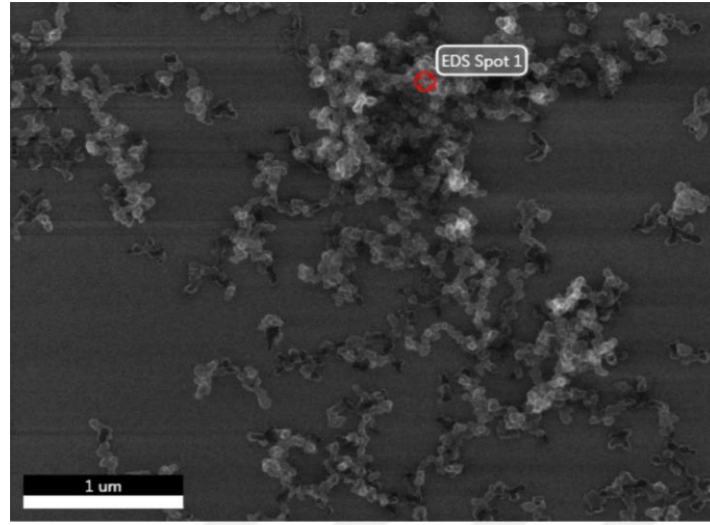
Şekil 4.22. SrF₂-Ge 3% - 590c de yapılmış numunenin EDAX analizi



Şekil 4.23. SrF₂-Ge 5% - 600c de yapılmış numunenin EDAX analizi

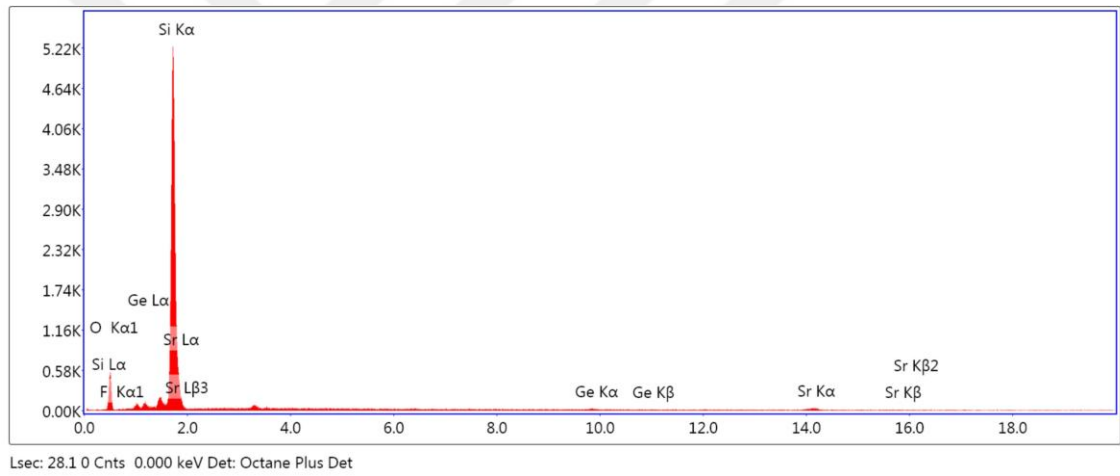
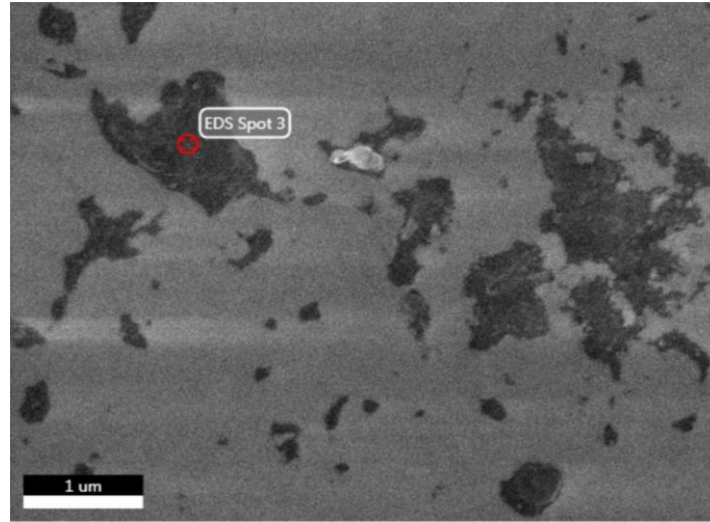


Şekil 4.24. SrF₂-Ge 3% - 580c de yapılmış numunenin EDAX analizi



Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	R	A	F
OK	32.70	53.39	96.20	11.31	0.06	1.1	0.93	0.17	1
FK	2.58	3.55	7.71	22.11	0.00	1.03	0.94	0.12	1
SiK	37.35	34.74	1,102.55	4.88	0.25	1.03	0.98	0.66	1
SrL	24.79	7.39	301.88	4.18	0.18	0.81	1.16	0.87	1
GeK	2.58	0.93	24.08	23.70	0.03	0.82	1.08	1.01	1.27

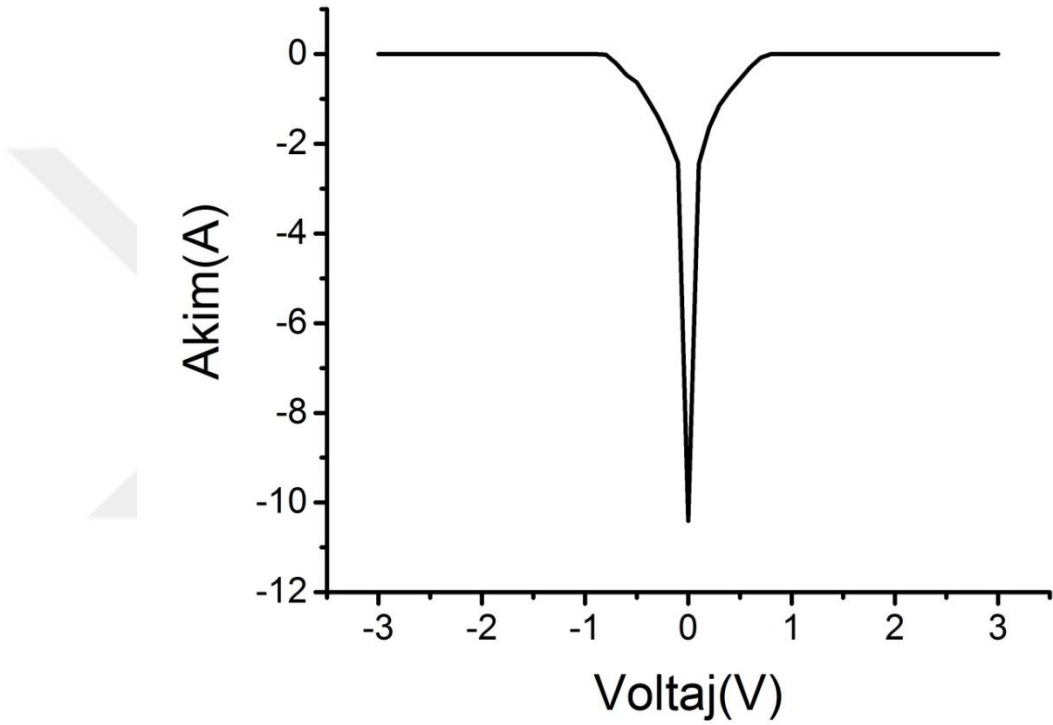
Şekil 4.25. SrF₂-Ge 10% - 610c de yapılmış numunenin EDAX analizi



Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	R	A	F
O K	35.57	54.67	116.39	10.76	0.07	1.09	0.94	0.18	1
F K	1.77	2.29	5.39	25.39	0.00	1.01	0.95	0.12	1
SiK	42.73	37.42	1,406.24	4.19	0.30	1.01	0.99	0.7	1
SrL	19.35	5.43	256.35	3.89	0.14	0.8	1.18	0.91	1
GeK	0.59	0.20	5.96	59.38	0.01	0.8	1.08	1.01	1.32

Şekil 4.26. SrF₂-Ge 5% - 610c de yapılmış numunenin EDAX analizi

Elektrik iletkenliği sağlamak için, kondaktometr cihazından kullanıldı. Bu analizde akım ve voltaj miktarları elde edildi ve ohm kanunundan kullanarak çok büyük direnç, yapılan tüm numunelerde sağlandı bu yanı elektrik iletkenlik bu silikat-cam da sıfır civarındadır. Numunelerin hepsinin diyagramı aynıdır o yüzden yalnız bir tanesi gösterilir (Şekil 4.27).



Şekil 4.27. $\text{SrF}_2\text{-Ge}$ hedefinden yapılan numunenin iletkenlik lm

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında SrF₂-Ge silikat cam target kullanılarak ince film Sr ve Ge katkılı silikat üretildi. Bu çalışmada ilk olarak, sıçratma sisteminde kullanılmak üzere hedef malzemeler hazırlandı. Hedef malzemeler; SiO₂, Al₂O₃, SrF₂, Na₂CO₃, K₂CO₃, SrO ve Ge dur ki germanyum tozunun ağırlıkça %3, %5 ve %10 oranında artırıldı. SrF₂-Ge içeren hedef malzemesi kuvarz alttaşın üzerine 16 saat ve 400°C'de kaplama işlemi yapıldı. Numuneler elde edildikten sonra 570C le 610C derece arasında fırında tavlandı.

Numunelerin XRD sonuçlarına göre %3'lük Ge içeren hedef numunesinden elde edilen ince filmlerde hiç bir pik görünmemiş olup bu filmlerin kristal yapısı amorfudur. İlk düzenli kristalleşme yapısı, %5 Ge içeren ince film numunesinde 29° derecede bir Stronsiyum piki görünmektedir. %10 Ge içeren ince film hedef numunesinde ise pikler 26, 27, 29 ve 37 derecelerde Stronsiyum ve Germanyum pikleri meydana gelmiştir. Bu sonuçlar Germanyum miktarı arttıkça kristalleşmenin arttığını göstermektedir.

Bu numunelerden bu defa geçirgenlik analizleri alındı ve sonuçları sırayla verilmiştir. Ölçüm sonucunda 3% numunede 215 nm civarında bir düşme meydana gelmekte ki 65% geçirgenlik gösteriyor bu yani gelen ışığın 35% absorbe oluyor ama sonra yükselip ve dalga durumunda devam etmektedir. 5% numune de 220 nm de gelen ısığın 70% geçiyor ve 30% absorbe oluyor. 10% numunede 225nm gelen ışığın 50% geçiyor ve 50% absorbe oluyor. Gördümüz gibi hedef malzeme içerisindeki germanyum yüzdesi çoğaldıkça gelen dalgaların miktarı 215nmden 230nm'ye doğru kayıyor ve absorpsiyon miktarı 10% numunede artmaktadır.

Bu numunelerden SEM analizlerinden, 3 saat boyunca 590°C de tavllanmış %3 Ge içeren numunelerde tanecik boyutu ortalama (90±10) nm görüldü. 580°C ve %5 Ge içeren aşındırma olmamış numunelerin SEM mikroskobu ortalama tanecik boyutu (50±10) nm tahmin edilmiştir (Şekil 4.3.b). Benzer şekilde 580°C ve %10Ge içeren tavlanan numunelerde, ortalama tanecik boyut (100±15) nm dir.

Numunelerin elektrik iletkenliği ölçümlerinden bu yapıların çok yüksek bir dirence sahip yalıtkan yapıda oldukları tespit edildi.

Öneriler

1. Germenyum içeren bu ince film silikat cam yapıları iyi bir optik filtre olarak kullanılabilir.
2. Bu yapıların tavlama süresi artırılarak optik geçirgenliği artırılabilir.
3. Germanyum ile birlikte veya germanyum yerine antimon gibi diğer elementler katkılanarak optik soğurma kontrol edilebilir.

KAYNAKLAR

- Barsoum, Michel W., 2003. Fundamentals of ceramics (2 ed.). Bristol: IOP. ISBN 0-7503-0902-4.
- Bilgin, V., 2003. ZnO Filmlerinin Elektrik, Optik, Yapısal ve Yüzeysel Özellikleri Üzerine Kalay Katkısının Etkisi, Doktora Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir,
- Bytheway I, Gillespie RJ, Tang TH., 1995. Core Distortions and Geometries of the Difluorides and Dihydrides of Ca, Sr, and Ba, Bader RF Inorganic Chemistry, Vol.34, No.9, 2407-2414, doi:10.1021/ic00113a023
- Dehkordi, M.T., 2010. Low velocity impact properties of intra-ply hybrid composites based on basalt and nylon woven fabrics. Materials & Design, 31(8): p. 3835-3844.
- Donald R. Uhlmann, Norbert J. Kreidl, ed., 1991. Optical properties of glass. Westerville, OH: American Ceramic Society. ISBN 0-944904-35-1.
- Einstein F. W. B., Rao P. R., Trotter James and Bartlett Neil, 1967. "The crystal structure of gold trifluoride". Journal of the Chemical Society A: Inorganic, Physical, Theoretical 4: 478–482. doi:10.1039/J19670000478.
- Gong, Li, Y., W.J., and Qu, J., 2010. Experimental Study on Crack Resistance of Fiber Mortar Using Knife-Edge Binding Method. Proceedings of the 6th International Specialty Conference on Fibre Reinforced Materials, p. 219-224.
- Greenwood, Norman N., Earnshaw, Alan., 1997. Chemistry of the Elements (2nd ed.). Butterworth-Heinemann. ISBN 0080379419.
- Hass, G., Thun, R.E., 1969. Physics of Thin Films Advances in Research and Development, s. 341, Academic Press, USA.
- Heinz G. Pfaender., 1996. Schott guide to glass. Springer. pp. 135, 186. ISBN 978-0-412-62060-7. Retrieved 8 February 2011.
- John, M.J. and Anandjiwala R.D., 2008. Recent developments in chemical modification and characterization of natural fiber-reinforced composites. Polymer Composites, 29(2): p. 187-207.
- Jong, B. H. W. S., 1989. de "Glass"; in "Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry"; 5th edition, vol. A12, VCH Publishers, Weinheim, Germany, ISBN 3-527-20112-5, pp. 365–432.
- Journal of Materials Chemistry was published between 1991 and 2012. From issue 1, 2013, it was replaced by three new journals: Journal of Materials Chemistry A, B and C
- Kaji, Masanori., 2002. "D. I. Mendeleev's concept of chemical elements and The Principles of Chemistry" (PDF). Bulletin for the History of Chemistry. 27 (1): 4–16. Retrieved 2008-08-20.

- Magnetic susceptibility of the elements and inorganic compounds, in Handbook of Chemistry and Physics 81st edition, CRC press.
- Ohring M., 2002. Materials Science of Thin Films. ISBN: 978-0-12-524975-1
- Ojovan, M. I., 2004. "Glass Formation in Amorphous SiO₂ as a Percolation Phase Transition in a System of Network Defects". JETP Letters 79 (12): 632–634. Bibcode:2004JETPL..79..632O
- Oxtoby, David W.; Gillis, H. Pat; Campion, Alan 2012. Principle of Modern Chemistry. Cengage Learning. p. 693. ISBN 9780840049315.
- Pejova B., et al., 2006. Structural and Optical Properties of Chemically Deposited Thin Films of Quantum-Sized Bismuth (III) Sulfide, Materials Chemistry and Physics, 99, 39–49.
- Qiao X, Luo Q, Fan X, Wang M., 2008. Local vibration around rare earth ions in alkaline earth fluorosilicate transparent glass and glass ceramics using Eu³⁺ probe. J Rare Earth;26:883–8.
- Recman, L. and K.i.P. Poláček., 2007. a study of interfacial aspects of epoxy-based hybrid composites reinforced with basalt, carbon and ceramic fibres by dma analyzis.
- Roth E, Granger M, Fischhoff B., 1990. What Do We Know About Making Risk Comparisons. Pages 375–387.
- Seafriends.org.nz 1994. Mining the sea sand. Retrieved on 2012-05-15.
- Standard Atomic Weights., 2013. Commission on Isotopic Abundances and Atomic Weights
- Wasa K, Hayakawa Sh., 1992. Handbook of Sputter Deposition Technology: Principles, Technology and Applications (Materials Science and Process Technology Series). ISBN-13: 978-0815512806 .
- Wei, B., Cao, H.L. and Song S.H., 2010. Tensile behavior contrast of basalt and glass fibers after chemical treatment. Materials & Design, 31(9): p. 4244-4250.
- Wilson, Ian D., Adlard, Edward R., Cooke, Michael et al., eds., 2000. Encyclopedia of separation science. San Diego: Academic Press. ISBN 978-0-12-226770-3.
- Zhishen, W., W. Xin, and W. Gang., 2012. advancement of structural safety and sustainability with basalt fiber reinforced polymers, in cice 20122012: Rome.

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında İranın Azerbaycan ilinin Bonab şehrinde doğdum. Orta ve lise tahsilini bulunduğum ilçede tamamladım. 2000 yılında Bonabın Payam Nur devlet üniversitesinde fizik (katıhal) bölümüne başladım ve 2004 yılında mezun oldum. 2007 yılında Mahabad Azad Üniversitesinde Fizik (Atom-Moleküler) bölümünde yüksek lisansı başladım ve 2009 yılında bitirdim. 2010 yılında doktora girmek için ALES ve ÜDS ve Türkçe dil sınavlarına Türkiye’de girdim ve başarıyla hepsini geçirdim. 2011 yılında Erzurum Atatürk Üniversitesi’nde Nanobilim ve Nanomühendislik (Nano Malzeme) bölümünde doktora başladım.