



T.C.

KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FLOR VE BOR KATKILI ZnO İNCE FİLMLERİNDE
KARAKTERİSTİK X-IŞINLARININ İNCELENMESİ**

ALİYE ÇELİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FİZİK ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2014

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FLOR VE BOR KATKILI ZnO İNCE FİLMLERİNDE
KARAKTERİSTİK X-IŞINLARININ İNCELENMESİ

ALİYE ÇELİK

Bu tez,
Fizik Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS
derecesi için hazırlanmıştır.

KAHRAMANMARAŞ 2014

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Aliye ÇELİK tarafından hazırlanan “FLOR VE BOR KATKILI ZNO İNCE FİMLERİNDE KARAKTERİSTİK X-IŞINLARININ İNCELENMESİ” adlı bu tez, jürimiz tarafından 22/12/2014 tarihinde oy birliği ile Fizik Anabilim Dalında Yüksek Lisans olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ömer SÖĞÜT (DANIŞMAN)

Fizik Anabilim Dalı

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Erdal KÜÇÜKÖNDER (ÜYE)

Fizik Anabilim Dalı

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Süleyman KERLİ (ÜYE)

Enerji Sistemleri Mühendisliği

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Mustafa ŞEKKELİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdür

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Aliye ÇELİK

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı (KSÜ BAP) tarafından desteklenmiştir.
Proje No: 2012/4-3 YLS.

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

FLOR VE BOR KATKILI ZnO İNCE FİLMLERİNDE KARAKTERİSTİK

X-IŞINLARININ İNCELENMESİ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

ALİYE ÇELİK

ÖZET

Bu çalışmada, malzemelerin yüzeylerine kaplandıklarında, onlara tek başlarına sahip olamadıkları birçok özellikleri kazandıran, optik, elektronik, manyetik, kimyasal ve mekanik gibi alanlarını ilgilendiren ve çeşitli endüstri alanlarında ileri teknoloji malzemeleri olarak kullanılan ince filmlerden biri olan ZnO ince filmin X-ışını şiddet oranları incelenmiştir. Çeşitli konsantrasyonlarda bor ve flor katkı ZnO ince filmleri püskürtme yöntemiyle üretildi ve üretilen ince film numunelerini uyarmak için 50 mCi şiddetinde ve 59.5 keV enerjili ²⁴¹Am radyoizotop kaynağı kullanılmıştır. Numuneler 5000 saniye gerçek sayma zamanı ile sayılmıştır. Karakteristik X-ışınlarının sayılmasında 5.9 keV'de yarı maksimumdaki tam genişliği (FWHM) 150 eV, aktif alanı 30 mm² ve kalınlığı 5 mm, polimer pencere kalınlığı 0.4 µm olan bir Canberra Ultra-LEGe detektör kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar tablolar halinde sunulmuş ve diğer teorik ve deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler : X-ışını, XRF, ince film, ZnO, flor ve bor.

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı, Aralık / 2014

Danışman: Prof. Dr. Ömer SÖĞÜT

Sayfa sayısı:63

**EXAMINATION OF THE CHARACTERISTIC X-RAYS IN FLUORINE AND
BORON-DOPED ZnO THIN FILMS**

(M.Sc. THESIS)

ALİYE ÇELİK

ABSTRACT

In this study, we have studied the X-ray intensity ratios of ZnO (which is one of the thin films) which gains, when coated on surfaces of materials, some properties which they don't normally have, and which is used as technological materials in different industrial and which is related to optical, electronical, magnetical, chemical and mechanical fields.

The fluorine and boron doped ZnO films at various concentrations were produced by chemical spray pyrolysis method, and a ²⁴¹Am radioisotope source with 50 mCi intensity, and with 59.5 keV energy was used to excite thin film the samples. Samples were counted by live time 5000 seconds. Furthermore, K X-rays emitted from samples were measured by means of a high-resolution Canberra Ultra-LeGe detector (FWHM 150 eV at 5.9 keV, active area 30 mm², thickness 5 mm, polymer window thickness 0.4 µm). The obtained results were presented in tables and compared with other theoretical and experimental results.

Key words: X-rays, XRF, thin film, ZnO, fluorine, boron.

University of Kahramanmaraş Sütçü İmam

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Physics, December / 2014

Supervisor: Prof. Dr. Ömer SÖĞÜT

Page Numbers: 63

TEŞEKKÜR

Bu çalıőmayı, yüksek lisans tezi olarak öneren ve çalıőmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen bilgi ve tecrübeleri ile beni yönlendiren danışman hocam Prof. Dr. Ömer SÖĞÜT'e teşekkür ederim. Buna ek olarak, numunelerin üretimini yapan Prof. Dr. Ümit ALVER ve Yrd. Doç. Dr. Süleyman KERLİ'ye ve üretilen numunelerin karakteristik X-ışınlarının ölçümlerini yapılmasındaki büyük katkılarından dolayı Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü đretim yesi Doç. Dr. Gökhan APAYDIN'a teşekkür ederim. Ayrıca yardımlarımı benden esirgemeyen ve destek olan değerli eőim Kadir ÇELİK' e teşekkür ederim.

Ayrıca eğitim hayatım boyunca beni yalnız bırakmayan ve her türlü desteğini yaőamım boyunca benden esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teşekkür ederim.

Aliye ÇELİK

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET.....	i
SUMMARY.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
1.GİRİŞ.....	1
1.1. İnce Filmler.....	3
1.1.1. İnce Film Depolama Teknikleri.....	4
1.1.2. Püskürtme ile Kaplama Yöntemi (spray pyrolysis).....	5
1. 2.Gama Işınları.....	6
1.2.1. Gama Işınlарının Üretilmesi.....	7
1.2.2. Gama Işınlарının Soğurulması.....	7
1. 3. X-Işınları.....	8
1.3.1. X-Işınlарının Tanımı ve Özellikleri.....	8
1.3.2. X-Işınlарının Elektromanyetik Spektrumdaki Yeri.....	9
1.3.3. X-Işınlарının Oluşumu.....	12
1.4. Karakteristik X-Işınları.....	12
1.4.1. X-Işını Spektrumu.....	14
1.4.2. Sürekli X-Işını.....	15
1.4.3. X-Işınlарının Madde ile Etkileşmesi.....	16
1.4.4. X-Işınlарının Genel Özellikleri.....	17
1.4.5. Karakteristik ve sürekli X-Işını Spektrumlarının Karşılaştırılması.....	18
1.4.6. X-Işınlарının Soğurma Kıyısı.....	19
1.4.7. X-Işını Spektrumunun Avantajları.....	20
1.5. X-Işınlарının Fizyolojik Etkisi.....	21
1.6. X-Işını Flüoresans (XRF).....	22
1.7. X-Işını Enerji Seviyesi.....	22
1.7.1. Geçişler.....	23
1.8. Kuantum Sayıları ve Atomik Yörüngeler.....	24
1.9. Dedektör (Sayaç) Çeşitleri.....	25
1.9.1. Yarı iletken Dedektörler.....	25
1.9.1.1. Yarı iletken Si(Li) Dedektörünün Avantajları.....	28
1.9.1.2. Si(Li) Dedektörünün Dezavantajları.....	29
1.10. Sayma Kayıpları.....	30

1.10.1. Sayma Hatası	31
1.11. Karakteristik X-Işını Şiddet Oranlarına Kimyasal Etki ve Alaşım Etkisi.....	32
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	34
3. MATERYAL ve METOD	37
3.1. Flor ve Bor Katkılı ZnO İnce Filmlerin Elde Edilmesi	37
3.2. İnce Filmlerin XRF (X-Işını Flüoresans) Ölçümlerinin Alınması.....	37
3.3. Soğurma Düzeltme Faktörünün Hesaplanması.....	39
3.4. Dedektörün Verimlilik Eğrisinin Tayini.....	39
3.5. $K\beta/K\alpha$ X-Işını Şiddetinin Oranlarının Hesaplanması	41
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	42
5. SONUÇLAR.....	49
KAYNAKLAR.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Gama ışınlarının oluşumu.....	7
Şekil 1.2. Gama ışınlarının numuneden geçişi.....	8
Şekil 1.3. Elektromanyetik spektrum	9
Şekil 1.4. Sürekli X-ışınlarının oluşumu	10
Şekil 1.5. Sürekli X-ışınları	10
Şekil 1.6. EDXRF ve WDXRF spektrometrelerinin şematik görünümü	11
Şekil 1.7. Karakteristik X-ışınlarının üretimi	13
Şekil 1.8. Tipik bir karakteristik X-ışını spektrum	15
Şekil 1.9. X-ışının madde ile etkileşmesi	17
Şekil 1.10. X-ışınları spektrumunun K-soğurma kenarından daha kısa olan bütün dalga boylarının şiddetlerini oldukça azaltan bir β filtresinden geçtikten sonraki durumu	19
Şekil 1.11. Soğurma kıyıları	20
Şekil 1.12. Bazı Dedektörlerin Ayırma Güçleri	26
Şekil 1.13. Si (Li) Dedektörünün Şematik Gösterimi	27
Şekil 1.14. Bir pikin şiddeti.....	32
Şekil 3.1. ²⁴¹ Am radyoizotop kaynağı ile uyarılmış katkısız ZnO ince filminin spektrumu	37
Şekil 3.2. Deney geometrisi	38
Şekil 3.3. EDXRF deney sistemi resmi	39
Şekil 3.4. $I_o G \epsilon$ dedektör verim eğrisinin grafiği	41
Şekil 4.1. F katkılı ZnO ince filmlerinin flor katkı miktarına göre $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının değişimi	43
Şekil 4.2. Bor katkılı ZnO ince filmlerinin bor katkı miktarına göre $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının değişimi	43
Şekil 4.3. F katkılı ZnO ince filmlerinin flor katkı miktarına göre $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının değişimi	44
Şekil 4.4. Bor katkılı ZnO ince filmlerinin bor katkı miktarına göre $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının değişimi	44
Şekil 4.5. %3 flor katkılanmış ZnO ince filminin spektrumu	46
Şekil 4.6. %3 bor katkılanmış ZnO ince filminin spektrumu.....	47
Şekil 4.7. %4 flor katkılanmış ZnO ince filminin spektrumu.....	47
Şekil 4.8. %2 bor katkılanmış ZnO ince filminin spektrumu.....	48
Şekil 4.9. %4 bor katkılanmış ZnO ince filminin spektrumu.....	48

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. X-ışınlarının genel özellikleri	18
Çizelge 1.2. X-ışını diyagram çizelgelerinin Siegbahn gösterimleri	23
Çizelge 1.3. X-ışını enerji seviyeleri diyagramı	24
Çizelge 4.1. Bor ve flor katkılı ZnO ince film numunelerinin $K\beta/K\alpha$ şiddet oranları	42

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Zn	:Çinko
O	:Oksijen
F	:Flor
B	: Bor
XRF	:X-Işınları flüoresans
α	:Alfa
β	:Beta
μ	: doğrusal soğurma katsayısı
γ	:Gama
μ/ρ	: kütleli soğurma katsayısı
t	: kalınlığındaki
λ	: dalga boyu
D	: maksimum yoğunluğun yarısındaki saçılım çizgisinin açısal genişliği
Θ	: Bragg açısıdır
nm	:nano metre
h	:Planck sabiti
e	: elektronun yükü
c	: ışık hızı
V_0	: potansiyel
I	:Geçen akım şiddeti
I_0	:Gelen akım şiddeti

1. GİRİŞ

Bilimsel ve endüstriyel çalışmalar için önemli bir yere sahip olan ince filmler, ilk olarak, cam ve seramikler üzerinde dekorasyon olarak kullanılmıştır. Daha sonra, gümüş tuzları kullanılarak, cam yüzeyler üzerinde gümüş filmleri elde edilmiştir. 19. yüzyıldan itibaren bilimsel çalışmalardaki artış, daha yeni ve daha modern ince film elde etme yöntemlerini de beraberinde getirmiştir. İlk ince film, 1838'de "elektroliz" yöntemi ile elde edilmiş olup, daha sonra 1852'de Bunsen "kimyasal reaksiyon" yöntemiyle, Faraday "asal gaz içerisinde buharlaştırma" yöntemiyle, Nahrwold ve Kundt "Joule ısıtması" yöntemiyle yine ince film elde etmişlerdir (Zor, 1982). Ancak, ince filmler üzerinde yapılan bu çalışmalar, vakum cihazlarının gelişmesine kadar laboratuvar çalışmaları olarak kalmıştır. Vakum cihazları geliştirildikten sonra modern yöntemlerle elde edilen ince filmlerin kristal yapıları, elektriksel ve optik özellikleri araştırılmaya başlanmıştır (Sönmezoğlu ve ark., 2012).

İnce filmler, malzemelerin yüzeyine kaplandığında onların tek başına sağlayamadıkları birçok özellikleri onlara kazandırdıklarından dolayı optik, elektronik, manyetik, kimyasal ve mekanik alanlarını ilgilendiren endüstri alanlarında ileri teknoloji malzemeleri olarak kullanılmaktadırlar. Ayrıca çok katmanlı üretildiklerinde hacim özelliklerinden tamamen farklı bir şekilde, yeni malzemeler gibi davrandıklarından elektronik devre elemanları olarak kullanılabilirler. Bu alanda yapılan araştırma ve geliştirme çalışmaları güneş pilleri üretiminde kullanılabilecek birçok yarı iletken ince film malzemenin düşük maliyetlerde cam, metal ya da plastik folyo gibi tabakalar üzerinde geniş yüzeylere kaplanabileceğini göstermiştir. Günümüzün elektronik sanayisi, ileri teknolojinin kullanıldığı ve üretildiği birimlerin başında gelmektedir. İnce film, altlık olarak katı bir malzeme üzerine atomik, moleküler ya da iyonik türlerin yoğunlaştırılmasının kontrol edilerek hem doğrudan bir fiziksel işlemle hem de bir kimyasal ya da elektrokimyasal reaksiyonlarla oluşturulur. Yalnız başına atomik, moleküler ya da iyonik durumlar hem buharlaştırma hem de sıvı formunda oluşturulabilir. İnce filmler oluşurken bunu oluşturan maddelerin özellikleri ile ince film oluştuktan sonraki özellikleri arasında sapmalar görülür (Kılınç, 2006). Metallerle ince film yapıldıktan sonra elektronik özelliklerinin değişiminin bilinmesi birçok teknolojik alan için de önemli olacaktır. Malzeme yapay ve doğal olmak üzere iki türlü bulunmaktadır. Bu malzemelerin özellikleri; geçirimli elektron mikroskobu (TEM), X-ışınları difraksiyonu/kırınımı (XRD), termogravimetrik analiz (TGA), diferansiyel

termik analiz (DTA), kızılötesi spektroskopisi (IR) , taramalı elektron mikroskobu (SEM), yöntemleriyle belirlenebilmektedir. X-ışınları ile ilgili yapılan çalışmalar öncelikle numune analizi üzere atom içerisinde elektronların dizilişi ve tabakalara bölüşümü ile ilgili çalışmalar giderek artmıştır.

Atomların elektronik yapılarının incelenmesinde en etkili yöntemlerinden biri X-ışını spektroskopisidir. Bu spektroskopinin temel teknikleri, genellikle X-ışınlarının soğurulması, saçılması ya da yayınlanması esasına dayanmaktadır. Atomların üzerine düşürülen foton, proton (p), elektron (e) veya iyon demetleri atomlar tarafından soğurulabilir ve atomun iç yörüngelerinden bir elektron sökebilir. Bunun sonucunda atomda yeniden bir elektron düzenlenmesi gerçekleşir ve bazı kabuklarda boşluk oluşur. K kabuğunda oluşan boşluk veya boşluklar üst kabuklarından geçişler ile doldurulur ve bu geçişler sırasında karakteristik KX-ışınları yayınlanır. Günümüzde XRF tekniği meteorolojide, alaşım ayırıştırılmalarında, endüstri ile ilgili sorunlarda, sanat ve arkeoloji biliminde, kalite kontrol işlerinde, jeolojik cevher analizlerinde ve daha birçok yerdeki katı veya sıvı numune analizlerinde kullanılmaktadır. Bir nükleer analitik tekniği olan XRF, elementlerin kantitatif ve kalitatif analizleri için önemli olup çok kullanılmaktadır. Teorikte, periyodik sistemde H (Hidrojen) ve He (Helyum) elementi haricinde bütün elementlere uygulanabilmektedir. Bu da yaklaşık 1-100 KeV enerji aralığını kapsamaktadır. Günümüzde yaygın olarak kullanılma nedenlerinden biri numuneye zarar vermeksizin tahrip etmeden kısa sürede ölçüm yapabilmesidir. Katı, sıvı, toz ve gaz durumlarında uygulanmaktadır.

Atomların uyarılması için fotonlar ve hızlandırılmış parçacıklar (α , β , p, n) kullanılarak deneysel ve teorik olarak hesaplamalar yapılmıştır. Ayrıca ikincil uyarma metodu kullanılarak şiddet oranı ve tesir kesitlerinin enerjiye bağımlılığı, aynı elementin farklı bileşikleri kullanılarak kimyasal etkiler de araştırılmıştır (Söğüt, 2000; Durdu, 2001). Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilen alanlarda kullanılmaktadır;

- a) Reaktör zırhlaması
- b) Endüstriyel radyografi
- c) Tıbbi fizikte enerji taşınması ve depolanması, kanser tedavi uygulamalarında
- d) Radyasyon soğurma katsayılarının hesaplanması

e) Dozimetrik hesaplamalarda

f) XRF'de elemental analizlerdir.

Bu çalışmanın amacı, kimyasal püskürtme yöntemi ile katkısız ZnO ve değişik oranlarda flor, bor ve bor-flor katkılı ZnO üretilmiş olan ince filmlerin $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarına ve XRD spektrumlarına bor ve flor etkileri araştırmaktır.

1.1. İnce Filmler

İnce filmler, farklı üretim teknikleri kullanılarak kaplanacak malzemenin atomlarının ya da moleküllerinin, filmi destekleyerek filmin oluşumuna yardımcı olan bir taban üzerine dizilmesi ile ince bir tabaka halinde oluşturulan ve kalınlıkları genel olarak 1 mm'nin altında olan malzemelerdir (Sönmezoğlu, 2012).

İnce filmler, malzemelerin yüzeyine kaplandığında onların tek başına sağlayamadıkları birçok özellikleri onların katkılanmasından dolayı optik, elektronik, manyetik, kimyasal ve mekanik alanlarını ilgilendiren endüstri alanlarında ve birçok alanda teknoloji malzemeleri olarak kullanılmaktadır. İnce film, altlık olarak katı bir malzeme üzerine atomik, moleküler ya da iyonik türlerin yoğunlaştırılmasının kontrol edilerek hem doğrudan bir fiziksel işlemle hem de bir kimyasal ya da elektrokimyasal reaksiyonlarla oluşturulur. Yalnız başına atomik, moleküler ya da iyonik durumlar hem buharlaştırma hem de sıvı formunda oluşturulabilir. İnce filmler oluşurken bunu oluşturan maddelerin özellikleri ile ince film oluştuktan sonraki özellikleri arasında sapmalar görülür. İnce filmin oluşumu çekirdek büyütme işlemine benzerdir. Genel olarak çeşitli deneylerle ve teorik çalışmalarla büyütme işlemlerinin ortaya çıkması aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Altlık ile etkileşecek olan madde, hız bileşenlerini altlıkta normale düşürürler (çarpışma enerjisinin çok yüksek olmaması sağlanır) ve bu maddeler fiziksel olarak altlık yüzeyinde soğurulurlar.
- Soğurulmuş malzemeler başlangıçta altlık ile ısısal dengede değildirler ve altlığın yüzeyine doğru hareket ederler. Bu işlem sırasında birçoğu birbirleriyle etkileşime girer. Böylece düzenlenim daha büyük kümeleri oluşturur.

Kümeleler ya da çekirdek olarak isimlendirilen düzenlenme termodinamik olarak kararlı değildir ve depolama parametrelerine bağlı olarak bir zaman sonra yüzeyden ayrılma eğilimindedir. Şayet katılama parametrelerine bağlı olarak böyle bir küme yüzeyden

ayrılmaya başlamamış soğurulmuş türler çarpışma yaparsa, kümenin büyüklüğü artmaya başlar.

- Belirli bir kritik büyüklüğe ulaştıktan sonra küme termodinamik olarak kararlı olmaya başlar. Kararlı, kimyasal olarak soğurulmuş, kritik-büyüküklü çekirdek oluşumunu içeren bu basamak çekirdek evresi olarak adlandırılır.
- Kritik çekirdek, bir çekirdek doyurma yoğunluğuna ulaşınca kadar sayısı kadar büyüklüğü bakımından da büyür. Çekirdek yoğunluğu ve ortalama çekirdek büyüklüğü, türlere etki eden enerji, etkinin oranı, soğurma aktivasyon enerjisi, ayrılma, ısısal difüzyon, sıcaklık ve altyapının kimyasal doğası gibi parametrelerine bağlıdır. Bir çekirdek hem altlık yüzeyine paralel olarak soğurulmuş türlerin difüzyonuyla büyütüldüğü gibi altlığa dik olarak direkt çarpışan türlerin etkileşmesi ile de büyür. Buna rağmen, genellikle bu evredeki yanal (paralel) büyüme oranı dik olan büyümeden daha yüksektir. Bu büyütülmüş çekirdekler adalar olarak adlandırılır.
- Film oluşumu için bundan sonraki evre birleşme evresidir. Bu evre, küçük adaların birbirleriyle yüzey alanını küçültmek üzere birleşmeye çalıştıkları evredir. Büyük adaları oluşturma eğilimi "topluluk" olarak adlandırılır ve topluluk soğurulmuş türlerin yüzeydeki mobilitesini iyileştirir. Örnek olarak altlık sıcaklığını artırarak bu iyileştirme sağlanabilir. Bazı durumlarda yeni çekirdeğin oluşumu bir birleşme sonucu temiz bir alanda meydana gelebilir.
- Daha büyük adalar kaplanmamış altlıkların delikleriyle ve kanalların ayrılmasıyla birlikte büyür. Bu evredeki filmlerin yapısı tümüyle sürekli film deliklerinin ve kanalların doldurulması şartıyla sürekli olmayan ada tiplerinden gözenekli ağ tiplerine kadar değişir. Büyütme işlemi çekirdeğin bir istatistiksel üretimine dayandırılarak yüzey difüzyonunun üç boyutta taneciklerin büyütülmesinin kontrol edilmesi, bir ağ yapısının oluşturulması ve sürekli bir film vermesi için bunun en sonunda doldurulması olarak özetlenebilir (Kavgacı, 2007).

1.1. 1. İnce film depolama teknikleri

İnce film depolama teknikleri üç bölümden oluşmaktadır;

1) Buhar depolama teknikleri

Buhar katkılama teknikleri iki kategoriye ayrılabilir:

- Fiziksel buhar depolama (PVD):
- Kimyasal buhar katkılama (CVD)

Düşük basınç ortam şartlarında molekül hazneleri olarak malzemenin kaynaktan altlığa geçişi gerçekleşir. Bunlarda;

- ✓ Vakumda buharlaştırma
- ✓ Püskürtme yöntemi olarak gösterilmektedir.

Hedef -altlık sisteminin geometrisine ve iyon geçiş yoluna (tarzına) bağlı olarak çok çeşitli püskürtme şekli vardır.

- Parlmalı boşalımla püskürtme
 - Diyod püskürtme
 - Ön gerilim püskürtme
 - İyonların anot olarak tutulmasıyla püskürtme
 - Gaz giderici püskürtme
 - Magnetron püskürtme
 - Triod püskürtme
- İyon-hazne püskürtme

2) Kimyasal banyo depolama yöntemi

3) Elektrokimyasal depolama yöntemi şeklinde oluşmaktadır.

1.1.2. Püskürtme ile kaplama yöntemi (Spray Pyrolysis)

Püskürtme metodu, (spray pyrolysis) ince ve kalın film hazırlama, seramik kaplama ve toz halde film elde etmek için araştırmalarda düşünülen bir işlem tekniğidir. Diğer birçok film hazırlama tekniklerinden farklı olarak, püskürtme metodu hem uygulanabilirlik olarak basit hem de malzeme fiyatları açısından maliyeti düşük olan bir işlemdir (Kılınç, 2006). Püskürtme yöntemi, elde edilecek filmler için hazırlanan sulu çözeltilerin karıştırılarak sıcak taban üzerine hava ya da azot gazı yardımı ile atomize edilerek püskürtülmesidir. Püskürtme (spray pyrolysis) yöntemi ince film elde etme metotları arasında en kolay ve en ucuz olan metottur. Püskürtme yönteminin, oldukça basit yapıda olması, gerekli tertibat yönünden daha ekonomik olması, üretim işleminde müdahale için elverişli yapıda olması, ince film üretimi için vakum ortamına ihtiyaç duyulmaması ve üretim işleminin adım adım takip edilebilmesi nedeni ile diğer metotlara göre çok daha avantajlıdır. Ayrıca bu metot

n-tipi ve p-tipi katkılamaya da izin verir. Filmin kalitesi, alt taban sıcaklığı, püskürtme oranı ve filmin kalınlığı gibi deneysel parametrelerle değişir. Aynı zamanda püskürtme başlığının çapı, püskürtme başlığının alt tabandan uzaklığı, saf su oranı, çözültideki ve hidroklorik asit gibi deneysel parametreleri de iyi kalitede film elde edilmesinde önemlidir. Püskürtülen çözültinin damlacık büyüklüğü, filmin kalitesi üzerine büyük bir etkiye sahiptir (Sönmezoğlu ve ark., 2012). Püskürtme metodu çok çeşitli ince film oluşturmak için kullanılmaktadır. Bu filmler güneş pilleri, algılayıcılar (sensörler) ve katı oksitli yakıt pilleri gibi çeşitli araçlarda uygulanmıştır. Oluşturulan bu filmlerin özelliklerinin genellikle filmin hazırlanma şartlarına bağlı olduğu gözlemlenmiştir. Püskürtme parametrelerinin oluşan filmin yapısı ve özellikleri üzerine olan etkisi filmin kalitesi bakımından düşünülürse oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Alt tabaka yüzey sıcaklığı filmin yüzeyinin pürüzlenmesini, çatlamasını, parçalanmasını ve kristalleşmesi gibi özelliklerini etkilerken film oluşumu için kullanılan başlangıç çözültisi filmin yapısını, saflığını ve uygulama alanını doğrudan ilgilendirir (Kılınç, 2006). Şu ana kadar, püskürtme ve diğer film oluşum mekanizmaları hakkında, sadece çok ilkel (kaba veya basit) modeller geliştirilebilmiştir. Püskürtme tekniği ile film oluşumu esnasında belli bir sıra ile veya aynı anda olan ve basit bir şekilde aşamalandırılan çok fazla işlem vardır. Bu basamaklar başlangıç çözültisi atomizasyonunu, damlacık ulaşımı ve buharlaşmasını, altlık üzerinde yayılmayı, kuruma ve başlangıç tuzunun ayrışmasını içermektedirler. Bu işlemleri anlamak filmin kalitesini artırmaya yardımcı olacaktır. Püskürtme yöntemi kullanılarak ince film oluşumu üç ana kademeye ayrılabilir: (i) başlangıç çözültisinin atomizasyonu, (ii) sonuçta oluşan çözülti buharının ulaşımı ve (iii) altlık üzerindeki başlangıç çözültisinin ayrışması (Perednis ve Gauckler, 2004). Kimyasal püskürtme yönteminde etkili olan parametreler; sıcaklık etkisi, başlangıç çözültisinin etkisi, çözülti pH etkisi olarak sıralanır.

1.2. Gama Işınları

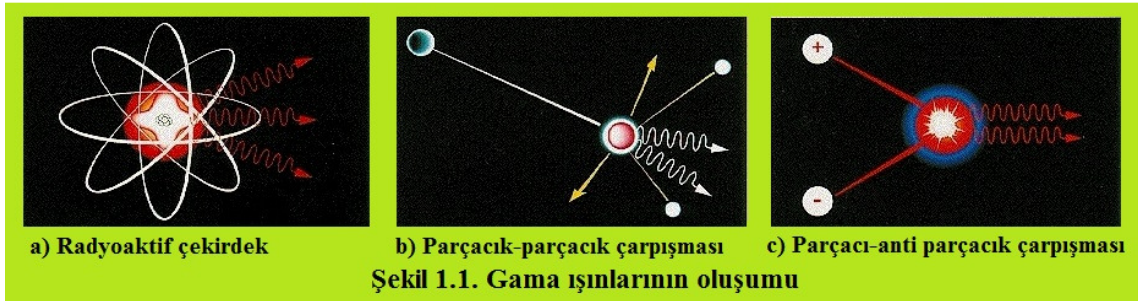
Gama ışınları, elektromanyetik spektrumdaki en kısa dalga boylu ve en fazla enerjili elektromanyetik radyasyonlardır. Gama yayımı, alfa ve beta yayımını takiben türev çekirdek tarafından gerçekleştirilir. Uyarılmış bir çekirdek yüksek enerji değerine sahip olur ve gama yayımı yaparak fazla enerjisini dışarı verir. Yüksek enerjili gama ışınları birkaç santim kalınlığındaki kurşun bloktan geçebilirler. Gama ışınlarının iyonizasyonu α ve β 'ya göre daha azdır. Gama ışınlarının dalga boyu 1-0.050 Å, enerjisi ise 12 keV ile 2.5 MeV arasında değişir (Tanyel, 1994). Gama ışınları canlı hücreleri öldürebilir, bu

özelliğinden dolayı tıpta, kanserli hücreleri öldürmek için kullanılmaktadır. Gama ışınları uzayda çok uzun mesafeler kat ederek yerküreye kadar gelir ve yerküre atmosferi tarafından soğurulurlar. Işığın farklı dalga boyları yerküre atmosferini geçerek farklı katmanlara ulaşırlar. Gama ışınları evrenin en sıcak bölgelerinde üretilen ışığın enerjik formlarıdır (Dözen, 2006).

1.2.1. Gama ışınlarının üretilmesi

Gama ışınları, atom çekirdeği içindeki proton ve nötronların yeniden düzenlenmesi sonucu oluşur. Radyoaktif elementlerin çekirdeğindeki bir nötron, bir protona veya bir proton, bir nötrona dönüşebilir. Bu sırada çekirdek kararlı hale geçebilmek için gama ışını yayımlar. Deneyler kozmik kaynaklarca üretilmiş gama ışınlarını tespit etmeden çok önce, bilim adamları evrende böyle fotonları üretebilecek kaynaklar olabileceğini biliyorlardı. Gama ışınlarını üretebilecek en önemli mekanizmalar:

- Radyoaktif bozunma,
- Yüksek enerjili bir parçacığın bir başka parçacık ile çarpışması (parçacık-parçacık çarpışması) ve
- Bir parçacık ve onun anti parçacığının birbirlerini yok ederek foton enerjisine dönüşmeleridir (parçacık-anti parçacık çarpışması) (Dözen, 2006).



1.2.2. Gama ışınlarının soğurulması

Gama ışınları alfa ve beta parçacıklarından farklı olarak, bir tek elementer olayda enerjilerine ve düştüğü maddenin özelliğine göre enerjisinin büyük bir kısmını, çoğu zaman tamamını kaybeder. İçinden geçtiği maddenin hangi atomunun civarında bu kaybın olacağı tamamen ihtimale bağlıdır. Bu sebeple gama ışınlarının madde tarafından soğurulmasında radyoaktif bozunma kanunlarına benzer bir kanun geçerlidir. Maddenin

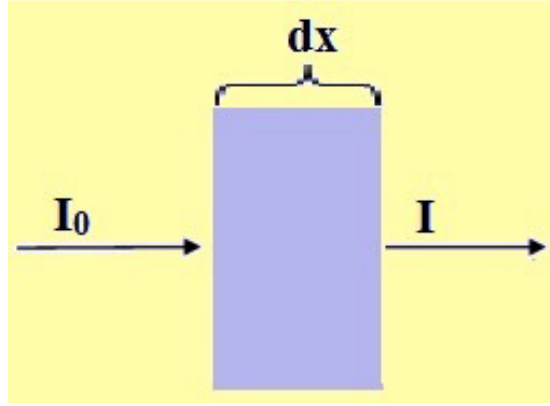
küçük bir dx kalınlığında soğurulan dI ışın şiddeti, bu kalınlığa giren I şiddeti ile orantılıdır.

$$\frac{dI}{dx} = -\mu I \quad (1.1)$$

Burada I gama ışınlarının şiddeti, μ gama ışınlarının enerjisine ve maddenin cinsine bağlı olan lineer soğurma katsayısıdır. Eksi işareti, x kalınlığı arttıkça şiddetin azalmasından dolayı konulmuştur. Denklem (1.1) in integrali alındığında,

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1.2)$$

bulunur. Bu denklemde I , x kalınlığını geçen ışının şiddeti, I_0 ise başlangıçta gelen gama ışınının şiddetidir (Fundamentals of Nuclear Physics, 1970).



Şekil 1.2. Gama ışınlarının numuneden geçişi

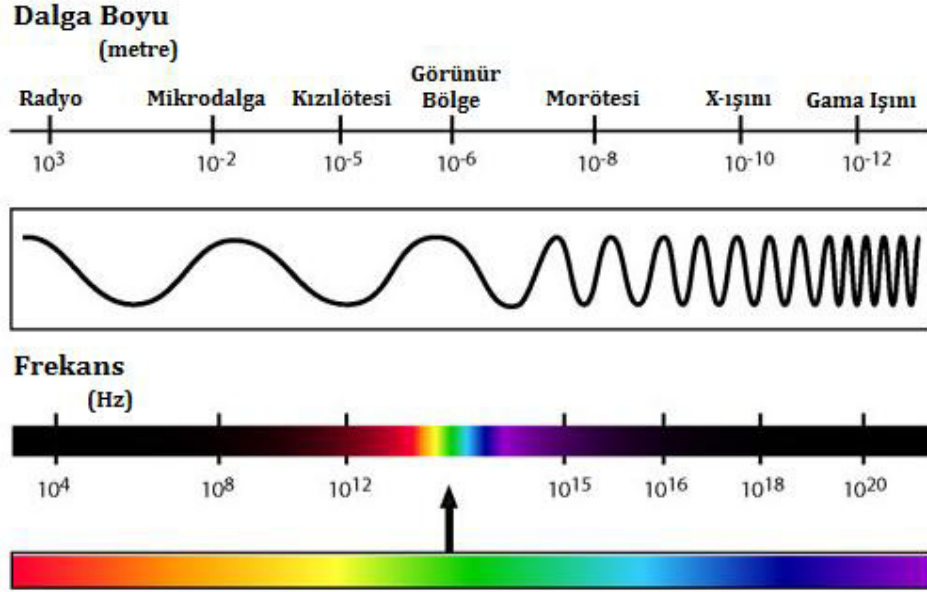
1.3. X- IŞINLARI

X-ışınları Röntgen tarafından 1895 yılında bulunmuştur. Hago ile Wind 1899'da bir X-ışını demetini dar bir yarıktan geçirirler, böylece bir kırınım deseni elde etmeyi başarırlar fakat gözlenen desen oldukça küçüktür kabul görmez. X-ışınlarının dalgalı yapıda oldukları 1912'de Laue'nin kristallerdeki kırınım deneyleri ile ortaya konulmuştur. Barkla deneyi ile X-ışınlarının polarize edilebilmesi, bunların ışık ışınları gibi enine dalgalar olduğunu ortaya koymuştur (Semat, 1967; Bütün, 2007).

1.3.1. X-ışınlarının tanımı ve özellikleri

Yüksek enerjili elektronların yavaşlatılması veya atomların iç yörüngelerindeki elektron geçişleriyle oluşan, 10^{-2}Å ile 100Å dalga boylu elektromanyetik dalgalardır (Şahin, 1999). Fotonların, elektronlara enerji aktarabileceğini fotoelektrik olayı göstermektedir. Bu olayın tam karşıtı, yani, hareket eden bir elektronun ivmelenmesi sonucu kinetik

enerjisinin bir kısmının veya tamamının fotona dönüşmesi sürekli X-ışınlarının oluşum mekanizmasını vermektedir. Elektromanyetik ışımadan dolayı X-ışınları çift karakterlidir. Dalga ve tanecik özelliği gösterirler. Fotoelektrik, incoherent (Compton) saçılma, gaz iyonizasyonu ve sintilasyon tanecik özellikleri; hız, polarizasyon ve Coharent saçılma dalga özellikleridir (Bertin, 1975). Şekil 1.3’de tipik bir elektromanyetik spektrum verilmiştir.



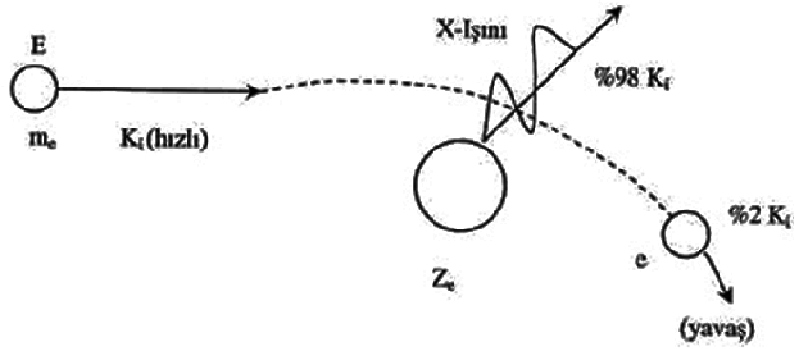
Şekil 1.3. Elektromanyetik spektrum.

1.3.2. X-ışınlarının elektromanyetik spektrumdaki yeri

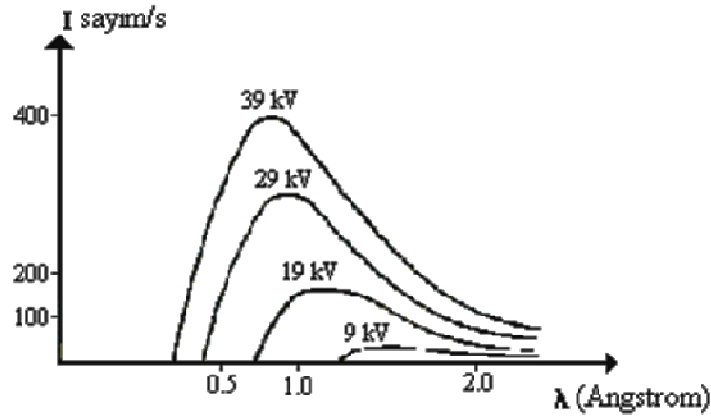
X-ışınları yüksek enerjili atomların madde parçacıklarının bombardımanından doğarlar. Yüksek enerjili bir elektron, α parçacığı bu görevi görebilirler. X-ışını kaynağı tarafından yayınlanan elektromanyetik dalga boylarının gözüün hassas olduğu dalga boylarından farkı, bundan dolayı frekansı ve enerjisinin yüksek olması ve buna bağlı olarak da dalga boyunun kısa olmasıdır. X-ışınlarının ait olduğu bölüm 0.1 ile 100 Å arasında söylenebilir. Bir X-ışını kaynağı, γ -ışınları frekanslarına ve UV bölümü ışınlarına kadar yayın yapmaktadır. Aslında X-ışınları UV'nin alt sınırı olan 1000 Å dan başlar, fakat 2 ile 1000 Å'luk dalga boyları arasındaki ışınlar çok çabuk soğurmaya uğrarlar, bunlara çok yumuşak X-ışınları

denebilir. 2 ile 0.8 Å arası yumuşak X-ışınlar; 0.8 Å dan küçük dalga boylarına ise sert X-ışınları denir.

Sürekli X-ışınlarının enerjisi üç faktöre bağlıdır. Bunlar; yüksek hızlı elektronun enerjisi, hedef malzemenin yoğunluğu ve elektronun hareket doğrultusu ile frenleyici çekirdek arasındaki uzaklık çekim kuvveti, artan uzaklıkla azalır (Aygün ve Zengin, 1993; Tuzluca, 2007). Şekil 1.4’de sürekli X-ışınlarının oluşumu verilmiştir.



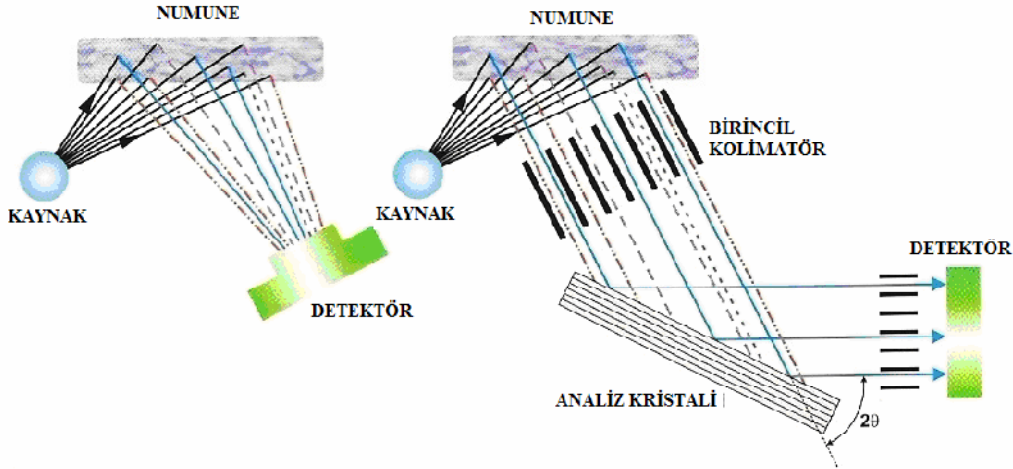
Şekil 1.4. Sürekli X-ışınlarının oluşumu (Aygün ve Zengin, 1993)



Şekil 1.5. Sürekli X-ışınları (Gündüz, 1995;Tuzluca, 2007).

Kristalografide 0.5–2.5 Å (yumuşak), hâlbuki radyolojide 0.5-1 Å (sert) dalga boylarındaki X-ışınları kullanılır. X-ışınlarının frekansı görünür ışığın frekansından ortalama 1000 defa daha büyük ve X-ışını fotonu (parçacığı) görülen ışığın fotonundan daha enerjilidir. Şu halde bu ışınları belirleyen iki özellik kısa dalga boyu ve yüksek enerjidir. X-ışınlarının, geometrik ve fiziksel optik nitelikleri, adi ışığınkı ile yaklaşık aynıdır. Fakat yukarıda

belirtilen iki özelliği gereği, X-ışınlarının madde ile etkileşmesi görünür ışığına nazaran farklı olmaktadır. Örneğin, X-ışınlarının dalga boyu, atomların büyüklüklerine yaklaşıktır, üstelik X-ışınları fotonlarının enerjileri atomun iç elektronik katlarının bağ enerjisine, hâlbuki adi ışığın fotonlarıysa atomun dış elektronlarının (optik elektronlar) bağ enerjisine yaklaşıktır (Yalçın, 2005). Bütün spektrometreler bir kaynak, numune ve kesif sistemidir. Kaynaktan bir numuneye ışın gönderilir ve numuneden gelen radyasyon bir detektörle ölçülür (Tuzluca, 2007).



Şekil 1.6. EDXRF ve WDXRF spektrometrelerinin şematik görünümü (Brouwer, 2003; Tuzluca, 2007).

Çoğu durumlarda kaynak olarak bir X-ışını tüpü, radyoaktif kaynak veya siklotron kullanılır. Spektrometrik sistemler genellikle iki ana grup içinde sınıflandırılır; enerji ayırmalı sistemler (EDXRF) ve dalga boyu ayırmalı sistemler (WDXRF) iki sistem arasındaki farklılık dedeksiyon sisteminde bulunabilir. EDXRF spektrometreleri, numuneden direkt gelen karakteristik radyasyonun farklı enerjilerini ölçebilen detektöre sahiptir. Detektör, numunedeki elementlerden dolayı numune içinde oluşan radyasyonu numuneden ayırabilir. Bu ayrılma dispersiyon olarak adlandırılır. WDXRF spektrometreleri farklı enerjileri ayırmak için bir analiz kristali kullanılır. Numuneden dolayı gelen radyasyonun tamamı kristal üstüne düşer. Bir prizmanın farklı renkleri farklı yönlerde kırması gibi bu kristalde farklı enerjileri farklı yönlerde ayırır (Brouwer, 2003; Tuzluca, 2007).

1.3.3. X-ışınlarının oluşumu

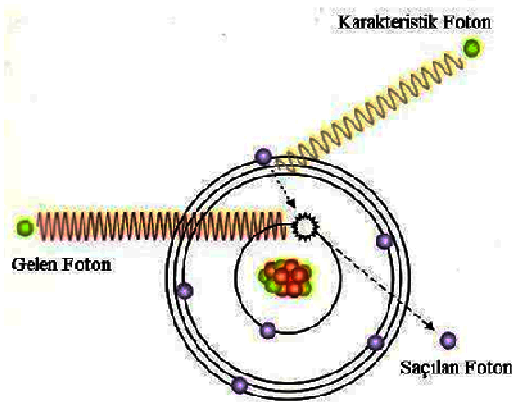
X-ışınları, doğal X-ışınları ve yapay X-ışınları olmak üzere iki şekilde oluşur;

1. Doğal X-ışınları: Atom çekirdeği tarafından K enerji kabuğundan, α bozunumu, iç dönüşüm , β bozunumu ve elektron yakalanması olaylarıyla meydana gelir.
2. Yapay X-ışınları: Maddenin; elektron, proton parçacıkları ya da iyonlar gibi hızlandırılmış parçacıklarla etkileşmesinden veya X-ışını tüpünden başka bir uygun radyoaktif kaynağından çıkan fotonlarla etkileşimi ile meydana gelir. Maddenin, fotonlarla etkileşmesinden karakteristik X-ışınları, yüklü parçacıklarla etkileşmesinden ise karakteristik ve sürekli X-ışınları elde edilir.

1.4. Karakteristik X-Işınları

Pauli dışarlama ilkesine göre atomlarda bulunan elektronlar belli yörüngelerde bulunabilirler. Pauli prensibi : “*Bütün kuantum sayıları aynı olan iki elektron bir atomun aynı orbitalinde bulunamazlar*”. n yörüngenin ve enerjinin büyüklüğünü belirler ve baş kuantum sayısı olarak adlandırılır. Bu değerlere karşılık gelen kabuklar K, L, M, N, ... olarak adlandırılabilir. Kabuklar arasındaki elektron geçişlerinin uyması gereken seçim kuralları bulunmaktadır. Bir elementin karakteristik spektrumu, atomun iç yörüngelerinden elektronların koparılmasıyla oluşur (Semat, 1967). Üst yörüngeden alt yörüngeye olan geçişlerin her birinde iki yörünge arasındaki enerji farkı kadar enerjili bir X-ışını fotonu yayınlanır. Bu fotonlara karakteristik X ışını flüoresans fotonu denir (Bertin ve Eugene, 1975; Bütün, 2007). Bir elementin karakteristik spektrumu, atomun iç yörüngelerinden elektronların koparılmasıyla oluşur. Klasik atom modeli; orbitallerde veya kabuklarda gruplanmış elektronlarla pozitif yüklü protonlar ve yüksüz nötronlardan oluşmaktadır. En içteki kabuk K kabuğu olarak adlandırılır ve dışarı doğru gidildikçe sırasıyla L kabuğu, M kabuğu ve benzeri olarak adlandırılır. L kabuğunun L_I , L_{II} ve L_{III} olmak üzere 3 alt kabuğu vardır. M kabuğunun M_I , M_{II} , M_{III} , M_{IV} ve M_V olarak 5 alt kabuğu vardır. K kabuğu 2, L kabuğu 8 ve M kabuğu 18 elektron içerebilir. Bir elektronun enerjisi bulunduğu kabuğa ve ait olduğu elemente bağlıdır. Bir atom yeterli enerjiye sahip elektrona ya da X-ışını fotonla etkileştiği zaman atomdan bir elektron koparılabilir (Söğüt, 2008). Herhangi bir yolla bir atomdan elektron sökülürse veya daha üst enerji seviyelerine çıkarılırsa

atom uyarılmış olur. Bu uyarıma genellikle, hızlandırılmış elektronlarla, X-ışını tüpünden yayınlanan X-ışınları ile radyoizotop kaynaktan yayınlanan fotonlarla, proton, nötron ve α -parçacıklarıyla, ikincil (sekonder) X-ışınları ile gerçekleştirilir. Bu yöntemlerden biriyle atomun herhangi bir tabakasından sökülen elektronun yerine çok kısa bir zaman içerisinde (10^{-8} ~ 10^{-9} s arasında) üst tabakalardan bir elektron geçişi olur. Bu geçiş sırasında bir foton yayımlanır. İç tabakalar arasındaki elektron geçişinden yayımlanan bu fotona, o elementin karakteristik X-ışını fotonu denilir. Bu ışınlar ile optik ışınlar arasındaki en önemli fark; optik spektrumda görünür bölgededir. Örneğin 5000 Å dalga boylu çizgiyi oluşturan foton enerjisi 2.48 eV iken X-ışınları spektrumunda, 1 Å dalga boylu bir fotonun enerjisi, bundan yaklaşık olarak beş bin kez daha büyük olup 1.24×10^4 eV' dur. Bunun sonucu olarak da çekirdeğe en uzak değerlik (valans) elektronlarının uyarılmış oldukları düzeylerden daha alttaki enerji düzeylerine geçmeleriyle oluşan optik ışınlarının aksine, karakteristik X-ışınları madde içindeki bir elementin herhangi bir atomun elektronlarının uyarılması sonucunda oluşan, elektron geçişleri çekirdeğe en yakın enerji düzeyleri arasında olmaktadır. Mesela K kabuğunda meydana gelen bir boşluğun diğer üst tabakalardaki elektronlardan biri tarafından doldurulması sırasında meydana gelmektedir (Şahin, 1989; Tuzluca, 2007). Şekil 1.7. Karakteristik X-ışınlarının üretimi verilmiştir. Üst yörüngeden alt yörüngeye olan geçişlerin her birinde iki yörünge arasındaki enerji farkı kadar enerjili bir X-ışını fotonu yayımlanır. Bu fotonlara karakteristik X-ışını flüoresans fotonu denir (Bertin ve Eugene, 1975).



Şekil 1.7. Karakteristik X-ışınlarının üretimi

Karakteristik X-ışınları birçok yöntemle üretilebilir.

1. Hedefi, elektronlarla bombardıman etmek.
2. Protonlar, alfa parçacıkları veya hızlandırıcılardan gelen diğer iyonlar ile bombardıman etmek.
3. X-ışını tüplerinde oluşan birincil X-ışınları ile bombardıman etmek.
4. Radyoizotoplardan yayınlanan alfa, beta, gama parçacıkları ile bombardıman etmek.
5. Hedef elementten yayınlanan ikincil X-ışınları ile bombardıman etmek.
6. Doğal (iç dönüşüm, K yakalama, β bozunumu) radyoaktif oluşum.

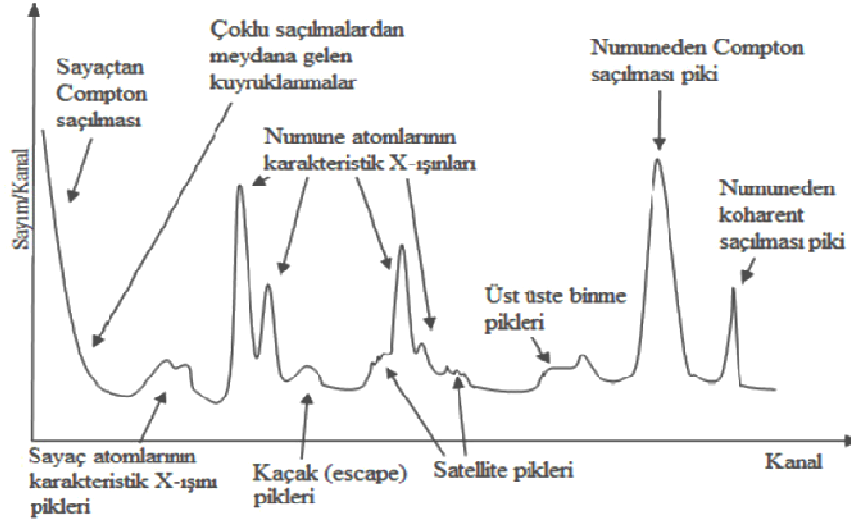
1.4.1. X-ışını spektrumu

Şekil 1.8'de tipik bir X-ışını spektrumu görülmektedir. Bu spektrumda, karakteristik X-ışını pikleri, koherent saçılma pikleri, inkoherent saçılma pikleri, kaçak pikler ve üst üste binme pikleri mevcuttur (Van Grieken ve Markowicz, 1992; Bütün, 2007). Karakteristik X-ışını pikleri, incelenen numunedeki elementlerden gelen ve elementler hakkında bize bilgi veren $K\alpha$, $K\beta$, $L\alpha$, $L\beta$, $L\gamma$, ... gibi piklerdir.

Koherent saçılma pikleri; kaynaktan numuneye gelen birincil (primer) gamma ışınlarının numune içerisindeki atomlardan enerjisini kaybetmeden saçılması sonucu oluşurlar.

- a) **Kaçak pik;** incelenen numunedeki yayımlanan karakteristik X-ışını fotonları detektöre ulaştıklarından detektör atomlarının birinden bir elektron sökerek elektron hol çifti oluşturur (Söğüt, 2000). Bu olay sonunda yayımlanan karakteristik X-ışınları bir etkileşme yapmadan detektörü terk ederse detektöre gelen fotonlar gerçek enerjilerinden daha az bir enerji ile sayılırlar. Bu şekilde düşük enerji bölgesinde bir pik meydana gelir. Bu pike kaçak pik denir.
- b) **Üst üste binme (Pile-up) piki,** detektöre aynı anda gelen iki veya daha fazla karakteristik X-ışını fotonunun detektör tarafından bir tek foton gibi sayılması sonucu oluşan piktir.
- c) **Compton piki** (Erdoğan, 1976), kaynaktan numuneye gelen primer gamma ışınları numune içerisinde inkoherent saçılmaya uğradığında, enerjilerinin bir kısmını kaybederler. Bu şekilde saçılmaya uğrayan fotonlar Compton pikini oluştururlar. Enerji kaybından dolayı Compton piki, koherent pikten daha düşük enerjiye sahip

olan bölgede oluşur. Şekil 1.8. Tipik bir karakteristik X-ışını spektrumu gösterilmiştir.



Şekil 1.8. Tipik bir karakteristik X-ışını spektrum (Söğüt, 2000).

1.4.2. Sürekli X-ışınları

Sürekli X-ışını, hızlandırılmış elektronların ağır çekirdek yakınından geçerken yavaşlayarak enerjisinin önemli bir kısmını X-ışınına dönüştürmesi ile oluşur. Sürekli X-ışınları, elektronlar, protonlar veya α parçacıkları gibi yüksek enerjili, yüklü parçacıkların ağır çekirdeklerin Coulomb alanından geçerken Coulomb çekimi nedeniyle enerji kaybetmeleri sonucu meydana gelirler. Bu etkileşimde elektronun ıdığı enerji, sürekli spektrum veya Bramstrahlung (frenleme radyasyonu) spektrumu olarak isimlendirilir. Sürekli X-ışınlarının enerjisi üç faktöre bağlıdır. Bunlar; yüksek hızlı elektronun enerjisi, hedef malzemenin yoğunluğu ve elektronun hareket doğrultusu ile frenleyici çekirdek arasındaki uzaklık çekim kuvveti, artan uzaklıkla azalır (Aygün ve Zengin, 1993). Sürekli X-ışınları oluşumu şekil 1.2'de verilmiştir. Sürekli X-ışını spektrumları geniş bir frekans aralığını kapsayan sürekli bir ışımaya karşılık gelmektedir. Bu nedenle sürekli X-ışınlarına beyaz X-ışınları denilir.

Klasik elektromanyetik teoriye göre; 'ivmeli hareket eden yükler elektromanyetik ışımada bulunurlar. Yüksek enerjili elektronlar bir hedefe çarptıkları zaman bu elektronların enerjilerinin % 1' i sürekli X-ışınlarının oluşmasına yol açar. Hedefe (bir X-ışını tüpünde

anot hedef numunesidir) çarpan elektronlardan çok az bir kısmının enerjilerinin tamamı soğurular' şeklindedir. Soğurulan enerji karakteristik X-ışını olarak yayımlanır. Bu elektronlar maksimum frekanslı veya minimum dalga boyu ışımalara sebep olurlar. Bunun dışında, enerjisi kademeli olarak X-ışınlarına dönüşenler de sürekli spektrumun diğer dalga boyu ve frekanslarının oluşumuna yol açar. (Aygün ve Zengin, 1993). Kuantum teorisinde, bir X-ışını tüpünde elektronlarla meydana getirilen sürekli X-ışını spektrumu, uyarıcı elektronların maksimum enerjilerine karşılık gelen, λ_{\min} kısa dalga boyu sınırıyla karakterize edilir;

$$\lambda_{\min} = \frac{h \cdot c}{e \cdot V_0} \quad (1.3)$$

burada h Planck sabiti ($6.62 \cdot 10^{-27}$ erg.s.), c ışık hızı, e elektronun yükü ve V_0 ise tüpe uygulanan potansiyeldir. Bir X-ışını tüpünde elektronlar tarafından meydana getirilen sürekli X-ışını spektrumu aşağıdaki özelliklerle karakterize edilir.

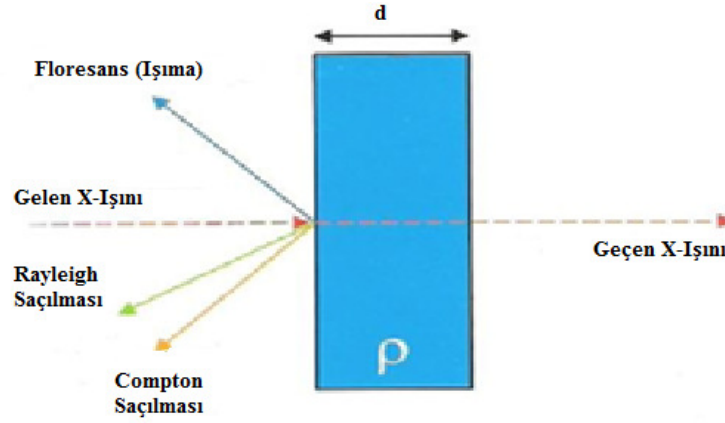
- Kısa dalga boyu limiti λ_{\min} altında dalga boyu gözlenemez.
- Maksimum şiddetin dalga boyu λ_{\max} yaklaşık olarak $\lambda_{\min} / 2$ 'dir.
- Toplam şiddet, tüp voltajı ve hedef maddesinin atom numarası (Z) ile orantılıdır.

1.4.3. X-ışınlarının madde ile etkileşmesi

Monokromatik bir ışın demeti, sonsuz kalınlıktaki bir maddeden geçirildiğinde şiddetinde azalma olur. Maddeyi geçebilen ışın demetinin şiddeti, maddeye gelen ışın demetinin şiddetine, maddenin kalınlığına ve cinsine bağlı olarak,

$$I = I_0 e^{-\mu t} \quad (1.4)$$

bağıntısı ile verilmektedir. Burada, I_0 gelen ışının şiddeti, I geçen ışının şiddeti, μ lineer soğurma katsayısı ve t ise madde kalınlığıdır. Şekil 1.9'de X-ışınlarının madde ile etkileşmesi verilmiştir.



Şekil 1.9. X-Işınının madde ile etkileşmesi

X-ışınlarının madde ile etkileşmesi sonunda, fotoelektrik olay saçılma (inkoherent ve koherent saçılma) ve çift oluşum gibi temel olaylar oluşur. Bu olaylar oluşurken, örneğin fotoelektrik olayı takiben Auger olayı da oluşabilir.

1.4.4. X-ışınlarının genel özellikleri

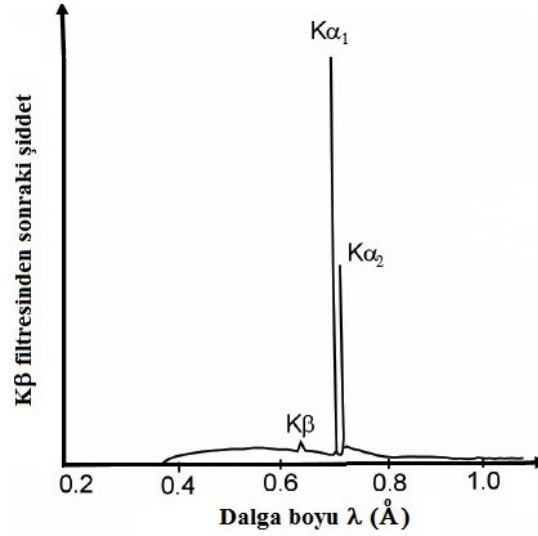
X-ışınları hem dalga hem tanecik özelliği gösterirler. Dolayısıyla çift karakterlidirler. Fotoelektrik soğurulma, Compton saçılması (inkoherent saçılma), gaz iyonizasyonu ve sintilasyon tanecik özellikleri; hız, polarizasyon ve Rayleigh saçılması (koherent saçılma) dalga özellikleridir. Tanecik karakteri gösteren elektromanyetik radyasyona foton denir (Bertin ve Eugene, 1975; Bütün, 2007). X-ışınlarının genel özellikleri Tablo 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1. X-ışınlarının genel özellikleri

Genel özellikler	Etkileşme sonucu maddeden çıkan tanecik
-Sürekli spektrum verir.	-iyon
-Çizgi spektrum verir.	-Fotoelektron
-Işık hızı ile yayılır.	-Auger elektronu
-Doğrular halinde yayılır.	-Geri tepme elektronu
-Elektrik ve manyetik alandan etkilenmezler.	-Elektron pozitron çifti
Yapabileceği fiziksel olaylar	X-ışını soğurmasının kalıcı sonuçları
-Transmisyon	-Radyasyon tahribatı
-Kırılma	-Sıcaklık artması
-Yansıma	-Fotoelektrik İyonizasyon
-Polarizasyon	-Genetik değişme
-Koherent saçılma, İnkohorent Saçılma	-Hücrenin Ölümü
-Fotoelektrik olay	

1.4.5. Karakteristik ve sürekli x-ışını spektrumlarının karşılaştırılması

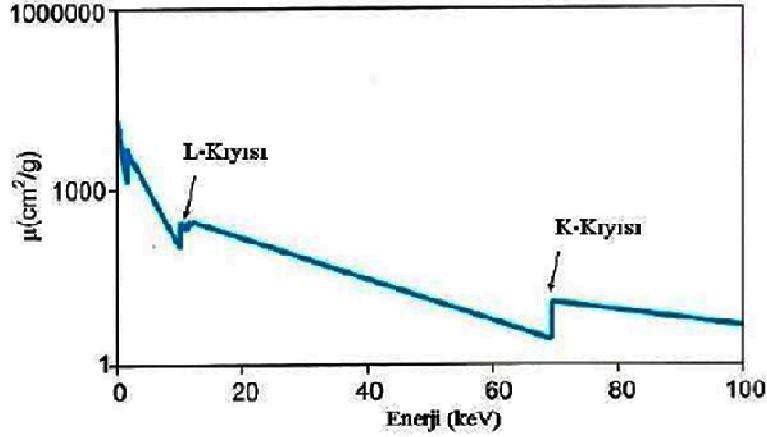
Bir X-ışınları tüpü çizgi ve sürekli spektrumu aynı anda yayınlarlar. Sürekli spektrumun şiddeti atom çizgilerine göre daha çok zayıftır. Atomun belli bir seviyesi, özellikle K seviyesi, tarafından yayınlanan çizgi spektrumun sade olması dolayısıyla X-ışınları tüpleri etrafa tek renkli bir ışın yayınlarlar. K-soğurma kenarı $K\alpha$ ve $K\beta$ çizgileri arasındaki bir dalga boyunda olan bir metal, soğurucu olarak seçilirse, K-kenarından daha kısa dalga boylarındaki bütün ışınlar, uzunlardan daha fazla soğurulacaktır. Bu metalin uygun kalınlıkta bir şerit demetin içine yerleştirilirse, şerit istenmeyen bir sürü dalga boylarını bir miktar azaltacak veya hemen hemen yok edecek ve $K\alpha_1$ ve $K\alpha_2$ dalga boylarını kırınım deneylerinde kullanabilmek için yeterli şiddette bırakacaktır. Böyle bir soğurucuya $K\beta$ süzgeci denir (Barrett, 1984; Bütün, 2007). X-ışınları tam anlamıyla tek renkli yapmak için metalik yapraklardan yapılmış filtreler kullanılır. Şekil 1.10. X-ışınları spektrumunun K-soğurma kenarından daha kısa olan bütün dalga boylarının şiddetlerini oldukça azaltan bir β filtresinden geçtikten sonraki durumu grafikte gösterilmiştir.



Şekil 1.10. X-ışınları spektrumunun K-soğurma kenarından daha kısa olan bütün dalga boylarının şiddetlerini oldukça azaltan bir β filtresinden geçtikten sonraki durumu (Barrett, 1984).

1.4.6. X-Işınları soğurma kıyısı

Bir elementin atomundaki herhangi bir orbitalinden elektron koparabilecek en küçük enerjili veya en büyük dalga boylu fotonun enerjisi, atomun o enerji seviyesinin soğurma kıyısıdır (Bertin, 1975). Soğurma kıyısı bir elementin kabuklarındaki elektronların bağlanma enerjisine karşılık gelir. Soğurma dalga boyu, atomun belli bir tabakasındaki bir elektronun soğurma kıyısının dalga boyundan daha kısadır (Jenkins, 1974). Bir atomun her kabuğunda $(2\ell+1)$ tane alt kabuk bulunmaktadır. K kabuğunda bir alt kabuk olduğundan bir soğurma kıyısı vardır. K (λ_{Kab}) olarak adlandırılır. L tabakasının üç alt tabakası olup $L(L_{Iab}, L_{IIab}, L_{IIIab})$ olan üç soğurma kıyısı ve M tabakasının beş alt tabakası olup M ($\lambda_{MIab}, \lambda_{MIIab}, \lambda_{MIIIab}, \lambda_{MIVab}, \lambda_{MVab}$) şeklinde gösterilir. Her elementte çekirdeğe yakın tabakalara gidildikçe soğurma kıyısı dalga boyunda azalma görülür. ($\lambda_{Kab} < \lambda_{LIab} < \lambda_{LIIab} < \lambda_{LIIIab} < \lambda_{MIab} < \lambda_{MIIab} < \lambda_{MIIIab} < \lambda_{MIVab} < \lambda_{MVab}$). Şekil 1.11’de soğurma kıyıları grafiği verilmiştir.



Şekil 1.11. Soğurma kıyıları (Brouwer, 2003).

1.4.7. X-ışını spektrumunun avantajları

Bir X-ışını spektrumu basit ve düzensizdir. Seçim kuralları birçok elektron geçişini içerir ve izinli geçişlerin çoğu önemli sayılabilecek kadar zayıf çizgilerle sonuçlanır. Genellikle her element optik çizgilerinden daha zayıf X-ışını çizgilerine sahiptir. Ancak bu zayıf geçişler spektro- kimyasal analitin temelini oluşturur. Her element aynı K, L ve M çizgilerini içerir (Söğüt, 2000). X-ışınları maddeyle etkileştiğinde aşağıdaki olaylar gerçekleşebilir;

1. Gelen ışınla aynı dalga boyunun üretildiği uyumlu (koherent) saçılma gerçekleşir. Diğer bir deyişle saçılan ışınlardaki fotonların enerjisi gelen ışınla karşılaştırıldığında değişmeden kalır.
2. Uyumlu olmayan (Compton) saçılma gerçekleşir. Burada saçılan ışının dalga boyu, elektronlarla çarpışmanın sonucunda foton enerjisindeki kısmi azalmadan dolayı artar.
3. X-ışınlarının soğrulması olayı gerçekleşir. Soğrulma olayı; bazı fotonların saçılmadan dolayı rastgele yönlerde dağılmalarıyla ve bazı fotonların da atomdan elektron çıkartarak enerjilerini kaybetmesidir.

Kristal örgüyle X-ışınlarının etkileşmesi düşünüldüğünde, koharent olmayan saçılma düşünülmez ve genelde de ihmal edilir. Soğurma önemli olduğu zaman ayrı bir etki olarak hesaba katılmalıdır. Genel olarak X-ışınlarının bir kristalle etkileşmesi karmaşıktır. Kırınımın kinematik ve dinamik olmak üzere iki farklı seviyesi vardır. Kinematik

etkileşmede saçılan bir ışın, ikincisinin veya kırınımına uğramış ışının tekrar atomla etkileşmesine izin vermez. Böylece kırınımın kinetik teorisi, kristalle kırınımına uğramış ışının etkileşmesinin ihmal edilecek kadar küçük olduğunu varsayar. Bu varsayım bazı postülalar gerektirir;

- ✓ Bir kristal, birbirleriyle düzenli yapı oluşturmeyen kristal blokları içerir.
- ✓ Kristalin boyutu küçüktür,
- ✓ Kristallerin yanlış hizalanması mümkündür.

Bu yüzden mozaik blokların boyutunu aşan uzunluk skalasındaki materyallerle X-ışınlarının etkileşmesi ihmal edilir. Tersine dinamik teori kırınımına uğramış ışınların saçılmasını ve kristal içindeki diğer dalgaların etkileşmesini hesaba katar bundan dolayı teoremin matematiksel yaklaşımı oldukça karmaşıktır. Kristal hemen hemen mükemmel olduğunda ve radyasyonla materyallin etkileşmesi iyi olduğunda dinamik teori önem kazanır. Fakat dinamik etkileşme kristalin tamamı düşünüldüğünde küçüktür. Büyük dinamik etkileşmeler (birincil ve ikincil uyarılmalar, eş zamanlı kırınım, termal difüzyon saçılma ve diğerleri) kinematik kırınım teoriyle bağlantılı olarak uygulanır. Kinematik teori basittir ve doğru olarak mozaik kristallerden X-ışınlarının kırınımını tanımlar. Bu özellikle kristal boyutunun küçük olduğu polikristal materyaller için doğrudur.

1.5. X-Işınlarının Fizyolojik Etkisi

Yüksek enerjili her ışın gibi X-ışınları da dokular için zararlıdır. En zararlı ışınlar yumuşak X-ışınlardır, bu ışınlar hücre tarafından soğrulur veya bu kazanç hücre içinde yaralanmalara sebep olur. Radyo kristalografide kullanılan ışınlar ve bu ışınlardan oluşan X-ışınları dokular için çok zararlı olurlar. Radyolojide kullanılan ışınlar, az zararlıdır ve sertlikleri dolayısıyla çok daha az soğrulurlar. Eller ve vücudun diğer kısımları X-ışınlarına hedef olduğundaki tehlikeli duruma yanık denir. Fakat bu güneş yanığından çok daha fazla zararlıdır. Yanıklara, X-ışınlarından çıkan ısı neden olmayıp, ısının doğurduğu yanıklardan da farklıdır. X-ışınlarına hedef olunduğunda ani bir acıma duygusu da duyulmaz. İyileşmesi diğer yanıklardan çok daha yavaş olur. X-ışınları tüpünden doğrudan doğruya gelen demetin yanı sıra, saçılmış, flüoresans, uyumlu ve uyumlu olmayan ışınımlar da tehlikelidirler. Modern X-ışını cihazları, bütün bu tehlikelere karşı korunmak üzere dikkatlice tasarlanmış ve güvenlik düzenekleri ile donatılmışlardır (Yalçın, 2005; Bütün, 2007).

1.6. X-Işım Flüoresans (XRF)

Günümüzde XRF tekniği metalürjide alaşım analizlerinde, endüstri problemlerinde, sanat ve arkeolojide, kalite kontrollerinde, jeolojik cevher analizlerinde, tıp alanında, çevre kirliliği ve daha birçok sahadaki katı veya sıvı fazlı numune analizlerinde kullanılmaktadır. Özellikle maden cevheri ve toprak numunelerinin sahasından alınmış sekli ile, tahribatsız olarak kalitatif ve kantitatif analizinin kısa sürede yapılması ancak XRF tekniği ile mümkündür (Mantler ve Schreiner, 2000; Bütün, 2007).

1.7. X- Işım Enerji Seviyeleri

Bir atomun herhangi bir alt kabuğundan bir elektron sökülerek uyarıldığında, oluşan boşluklar, daha yüksek tabakalardaki elektronlar tarafından 10^{-8} sn içerisinde seçim kurallarına göre doldurulur. Bir foton tarafından atomun K seviyesi uyarılırsa, K tabakasında oluşan boşluk atomun üst L, M, N, ... tabakalarındaki elektronlar tarafından doldurulur. Bu boşluk L tabakasındaki elektronlar tarafından doldurulursa meydana gelen karakteristik X-ışını $K\alpha$, diğer üst fotonlar tarafından doldurulursa $K\beta$ karakteristik fotonları ortaya çıkar. Bu fotonların saçılmasıyla da K karakteristik çizgileri elde edilir. L ve M karakteristik çizgileri de buna benzer şekilde elde edilir (Bertin,1975). K kabuğundaki boşluk diğer kabukların alt kabuklardaki elektronlar tarafından doldurulduğunda yayımlanan fotonlar Siegbahn gösterimine göre adlandırılır. Siegbahn gösterimleri çizelge 1.2' de verilmiştir.

Çizelge 1.2. X-Işını Diyagram Çizgilerinin Siegbahn Gösterimleri (Siegbahn, 1974)

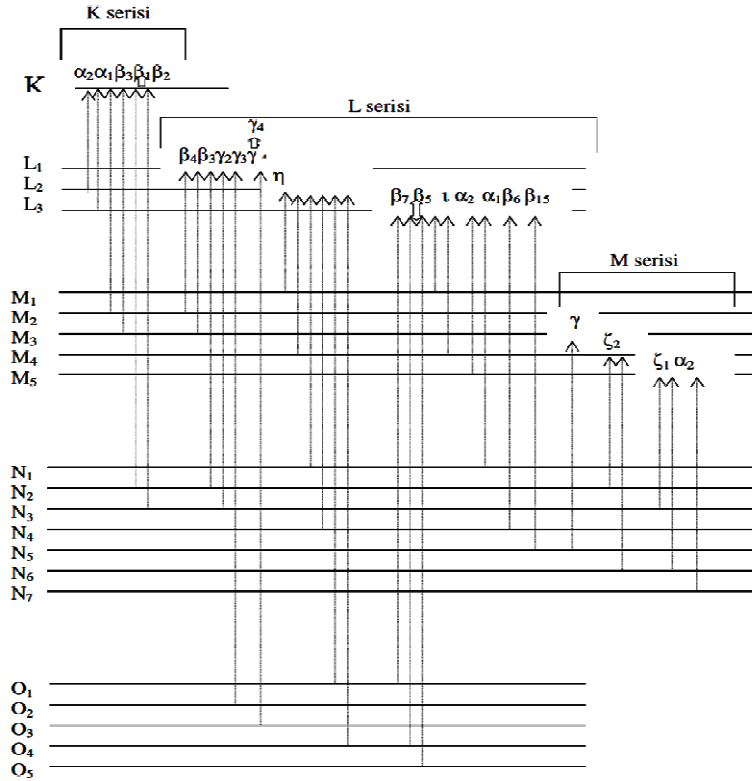
Karakteristik K X-ışınları	Karakteristik L X-ışınları
$K\alpha_1 = K - L_3 \quad (L_3 \rightarrow K)$	$L\alpha = L\alpha_1 + L\alpha_2$
$K\alpha_2 = K - L_2$	$L\beta_1 = L_2 - M_4$
$K\alpha = K\alpha_1 + K\alpha_2$	$L\beta_{2,15} = (L_3 - N_5) + (L_3 - N_4)$
$K\beta_1 = K - M_3$	$L\beta_3 = L_1 - M_3$
$K\beta_2 = K - N_3 + (K - N_2)$	$L\beta_4 = L_1 - M_2$
$K\beta_3 = K - M_2$	$L\beta_5 = (L_3 - O_4) + (L_3 - O_5)$
$K\beta_4 = (K - N_4) + (K - N_5)$	$L\beta_6 = L_3 - N_1$
$K\gamma_5 = (K - M_4) + (K - M_5)$	$L\beta_7 = L_3 - O_1$
$K\beta_1' = K\beta_1 + K\beta_2 + K\beta_5$	$L\beta_7' = L_3 - O_{VI, VII}$
$K\beta_2' = K\beta_2 + K\beta_4 + \text{Daha Yüksek}$	$L\gamma_1 = L_2 - N_4$
Seviyelerden Geçişler	$L\gamma = L_3 - M_1$
$K\beta = K\beta_1 + K\beta_2 + K\beta_3 + K\beta_4 + K\beta_5 + \dots$	$L\gamma_2 = L_1 - N_2$
$L\alpha_1 = L_3 - M_5$	$L\gamma_3 = L_1 - N_3$
$L\alpha_2 = L_3 - M_4$	$L\eta = L_2 - M_1$

1.7. 1. Geçişler

Atomda her hangi bir yolla meydana getirilen boşluk, ışıklı ve ışımsız olmak üzere iki geçiş şekliyle doldurulabilir. Her iki geçiş sırasında da başlangıçtaki iç tabaka boşluğu daha yüksek bir tabakaya veya alt tabakaya aktarılır ve buna ilaveten daha yüksek tabaka boşlukları meydana getirilir. Alt tabakalardan üst tabakalara olan kademeli boşluk geçişleri, tüm boşluklar en dış tabakaya ulaşıncaya kadar devam eder (Puri ve ark., 1993). Boşluklar rastgele elektron geçişleriyle doldurulamaz. Tabakalar arası geçişler bir takım kurallara göre olmaktadır. Bu kurallara seçim kuralları denilmektedir (Söğüt, 2010). Bu kurallara uygun geçişlerle atom temel hale geçebilir. Seçim kurallarına uygun geçişlere normal veya diyagram geçişleri ve bu geçişler sonucunda meydana gelen çizgilere de normal veya diyagram çizgileri denir. X-ışını spektrumlarında gözlenen flüoresans çizgilerinin çoğu normal çizgiler iken seçim kaidelerine uymayan çizgilerde gözlenir. Bu çizgilere yasaklanmış veya nan-diyagram çizgiler denir (Bertin, 1975). Bu geçişlerden farklı olarak, aynı tabakanın alt tabakaları arasında da geçişler mevcuttur. Bu geçişlere

Coster- Kronig geçişleri denir ve ışımali ve ışımaz olmak üzere iki kısımdan oluşur. çizelge 1.3'de X-ışınlarının geçişleri verilmiştir.

çizelge 1.3. X-ışını enerji seviyeleri diyagramı (Van Grieken ve Markowicz, 1992)



1.8. Kuantum Sayıları ve Atomik Yörüngeler

Her atom merkezde çekirdek ve çekirdeğin etrafındaki yörüngelerde dolanan elektronlardan oluşmaktadır. Elektronlar ise çekirdekten uzaklıklarına göre gruplandırılmışlardır. Yörüngede dolanan elektronların her birine bir enerji değeri karşılık gelir ve bu elektronlar dört kuantum sayısı ile tanımlanır:

- Baş kuantum sayısı (n) : $n=1, 2, 3, 4, \dots$ gibi tam sayı değerleri alır ve yazıldıkları sırayla K, L, M, N, ... kabuklarına karşılık gelirler. Elektronun çekirdeğe bağlanma enerjisi $1/n^2$ ile orantılıdır.
- Yörüngesel kuantum sayısı (l): $l=0, 1, 2, 3, 4, \dots(n-1)$ değerlerini alır ve yazıldığı sırayla s, p, d, f, g, ... alt kabuklarına karşılık gelir. Bu kuantum sayısı orbitallerin şeklini belirler.

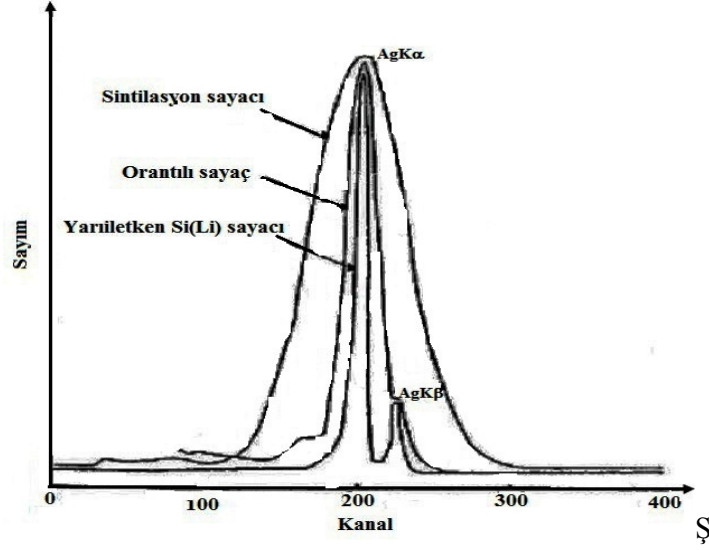
- c) Magnetik kuantum sayısı (m_l): Açısal momentumun magnetik alan üzerindeki izdüşümüdür ve magnetik alanda yörüngenin yerleşimini gösterir. $m_l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$ değerlerini alır.
- d) Spin magnetik **kuantum** sayısı (m_s): Elektronun spinin saat yönünde veya ters yönde olduğunu gösterir ve sadece $m_s = \pm 1/2$ değerlerini alır. Orbital, bir elektron için n , l ve m_l 'nin belirttiği dalga fonksiyonudur. Herhangi bir l alt kabuğundaki orbital sayısı ($2l + 1$) ve herhangi bir n kabuğundaki orbital sayısı ise n^2 ile verilir (Söğüt, 2000).

1.9. Dedektör (Sayaç) Çeşitleri

Karakteristik X-ışınları sintilasyon, katıhal ve orantılı dedektörler ile sayılırlar. Bu dedektörlerin ayırma gücü (rezülasyonu) birbirinden farklıdır. Katıhal dedektörleri, ayırma gücü en iyi ve elektron-boşluk çifti meydana getirmek için gerekli en düşük enerjili dedektörlerdir. Bu dedektörler aynı zamanda verimi en büyük olan ve en yaygın kullanılan dedektörlerdir. Dedektör kendisine gelen foton enerjisinin tamamını, bu enerji ile doğru orantılı olan elektrik pulsuna dönüştürülürler (Bertin, 1975).

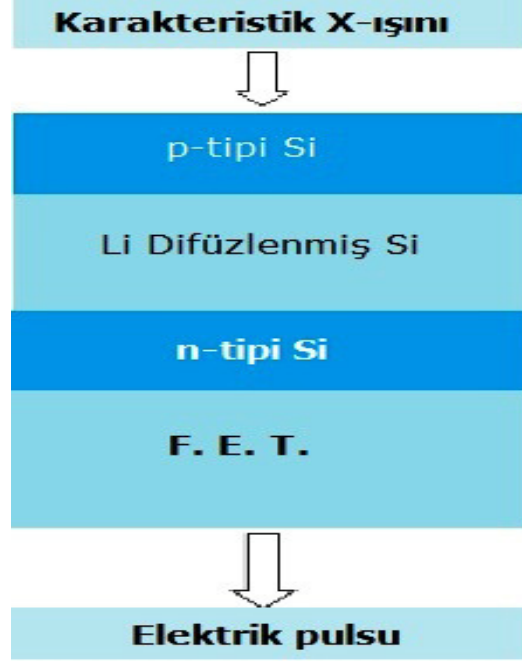
1.9.1. Yarı iletken dedektörler

X-ışınları spektrum çizgilerinin sayılması değişik araştırma alanları için çok önemlidir. X-ışınları sayılmasında farklı dedektör tipleri kullanılmaktadır. Dedektör seçiminde; dedektör tipi, duyarlı olduğu enerji bölgesi, ayırma gücü (rezülasyon) gibi faktörlere dikkat edilmelidir. Bazı dedektörlerin ayırma güçleri Şekil 1.12'de verilmiştir. Karakteristik X-ışınlarının enerjilerinin birbirine yakın ve genel olarak düşük enerji bölgesinde olmalarından dolayı bu enerji bölgesinde dedektör verimliliği ve ayırma gücü en iyi olan dedektörler yarı iletken dedektörlerdir. (Bertin, 1975).



Şekil 1.12. Bazı Dedektörlerin Ayırma Güçleri (Bertin, 1975).

Lityum sürüklenmiş yarı iletken dedektörler, bir pozitif (p-tipi) bölge ve bir negatif (n-tipi) bölgeler arasında intrinsik (i-tipi) bölgeye sahip bir kristalden ibarettir. İntrinsik bölge, uygun şartlar altında p-tipi silisyum (veya germanyum) içerisine lityum sürüklenmesi ile meydana gelir. Dolayısıyla böyle bir sayaç p-i-n tipi bir diyottur ve en önemli fiziksel iki özelliği kalınlığı ve alanıdır. Dedektör yüzeyinin ince p-tipi tabakası aktif değildir. Yani sayma işlemine katkısı olmayan bu tabakaya ölü tabaka denilir. Sayım için önemli olan faktörlerden biri de geometrik verimliliktir (Bertin, 1975). Geometrik verimlilik, dedektörün alanı arttıkça artar fakat bu da ayırma gücünü azaltır. (Bowman ve ark., 1966). Soğurma verimliliği de kalınlık arttıkça artar. Elektrotlar, lityum sürüklenmesi ile elde edilmiş silisyum veya germanyum yüzeyine yaklaşık 200 Å kalınlığında altın buharlaştırılmasıyla elde edilir. Dedektörün yüksek kazançlı olmasını sağlayan, üzerine yerleştirilen alan etkili transistör (F.E.T) dür (Bertin, 1975). Si (Li) Schreiner, 2000; Bütün, 2007). Si(Li) dedektörünün şematik gösterimi şekil 1.11.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.13. Si (Li) Dedektörünün Şematik Gösterimi

Katıhal dedektörleri, en uygun ayırma gücünü elde etmek, oda sıcaklığında kolayca buharlaşan lityumun buharlaşmasını önlemek ve elektronik gürültüyü azaltmak için sıvı azot sıcaklığında (-196°C) tutulmalıdır. Sayaç sıvı azot ile sürekli termal temas halindedir. Dedektör dış ortamdan gelebilecek yüzey kirlenmesini önlemek ve kristali vakumda tutmak için $25\ \mu\text{m}$ kalınlığında berilyum pencere ile koruma altına alınmıştır (Canberra, 1995).

Katıhal sayaçlarında, 300-1000 volt arasında bir ters besleme voltajı ile meydana getirilen alan, sayaçta oluşan elektron-boşluk çiftlerinin, ön amplifikatöre sürüklenmesini ve hassas bölgenin genişlemesini sağlar. Bu sayaçlarda; elektrotlar Au ile kaplanmış $200\ \text{\AA}$ kalınlığındadır. $\lambda \geq 10\ \mu\text{m}$ kalınlığında berilyum pencereyle dedektör çarpmalara ve darbelere karşı koruma altındadır. Dedektör -196°C sıvı azot sıcaklığında tutularak en uygun rezülasyonu sağlar ve gürültü azaltılır. Ayrıca oda sıcaklığında lityum buharlaştığı için (çünkü lityum oldukça yüksek difüzyon oranına sahiptir) sıvı azot sıcaklığında tutulmalıdır. Bu dedektör çalışırken ve çalışmazken değişmeyen bir durumdur. Ayrıca yarı iletken teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak sıvı azot sıcaklığına ihtiyaç duymayan Si(Li) dedektörler geliştirilmiştir ve bunlar oda sıcaklığında çalışabilir ve kullanırken soğutulmaları gerekmez. Ancak vakum uygulaması her zaman gereklidir. Çünkü uzun

dalga boylu uygulamaları yapmak, dedektör üzerinde nem yoğunlaşmasını azaltmak ve puls üretiminde puls dedektör gürültüsünün dışında tutmak için vakum uygulaması yapılmalıdır (Söğüt,1995). Bu dedektörlerde iç yükseltme eksikliği nedeniyle düşük gürültülü yüksek kazanç yük hassasiyetli ön yükseltici toplam biriktirilen yükü akım pulsuna katmak için gereklidir. Bu fonksiyon için bir alan etkili transistor (FET) kullanılır. Gürültü seviyesinin azaltılması ve FET'in dedektörün gerçek bir parçası olması için sıvı azot sıcaklığında tutulmalıdır. Akım pulsusu sonradan yükseltilir ön yükseltici kısmına ek olarak potansiyel pulsuna dönüştürülür (Bertin, 1975).

Si'nin 3mm tabakası 30kV'da yüklü fotonların %50'sini soğurur. Ancak fotoelektrik soğurma foton enerjisinin artmasıyla hızlı bir şekilde azalır. Si(Li) dedektörlerinin bir avantajı kaçak piklerin az olmasıdır. Bunun nedeni, düşük flüoresans veriminin Si dedektörlerin kullanım alanı dışında olmasıdır. Bunlardan ilki Compton kaçak pikidir. Enerji ayırmalı spektrometrelerde kaynak-numune-dedektör düzenlenmesi X-ışını tüpünden birincil X-ışınlarının, ikincil hedef ya da radyoizotop kaynaktan dedektöre saçıcılar için uygundur. Genellikle numune düşük atom numaralı bir destekleyici ile desteklenir ve numune dedektör mesafesi küçüktür. Şayet birincil X-ışınları genellikle spektral çizgileri oluşturuyorsa azaltılmış ya da azaltılmamış saçılan birincil X-ışınları Si(Li) dedektör çıkışında puls dağılımı verir. Bununla beraber, genellikle Compton saçılması olmak üzere kendileri de dedektörden saçılır. Sonuç olarak yayılmış geniş bir temel sayma spektrumunun düşük enerjili bölgesinde görünür ki buna Compton-kaçak pik sürekliliği denir. Ancak az veya çok yüksek enerjili bölgenin kenarında da Compton kaçak kenarı iyi tanımlanmalıdır.

Diğer bir kaçak pik ise dedektör üzerine gelen X-ışınları Si'nin K X-ışınlarını uyarabilir ve ölü tabakada soğurulma oluşur. Si'nin K X-ışınlarını uyarabilecek gelen X-ışınları için ($\lambda < \lambda_{Si}$, 6,74Å, $E_x > V_{Si}$, 1,84 keV). Kaçak pik şiddeti dalga boyunun artmasıyla artar (Söğüt, 2000).

1.9.1.1. Yarı iletken Si (Li) dedektörünün avantajları

Lityum drift edilmiş silisyum dedektörlerinin altı temel avantajı vardır (Bertin, 1975).

1. Enerji dönüşümü çok yeterlidir. Bir elektron-boşluk çifti oluşturmak için sırasıyla Si'de 3.8eV ve Ge'de 2.9eV gereklidir. Bu gazlı dedektörler (NbI sintilasyon

dedektörü) ile karşılaştırıldığında elektron-boşluk çifti oluşturmak için 20-26eV gereklidir.

2. Puls yükseklik dağılımının FWHM'si 6-8 keV foton enerjisinde 130 eV kadar küçülür. Art arda gelen atom numaraları için aynı serinin spektral çizgileri çözülebilir.
3. Dedektör şayet uygun kalınlıktaysa (~3mm) kullanışlı spektral bölgenin çoğu üzerinde %100 kuantum (sayma) verimine sahiptir.
4. Si(Li) dedektörü yaklaşık 10000 sayma/s'nin üzerindeki şiddetlerde puls yükseklik kayması ve genişlemelerden bağımsızdır.
5. Yarı iletken dedektörler genellikle Ge(Li) sıradan kristal spektrometrelerle yapılandan daha yüksek verim ve rezülasyonla en ağır elementlerin K çizgilerinin ölçülmesini sağlar.
6. Bu dedektörlerin küçük olmasının diğer bir avantajı da geometri oluşumunda kolaylıklar sağlamasıdır.

1.9.1.2. Si (Li) dedektörünün dezavantajları

1. Li'nin yüksek değişkenliği sebebiyle oda sıcaklığında kolayca buharlaşabilmesi ve sürekli sıvı azot sıcaklığında tutulması.
2. Sıvı azot sıcaklığında 6keV'den küçük enerjiler için gürültü seviyesi bağıl olarak yüksektir. Bu %1 analit konsantrasyonu için, 11 'den (sodyum) daha küçük olmayan atom numaralarını dedektör uygulamalarını sınırlar.
3. Dedektör bağıl düşük şiddetlerde sınırlandırılır. 20000 sayım/s 'den daha fazla değil, rezülasyon şiddeti artarken hızla bozulur. Dedektörler 50000 sayma/s kadar yüksek şiddetlerde kullanılabilir. Bununla beraber bu şiddetlerde dahi düşük konsantrasyonda hazırlanan bir analitten çizgi şiddetinin ölçümü kabul edilebilir. İstatistiksel doğruluk için uzun sayma zamanı gerektirir. Örneğin, 5 mg/cm (alt) sistemdeki numunedeki analitin 50 ng/cm² 'si 10 ppm oluşturur ve her analit çizgi fotonu için 10⁵ fotonun toplanması gereklidir. 20000 sayma/s 'de %100 için 100 analit çizgi sayımının toplanması 500 s (~8 dakika) alır. Gerçek sayma zamanı elektronik akımlar bir puls oluşturuyorken oluşabilecek ölü zamanlar nedeniyle 2-3 faktör kadar live time (canlı zaman) alabilir. Sonuç olarak, orantılı ya da sintilasyon

sayaçları 10^5 sayma/s kadar yüksek şiddetleri alabilir ve yüksek analit konsantrasyonlarında bu bütün analit X-ışımında tutarlı olabilir.

4. Uzun dalga boylarında rezülasyon (düşük enerjilerde) orantılı sayaca göre mükemmeldir. En iyi ticari Si(Li) dedektörleri (~150 eV rezülasyon) 17-28 atom numaralı elementler için (Cl'danNi'e kadar) Z-1 elementin K çizgilerinden Z elementin $K\alpha$ çizgilerini ayıramaz ve tipik dedektörler Cl' nin altındaki elementlerin $K\beta$ çizgileri için zayıf rezülasyon vardır. Bunun gibi elementlerde kabul edilebilir benzer şiddetin olması için matematiksel ayırma gerektirir.
5. Si(Li) ve Ge(Li) dedektörleri atom numarası 40'dan büyük olan elementlerin K çizgileri ve en ağır elementlerin L çizgileri için bir kristal spektrometrelere göre en yüksek rezülasyona sahiptir.
6. Yüksek rezülasyonlu Si(Li) dedektörünün etkin alanı $12.5-30 \text{ mm}^2$ 'dir.
7. Penceresiz Si(Li) dedektörleri, atom numarası 6'dan küçük elementlerin K çizgileri için kullanırken, bunun gibi dedektörler yüzey kirlenmesine hassas oldukları için, belirli şartlarda kullanılmalıdır (Bertin, 1975).

Günümüzde Si(Li) dedektörleri şiddetin düşük olduğu yerlerde dahi birçok uygulama alanı bulunur. Bu uygulamalar; iz ve mikroanaliz, taramalı elektron mikroskobu ve sınırlamalı düşük seviye uyarması gerektiren yerlerdeki analizi içerir.

1.10. Sayma Kayıpları

Herhangi bir sayaç ve elektronik devre, ölü zamandan ötürü bazı saymaları kaybederler. İstenen şey ise, sayacın ise yarar olduğu zaman süresinde ölçülmüş sayma hızıdır (Bertin, 1975). Bu nedenden gerçek hız; diyelim ki, 100 saniyede elde edilen toplam saymanın, bu 100 saniye içinde sayacın sayma yapabildiği sürelerle ait zaman aralıklarının toplamı ile oranıdır. Gerçek hız, R_t su yaklaşık formül ile çok kolayca hesaplanabilir.

$$R_t = \frac{R_{\text{ölçülen}}}{(1-\tau)R_{\text{ölçülen}}} \quad (1.5)$$

Burada t ölü zamandır. Eğer ölü zaman orantılı sayaçlar ve onların devreleri ile $t=2.10^{-6}$ olarak saptanmış ise, kayıp, rastgele meydana gelen 50.000 say/s de yaklaşık %10'a ulaşır. Bazı modern cihazlar, rastgele yerleşik 50.000 say/s olan ve bazıları, önemli kayıplar olmaksızın 100.000 'e bile varan sayma hızlarına ulaşabilirler (Barrett, 1984).

Bazı yeni çıkan cihazlar kendiliğinden ölü zaman düzeltmelerini yaparlar ve gerçek hızları hesaplarlar. Bu cihazlarda "yığılmaya karşı durma" olduğu söylenir ve birbirine çok yakın gelen atmalar yığılırlar, öyle ki, ölü zaman geçinceye ve sayacın duyarlılığı gelinceye değin zamanlama devresi kapanır. Cihaz, diğer süreleri göz önüne almayıp sadece sayacın duyarlı olduğu süreleri toplar (Yalçın, 2005).

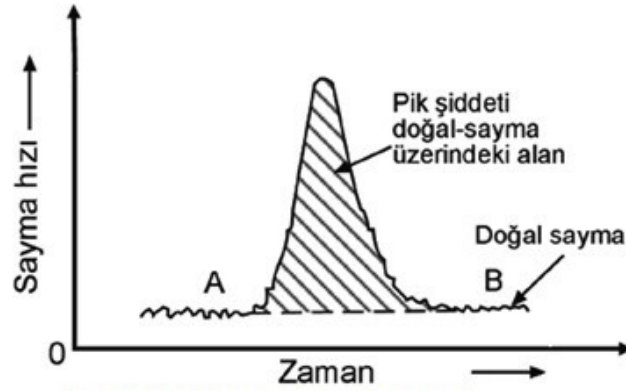
1.10.1. Sayma hatası

Sayma istatistiği, yapılan ölçmelerde kesinliği arttırmak, ne derece kesin bir sonuç olduğunu bilmek ve herhangi bir belirli kesinlik derecesinin elde edilmesindeki yükü azaltmak için, çok önemlidir. N bir saniyede (veya bir dakikada veya diğer bazı uygun zaman süresinde) toplanan sayma ve N , *birçok* kez bulunan N değerinin bir ortalaması olsun, buna göre, ortalama değerden, karelerinin ortalamasının karekökü sapması, bu aynı zamanda, σ standart sapma, n yapılan ölçme sayısı olup, aşağıdaki denklemlerle verilir.

$$\sigma = \left[\frac{\sum(N-\bar{N})^2}{(n-1)} \right] \quad (1.6)$$

Sonuçların tam veya yaklaşık olarak Gaussian dağılımına sahip olduğu bir dizi ölçmelerin istatistiği ile ilgili bazı gerçekler sıralanabilir. Böyle bir durum sabit şiddetli bir X-ışınları demetinin ölçülmesindeki bir dizi saymalar için sağlanır. Herhangi bir tek N sayma sayısının $N+s$ ve $N-s$ arasındaki bir değeri alması olasılığı % 68.3 kesittir. Herhangi bir tek N'nin $N+2\sigma$ ve $N-2\sigma$ arasında olması olasılığı % 95.4 e eşittir ve $N+3\sigma$ ve $N-3\sigma$ arasında % 99.7 e eşittir. "Beklenen hata" 0.67σ olarak tanımlanır; herhangi bir tek ölçmenin $N+0.67\sigma$ ve $N-0.67\sigma$ arasına düşmesi olasılığı % 50 ye eşittir (Barrett, 1984). Bağıl sayma hatasının (%) belirli bir değeri olmasını sağlayabilmek için, ne kadar atmaların sayılacağına bilinmesi gerekir. Diyelim ki, % 1 hatanın yeterli olacağını varsayalım. 4500 saymalık bir sayma sayısı alınır, bu halde ölçmelerin yarısında bu küçük hata bulunacaktır. Örneğin % 1 den fazla olmayan bir hatanın elde edilmesinin olasılığı % 50 dir. % 1 den fazla olmayan bir hatanın elde edilmesinin olasılığı, sayma sayısının çoğaltılması ile arttırılır ve diyelim ki 67.000 saymalık bir sayma sayısı ile % 99'a ulaşır. Bir şiddetin ölçülmesindeki kesinliğin sayma sayısının karekökü ile arttığını bilmek önemlidir. Diğer bir deyimle, kesirli hata $1/N$ ile orantılıdır. Spektrometre veya difraktometre kullanıldığında, doğal sayma üzerine bindirilmiş pik değerlerini gösteren bir

grafik çizdirilir (Şekil 1.19). Gerekli olan, doğal saymanın üzerinde kalan ve net şiddeti tanımlayan pikin alanıdır (Barrett, 1984). Çünkü en yararlı bilgiler bu alanda bulunur veya aynı şekilde, pik yerindeki saymayı kapsayan, doğal saymayı da içinde bulunduran bir sayma alınır. Bu saymadan, pikin yan tarafından sadece doğal sayma şiddeti için yapılan sayma çıkarılır. Doğal sayma düzeltmesi genellikle, A ve B gibi iki doğal sayma noktası arasındaki doğal saymanın bir doğru çizgi olduğu varsayılarak yapılır (Barrett, 1984).



Şekil 1.14. Bir pikin şiddeti

1.11. Karakteristik X-Işım Şiddet Oranlarına Kimyasal Etki ve Alaşım Etkisi

Kimyasal etki maddenin kimyasal durumuna bağlı olarak analitin X-ışını çizgisinin enerjisinde ve X-ışını şiddetinin mutlak ve relatif şiddetlerinde bazı değişiklikler meydana getirir. Kimyasal etki her ana grup elementi için farklıdır. En fazla kimyasal etki 3d ana grup elementlerinde gözlemlenmiştir (Tamaki ve ark., 1975-1979; Rao ve ark., 1986). Kimyasal etki kısmen doldurulmuş değerlik orbitalleri (Rao ve ark., 1986) ve çiftlenmiş d elektronlarının sayısı ile ilgilidir. Kimyasal yapının değişmesi $K\beta/K\alpha$ şiddet oranlarını değiştirir. $K\beta/K\alpha$ şiddet oranı, değerliğin artmasıyla artar. $K\beta$ X-ışını şiddeti değerlik elektronlarının sayısı ile yani elektron yoğunluğu ile ilgilidir (Küçükönder, 1992). Ortalama bağ uzunluğu değerliğin artmasıyla azalır (Söğüt, 1995). Bağ uzunluğunun azalmasıyla birlikte metal ligand etkileşimleri artacak ve $K\beta$ 'ların sayısında bir yükselme olacaktır. 3p seviyesinin yoğunluğunun değişmemesinden dolayı, metalin 3p dalga fonksiyonundaki değişim çok az olacak ve geçiş ihtimalide hemen hemen aynı kalacaktır (Küçükönder, 1992). Metalden liganda elektron verilmesiyle metalin pozitif yükü artar. Metalde değerliğin artmasıyla iyonik yarıçap küçülür. Bu da ikili es-enerjili (e_g) ile üçlü es-enerjili (t_{2g}) arasındaki mesafenin büyümesine neden olur. Pozitif yükün artması etkileşmenin fazla olması anlamına gelir. Elektrostatik alanın fazla olmasıyla yarıлма

enerjisi de büyüyecektir (Chang ve ark., 1993). Bu durumda $K\beta_{2,5}$ ve $K\beta'$ 'nin fazla olması beklenir. $K\beta/K\alpha$ şiddet oranları üzerine alaşım etkisi 3d grubu elementlerinin değerlik elektronlarına bağlıdır (Bhuinya, 1993). Alaşımı meydana getiren elementlerin elektronegatifliklerine göre 3d orbitalleri arasında elektron geçişi gerçekleşir. Bu geçişler elementlerin değerlik elektronlarının sayısını değiştirir. $K\beta$ 'ların yayımlanma ihtimali değerlik elektronlarının sayısına bağlı olduğundan $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarında da bir değişme meydana gelir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

$IK\beta/IK\alpha$ şiddet oranlarının ölçülmesi atomik modellere dayanan teorik tahminlere dayalı olarak karşılaştırılması önemlidir. Böylece, bu modellerin geçerliliğinin test edilme olasılığı görülmektedir. $K\alpha$, L tabakasından K tabakasına geçişlerden meydana gelmektedir. $K\beta$ ise, M, N, O, vd. tabakalardan K tabakasına geçişlerden meydana gelmektedir. Son yıllarda, $IK\beta/IK\alpha$ şiddet oranı üzerine çeşitli araştırmalar yapılmıştır.

Söğüt ve arkadaşları Cr_xAl_{1-x} alaşımlarında $K\beta/K\alpha$ X-ışınları üzerine kimyasal etkileri incelemiştir (Söğüt ve ark., 1995).

Bilgin ZnO filmlerinin elektriksel, optiksel, yapısal ve yüzeysel özelliklerinin üzerine kalay katkısının etkisini doktora tezinde anlatmıştır (Bilgin 2003).

Söğüt, 1995 ve 2000 yılında yaptığı çalışmalarında K, L X-ışını üzerine ve Coster- Kronig geçiş ihtimalleri üzerine kimyasal etkileri araştırmıştır (Söğüt, 1995 ve 2000).

Kerli, Alver, Yaykaşlı, Tekerek, yaptığı çalışmalarda flor katkılı ZnO ince filmlerin üretimi ve fiziksel özelliklerinin incelenmesi (Kerli, Alver, Yaykaşlı, Tekerek, 2013).

Söğüt ve arkadaşları, XRF tekniğini kullanarak süt ürünlerin küllerinde iz element analizi yapmışlardır. Yaptıkları analiz sonucunda Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Br, Rb, Sr, Y, Zr, I, Yb, Hf ve Pb elementlerini bulmuşlardır (Söğüt ve ark., 2013).

Söğüt ve ark., 2014 yılında CoNiCu ince film alaşımlarını XRF ve XRD tekniği yapısal ve elektronik özelliklerini incelemiştir. Bunlara ek olarak SEM-EDX sistemi ile CoNiCu ince film alaşımlarındaki atomların atomik konsantrasyonlarını da ölçmüştür (Söğüt ve ark., 2014).

Söğüt ve ark., 2014 yılında bu araştırmalarında Maraş otu ve çeşitli sigara tütününün küllerinde WDXRF tekniği ile elemental analiz ve gama-spektrometresini kullanarak da mikro-kimyasal ve radyolojik karakterizasyonlarını yapmıştır (Söğüt ve ark., 2014).

Durdu ve ark., 2013 yılında yapmış oldukları çalışmada kimyasal banyo çökeltme yöntemi ile çinko selenid ve bakır selenid ince filmlerini üretmişler ve bu ince filmleri XRF tekniği ile K tabakası karakteristik X-ışınlarını incelemişlerdir (Durdu ve ark., 2013).

Ertuğrul M., Söğüt Ö., Şimşek Ö. ve Büyükkasap E., 2001. Enerjisi 59.5 olan atom aralığı 69-22 olan elementlerin $K\beta/K\alpha$ şiddet oranının ölçümünü yapmışlardır (Ertuğrul M., Söğüt Ö., Şimşek Ö. ve Büyükkasap E., 2001) .

Bütün, Fe_xZn_{1-x} İnce filmlerinde çeşitli oranlarda Fe katkılandırarak $K\beta/K\alpha$ Şiddet Oranlarının ölçülmesini hesaplamıştır ve Fe oranı artırıldığında X-ışını şiddet oranı azalmıştır (Bütün,2007).

Lee ve Wong., 1981 yılında LCAO metodu ile ZnS yüzeyinin elektronik yapısı incelenmiş ve yüzey atom geometrisinin yeniden düzenlenmesinden kaynaklanan yüzey perturbasyon etkileri detaylı olarak araştırılmıştır (Lee ve Wong., 1981).

Elidrissi 2000'de püskürtme yöntemiyle (spray pyrolysis) elde edilen ZnS ince film yapımında, altlık sıcaklığı, oluşum zamanı ve çözelti püskürtme oranı gibi bazı püskürtme parametreleri araştırılmış ve bu parametrelerin ZnS ince filmlerin yapısı ile optik özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir (Elidrissi, 2000).

Rao ve arkadaşları, $IK\beta/IK\alpha$ şiddet oranlarının 3d elementlerinde uyardıya bağlı olduğunu gösterdiler (Rao ve ark., 1986). Fakat yüksek atom numaralı elementler için bu tür bir bağıntı bulunmadı.

Ertuğrul ve arkadaşları tarafından 59,5 keV'de $22 \leq Z \leq 69$ bölgesindeki elementler için $IK \beta/IK\alpha$ şiddet oranları ölçülmüştür (Ertuğrul ve ark., 2001).

Karahan İ.H. iki farklı çalışmasında elektrokimyasal depolama yoluyla elde edilen Co-Cu alaşım ince filmlerinin farklı birçok yapısal özelliklerini araştırmıştır (Karahan, 1997 ve 2002).

Bakkaloğlu ve ark., elektrokimyasal depolama yoluyla elde edilen $Cu_{1-x}Co_x$ alaşım filmlerinin magnetik özelliklerini ölçmüşlerdir (Bakkaloğlu ve ark., 1998).

Sönmezoğlu, Koç, Mehmed ve Akın, İnce film üretim tekniklerini hesaplamıştır (Sönmezoğlu, , Koç, Mehmed ve Akın , 2012).

Badıllı ve Tarımcı yılında elektro-püskürtme yöntemi ve nano-teknolojideki uygulamaları adlı bir araştırma yapmışlar. Bu araştırmada elektro-püskürtme yönteminin avantajları açıkça vurgulanmıştır (Badıllı ve Tarımcı, 2009).

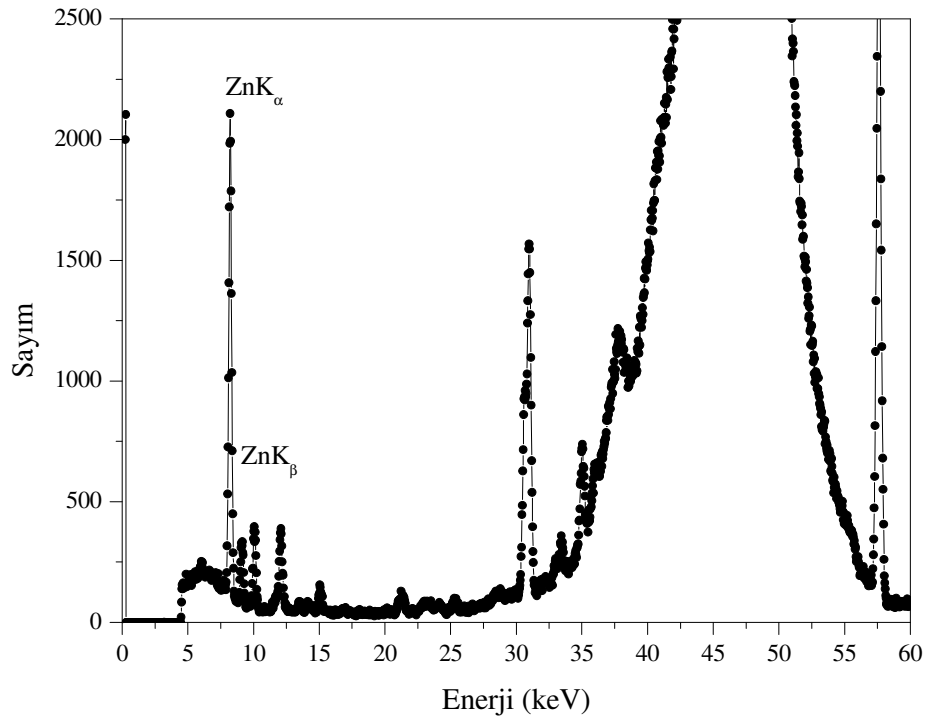
Küçükönder, $K\alpha/K\beta$ X-ışınlarının şiddet oranlarına kimyasal etkilerini doktora tezinde hesaplamıştır, basılmamış (Küçükönder, 1992).

Karahan Elektro kimyasal depolama metoduyla elde edilen Co-Cu alaşım filmlerinde sıcaklığa bağlı boyuna magnetorezistans ve öz direnç yüksek lisans tezinde hesaplamıştır, basılmamış (Karahan, 1997).

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Flor ve Bor katkılı ZnO İnce Filmlerinin Elde Edilmesi

Belirli molaritelerde hazırlanan bor ve flor içerikli çözeltiler Zn içerikli çözeltilere belirlenen atomik oranlarda karıştırılarak ZnO, ZnO:B, ZnO:F ve ZnO:B:F ince filmleri üretilmiştir (Kerli, 2012). Filmler kimyasal püskürtme yöntemiyle elde edilmiştir. Şekil 3.1’de ^{241}Am radyoizotop kaynağı ile uyarılmış katkısız ZnO ince filminin spektrumu verilmiştir.

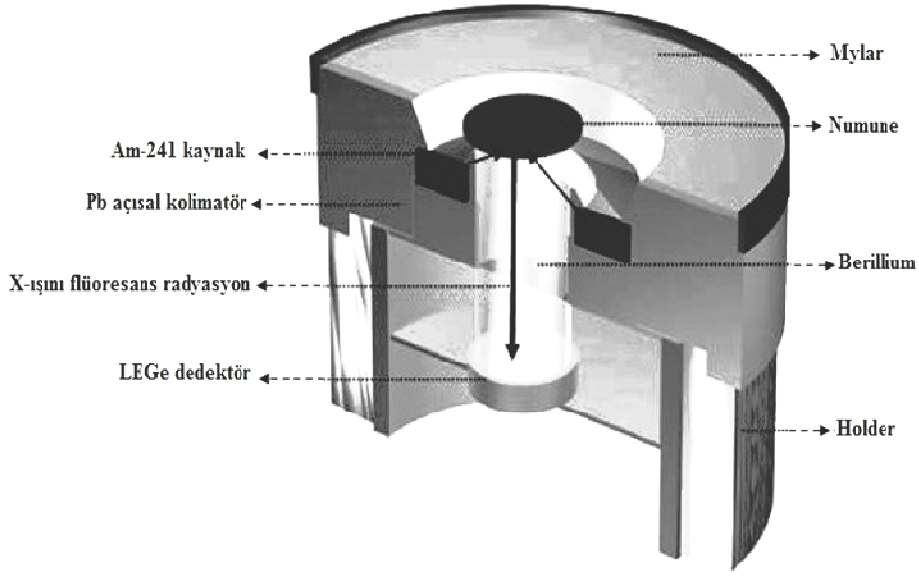


Şekil 3.1. ^{241}Am radyoizotop kaynağı ile uyarılmış katkısız ZnO ince filminin spektrumu

3.2. İnce Filmlerin XRF (X-ışını Flüoresans) Ölçülerinin Alınması

İnce film numunelerin XRF ölçümleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Atom ve Molekül Fiziği Araştırma Laboratuvarı’nda yapılmıştır. Püskürtme yöntemiyle hazırlanmış olan bor ve flor katkılı ZnO ince film numuneleri 50 mCi

şiddetinde ^{241}Am radyoizotop kaynağından çıkan 59.543 keV'lik gamma ışınları ile uyarıldı. Numunelerden yayımlanan karakteristik X-ışınlarını saymak için 5.9 keV'de yarı maksimumdaki tam genişliği (FWHM) 150 eV, aktif alanı 30 mm² ve kalınlığı 5 mm, polimer pencere kalınlığı 0.4 µm olan bir Canberra Ultra-LEGe detektör kullanılmıştır. Sayımdan gelen hataları en aza indirmek için, her numune en az 5000 saniye (live time) gerçek sayma zamanı ile sayılmıştır. Şekil 3.2'de deney geometrisinin şekli ve şekil 3.3'de ise deney sisteminin bir resmi verilmiştir.



Şekil 3.2. Deney geometrisi



Şekil 3.3. EDXRF deney sisteminin resmi

3.3. Soğurma Düzeltme Faktörünün Hesaplanması

Karakteristik X-ışınları, farklı enerjilere sahiptirler. Bundan dolayı numune içinde soğurmaları da farklı olur. Soğurma düzeltmesi yapmak için Casnati ve arkadaşları ile Kumar ve arkadaşları kullandıkları;

$$\beta = \frac{1 - \exp\left\{-\left(\frac{\mu_p}{\cos\theta} + \frac{\mu_e}{\cos\varphi}\right)t\right\}}{\left(\frac{\mu_p}{\cos\theta} + \frac{\mu_e}{\cos\varphi}\right)t} \quad (3.1)$$

denkleminde hesaplanmıştır. Burada θ ve φ sırasıyla kaynaktan gelen radyasyon ve yayımlanan karakteristik X-ışınlarının, numune yüzeyi ile yaptıkları açılarıdır. t numune kalınlığı (g/cm^2) μ_p (cm^2/g) ve μ_e (cm^2/g) sırasıyla kaynaktan gelen radyasyon ve yayımlanmış karakteristik X-ışınları için numunenin toplam kütle soğurma katsayısıdır (Hubbell, 1975).

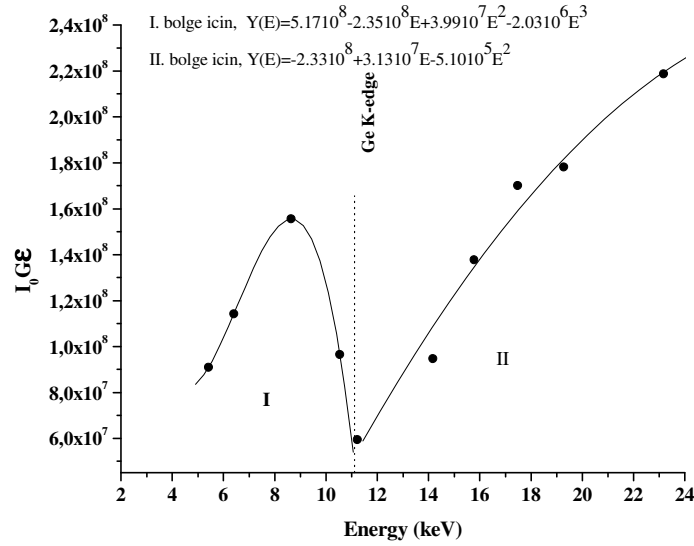
3.4. Detektörün Verimlilik Eğrisinin Tayini

X-ışını spektroskopik çalışmalarında, detektör verimliliğinin bilinmesi ve verimlilik eğrisinin çizilmesi gereklidir. Sayaç verimliliği her enerji için farklılıklar gösterir. Sayacın yapısının zamanla bozulabileceği göz önünde tutularak detektör verimliliğinin belirli aralıklarla belirlenmesi, yapılacak çalışmaların sonucunu olumlu yönde etkileyecektir. Bir sayacın belli bir enerjideki verimi, sayaçtan sabit bir uzaklıkta bulunan standart kaynaktan

birim zamanda sayaca gelen fotonların sayısını belirlemekle elde edilir. Elde edilen bu verim bütün geometri ve soğurma faktörlerini kapsamaktadır (Hansen ve ark., 1973, Büyükkasap, 1992). Hedef numunelerin karakteristik X-ışınları farklı olduğundan detektörün her enerjide verimliliğinin belirlenmesi gerekir. Detektör verimliliği belirlemede elementlerden yayınlanan karakteristik $K\alpha$ ve $K\beta$ X-ışınları kullanılır. Elementler $K\alpha$ ve $K\beta$ X-ışınları enerjileri çalışılacak enerji bölgesini içine alacak şekilde seçilir. Elementler radyoizotop kaynakla yada başka bir kaynakla uyarılır ve detektörde sayılır, oluşan karakteristik $K\alpha$ ve $K\beta$ piklerinin net alanları alınır ve

$$I_0 G \epsilon = \frac{N_i}{\sigma_{K_i} \beta_i t} \quad (3.2)$$

eşitliği yardımıyla detektör verimliliği hesaplanır. Bura I_0 kaynağın şiddeti, G geometrik faktör, N_i ($i = \alpha, \beta$) pikin net alan, σ_{K_i} standart elementin uyarma enerjisindeki $K\alpha$ veya $K\beta$ tesir kesiti, β_i uyarıcı fotonun ve numunenin $K\alpha$ ve $K\beta$ enerjisine göre soğurma düzeltmesi, t ise numunenin kalınlığıdır. $I_0 G$ birim zamanda numune üzerine düşen uyarıcı fotonların sayısını verir. Çalıştığımız enerji aralığında detektör verimlilik eğrisini tayin edebilmek için, $24 \leq Z \leq 48$ aralığındaki elementlerin $K\alpha$ ve $K\beta$ karakteristik X-ışınları kullanılmıştır. Deney süresince $I_0 G$ faktörünü sabit tutmak için geometri değiştirilmemiştir. Denklem 3.2'den hesaplanan $I_0 G \epsilon$ değerleri elementlerin $K\alpha$ ve $K\beta$ karakteristik X-ışınlarının enerjilerine karşı grafikleri çizilerek elde edilen ve şekil 3.4 de gösterilen grafikte görülen eğrinin denklemi yardımıyla, grafiğin içerdiği enerji aralığındaki elementler için detektör verimleri hesaplandı.



Şekil 3.4. I_0GE dedektör verim eğrisinin grafiği

3.5. $K\beta/K\alpha$ X-ışını Şiddetinin Oranlarının Hesaplanması

Değişik oranlarda B ve F katkıları ile üretilen ZnO ince film numuneleri 50 mCi şiddetinde ^{241}Am radyoizotop kaynağı ile uyarıldı. Numunelerden yayımlanan karakteristik K X-ışınları Canberra Ultra-LEGe dedektörü ile sayıldıktan sonra oluşan $K\alpha$ ve $K\beta$ piklerinin net alanları ($NK\alpha$ ve $NK\beta$) alındı. Net alanlar denklem 3.2'de yerine yazılarak $I_0G\epsilon$ değerleri hesaplandı. Sonra analit elementlerin dedektör verimlerinin hesaplanabilmesi amacıyla denklem 3.2'de dedektör verimini hesaplamak için kullanılan elementlerin $K\alpha$ ve $K\beta$ pikinin ortalama enerjilerine ($\bar{E}_{K\alpha}$ yada $\bar{E}_{K\beta}$) karşı $I_0G\epsilon_i$ grafiği çizildi ve şekil 3.4'de gösterilen grafik oluşturuldu. Grafik yardımıyla elde edilen ve grafik üzerinde gösterilen fit denklemleri ile analit element yada elementler için $I_0G\epsilon_i$ ($i=\alpha$ ve β) değerleri hesaplandı. Bulunan $I_0G\epsilon_{ZnK\alpha}$ ve $I_0G\epsilon_{ZnK\beta}$ değerleri, çinkonun (analitin) $NK\alpha$ ve $NK\beta$ piklerinin net alanları ve denklem 3.1'den hesaplanan öz soğurma düzeltme faktörünün değerleri aşağıdaki denklemde yerine yazılarak numunelerin $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranları hesaplandı.

$$\frac{IK_{\beta}}{IK_{\alpha}} = \frac{NK_{\beta}}{NK_{\alpha}} \frac{I_0G\epsilon_{K\alpha}}{I_0G\epsilon_{K\beta}} \frac{\beta K_{\alpha}}{\beta K_{\beta}} \quad (3.3)$$

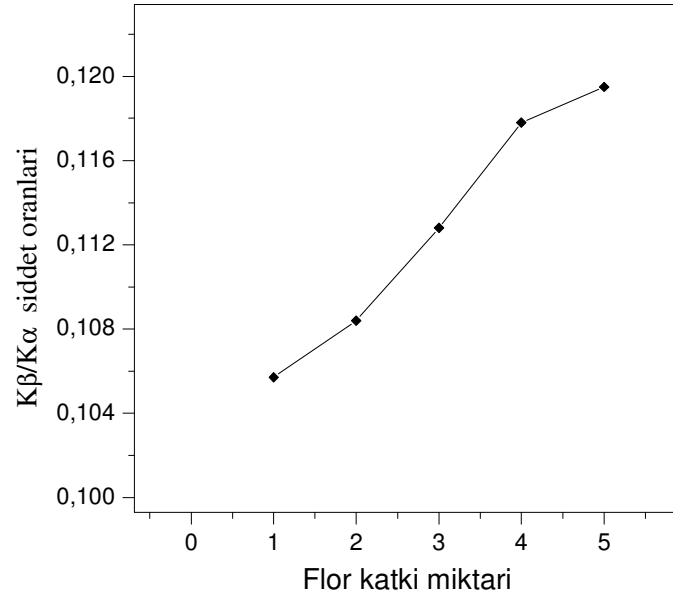
Denklem 3.3'den bulunan $K\beta/K\alpha$ şiddet oranlarının değerleri tablo 4.1'de verilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

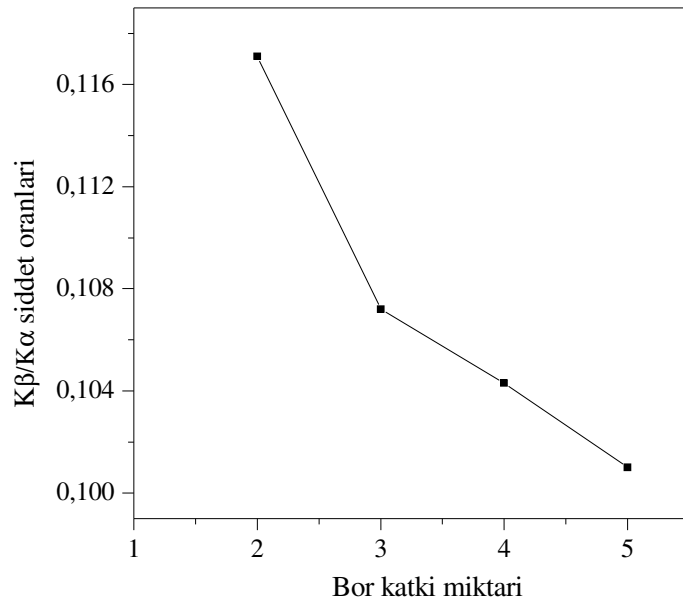
Bor ve flor katkılı ZnO ince film numunelerinin $K\beta/K\alpha$ şiddet oranları ölçülmüş ve bulunan değerler diğer araştırmacıların deneysel ve teorik değerleri ile karşılaştırmalı olarak tablo 4.1'de verilmiştir. Buna ek olarak, ZnO ince film numunelerine bor ve flor katkı oranlarına göre $K\beta/K\alpha$ karakteristik X-ışını şiddet oranlarının değişim grafikleri şekil 4.2-4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Bor ve flor katkılı ZnO ince film numunelerinin $K\beta/K\alpha$ şiddet oranları

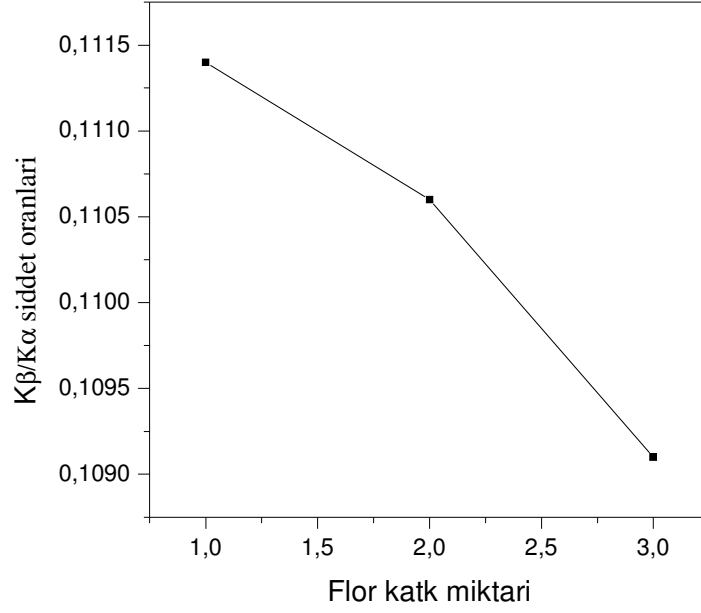
Numune	Flor katkı oranı (%)	Bor katkı oranı (%)	$I_{K\beta}/I_{K\alpha}$				
			Deneysel	Ertuğrul ve ark, 2001	Khan ve ark, 1980	Sögüt ve ark, 2002	Scofield, 1974
ZnO katkısız	0	0	0.1148±0.0068	0.1360	0.1320	0.1254	0.1241
ZnO F katkılı	1	0	0.1057±0.0079				
ZnO F katkılı	2	0	0.1084±0.0048				
ZnO F katkılı	3	0	0.1128±0.0090				
ZnO F katkılı	4	0	0.1178±0.0106				
ZnO F katkılı	5	0	0.1195±0.0117				
ZnO B katkılı	0	2	0.1171±0.0104				
ZnO B katkılı	0	3	0.1072±0.0084				
ZnO B katkılı	0	4	0.1043±0.0073				
ZnO B katkılı	0	5	0.1010±0.0098				
ZnO FB katkılı	1	1	0.1114±0.0108				
ZnO FB katkılı	2	1	0.1106±0.0087				
ZnO F B katkılı	3	1	0.1091±0.0071				
ZnO F B katkılı	1	2	0.1211±0.0920				
ZnOF B katkılı	2	2	0.1144±0.0093				
ZnO FB katkılı	3	2	0.1110±0.0101				
ZnO F B katkılı	2	3	0.1215±0.0104				
ZnO F B katkılı	3	3	0.1195±0.0065				



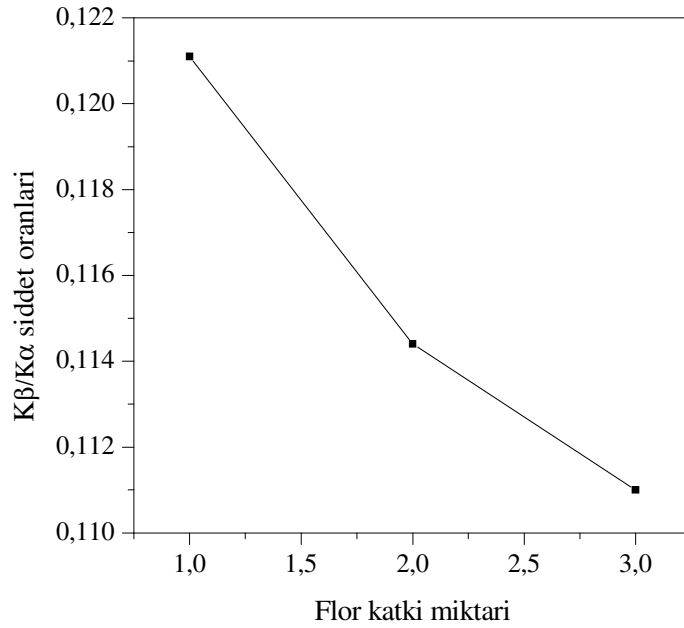
Şekil 4.1. Flor katkılı ZnO ince filmlerinin flor katkı miktarına göre K β /K α X-ışını şiddet oranının değişimi (bor katkı miktarı % 0).



Şekil 4.2. Bor katkılı ZnO ince filmlerinin bor katkı miktarına göre K β /K α X-ışını şiddet oranının değişimi (flor katkı miktarı % 0).



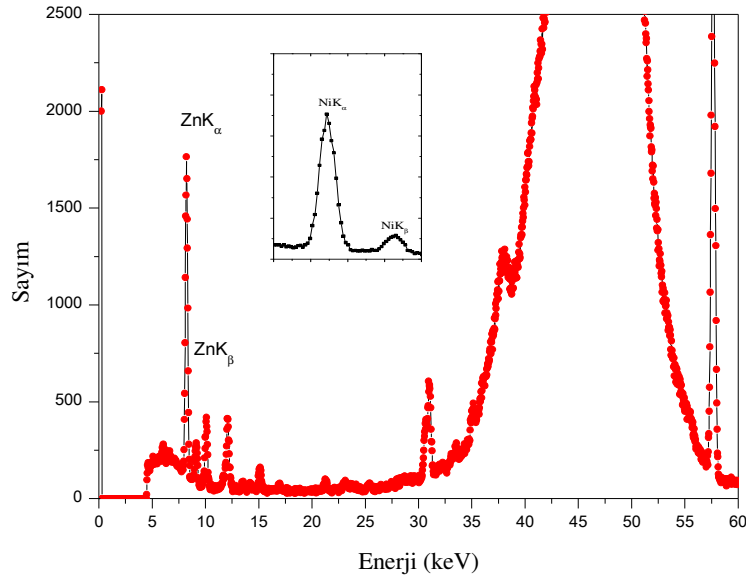
Şekil 4.3. Flor katkılı ZnO ince filmlerinin flor katkı miktarına göre K β /K α X-ışını şiddet oranının değişimi (bor katkı miktarı % 1).



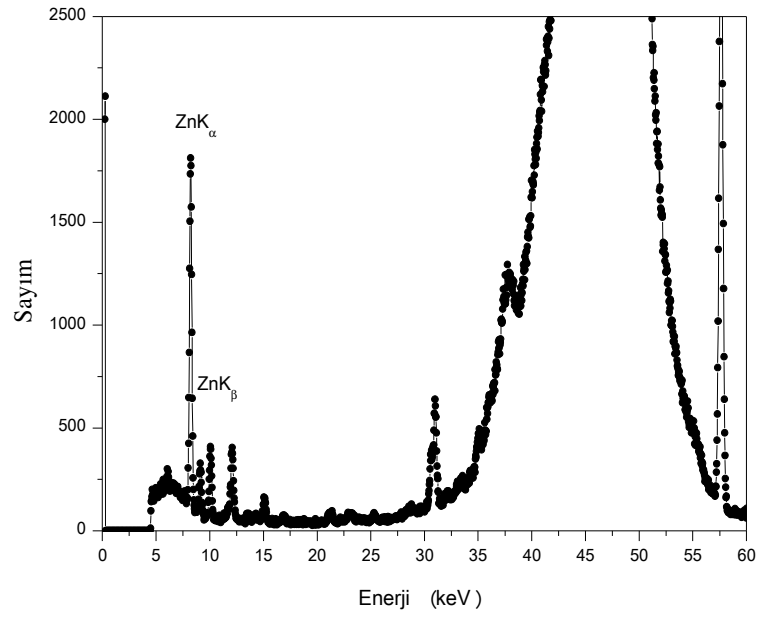
Şekil 4.4. Flor katkılı ZnO ince filmlerinin bor katkı miktarına göre K β /K α X-ışını şiddet oranının değişimi (bor katkı miktarı % 2).

Çizelge 4.1'den görüldüğü gibi, ZnO ince filmine bor katkı miktarını % 0'da sabit tutulup, flor katkı miktarı (molarite olarak) ise % 1'den başlayıp % 5'de biten oranda arttırılmış ve elde edilen numunelerin $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranları ölçülmüştür. Ölçülen $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarının ZnO ince filmlerine katkılanan flor miktarının artmasıyla arttığı şekil 4.1'den açıkça görülmektedir. Benzer şekilde flor katkı miktarı % 0'da sabit tutulup, bor katkı miktarı (molarite olarak) ise % 2'den % 5'e kadar arttırılmış ve $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranları ölçülmüştür. Ancak bor katkılanan ZnO ince filmin numunelerinin bor katkı miktarına karşı $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarının değişimi (şekil 4.2) flor katkılanma miktarındaki değişimin tam tersi olduğu görülmüştür. Çünkü bor katkı miktarının artmasıyla $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarının değeri azalmıştır. Sonra, ZnO ince film numunelerindeki bor katkı miktarları % 1'de ve % 2'de sabit tutulup, flor katkı miktarı ise % 1'den % 3'e kadar arttırılmıştır. Bu şekilde hem bor hem de flor katkılanan ZnO ince filmlerinin $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranları ölçülmüş ve ölçülen $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarının flor katkı miktarına göre değişim grafiği çizilmiştir. Şekil 4.3 ve şekil 4.4' den görüldüğü gibi flor katkı miktarlarının artmasıyla $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranları azalmıştır. Flor katkı miktarlarının artmasıyla $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarının da artmasının nedeni flor tarafından $K\beta$ X-ışınlarının $K\alpha$ X-ışınlarından daha fazla şiddetlendirilmesi olabilir. $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarındaki flor ve bor katkı miktarlarına göre (şekil 4.2-4.4) oluşan değişimlerinin nedenlerinden biri de, flor ve bor katkı miktarlarına bağlı olarak ZnO ince filmlerin yasak enerji aralıklarındaki artmalar ya da azalmalar olabilir. Yapılan bir araştırmada % 2 bor katkılı ZnO filmine değişik konsantrasyonlarda flor katkılı olduğunda (% 0 ile % 10) katkılanan flor konsantrasyonuna bağlı olarak yasak enerji aralığının arttığını, daha sonra ise azaldığını söylemişlerdir (Gil Ho Kim, 2011). Başka bir araştırmada ise bor katkılanmış ZnO ince filmlerde katkılanan bor konsantrasyonuna bağlı olarak yasak enerji aralığının arttığı söylenmiştir (Gil Ho Kim, 2009). Buna ek olarak, elementler kimyasal bileşiklerde yer alırlarsa, yayımladıkları X-ışını çizgisinin dalga boyunda, çizgi şiddetinde ve şeklinde değişimler görülür. (Van Grieken ve Markowicz, 1992). Ayrıca 3d elementlerinde, 1s kabuğundaki elektronların uyarılmasıyla, 3p→1s geçişi esnasında ilave bir potansiyel meydana gelir. Taşınan elektronlarla bu ilave potansiyelin perdelenmesi beklenir. Perdeleme etkisi 3d elektronlarının sayısına ve moleküler orbitallerin şekline kuvvetlice bağlıdır. Böylece; kimyasal yapıdaki farklılığın ilave potansiyelde bir değişime sebep olacağı söylenebilir. Bu olay, K tabakası enerji seviyelerini ve dolayısıyla elektronik geçiş ihtimaliyetlerini etkileyeceği söylenebilir.

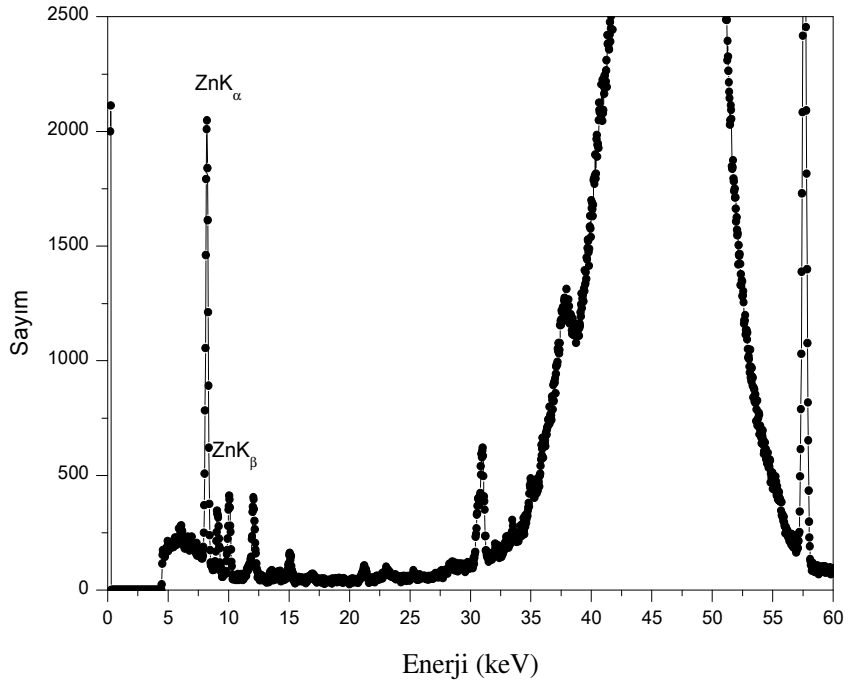
$K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranları üzerine kimyasal etkiler temel olarak; L, M, N,... tabakalarında Auger olayına sebep olacak elektronların bağlanma enerjilerindeki değişime bağlanabilir. 3d elementleri, kısmen doldurulmuş valans orbitalleri ve çiftlenmemiş d elektronlarından dolayı kimyasal yapıya daha hassastır. Ayrıca bu elementler dış elektron kabuklarının birbirine çok yakın yer almasından dolayı çok değerlilik özelliğine sahiptirler. Molekülün ortalama bağ uzunluğu değerliğe göre değişir. Bağ uzunluğunun değişimi; moleküler orbitallerin şeklinde ve moleküler orbitaldeki elektronların bağlanma enerjilerinde etkili olacaktır. Bağlanma enerjilerindeki bu değişim, Auger elektronu yayımlama ihtimalini, dolayısıyla X-ışını yayımlama ihtimaliyetini etkileyecektir (Söğüt, 1994 ve Söğüt, 1999). Şekil 4.5’de % 3 flor katkılanmış, şekil 4.6 ‘da % 3 bor katkılanmış, şekil 4.7’de % 4 flor katkılanmış, şekil 4.8’de % 2 bor katkılanmış ve şekil 4.9’da ise % 4 bor katkılanmış ZnO ince filmlerinin spektrumları verilmiştir.



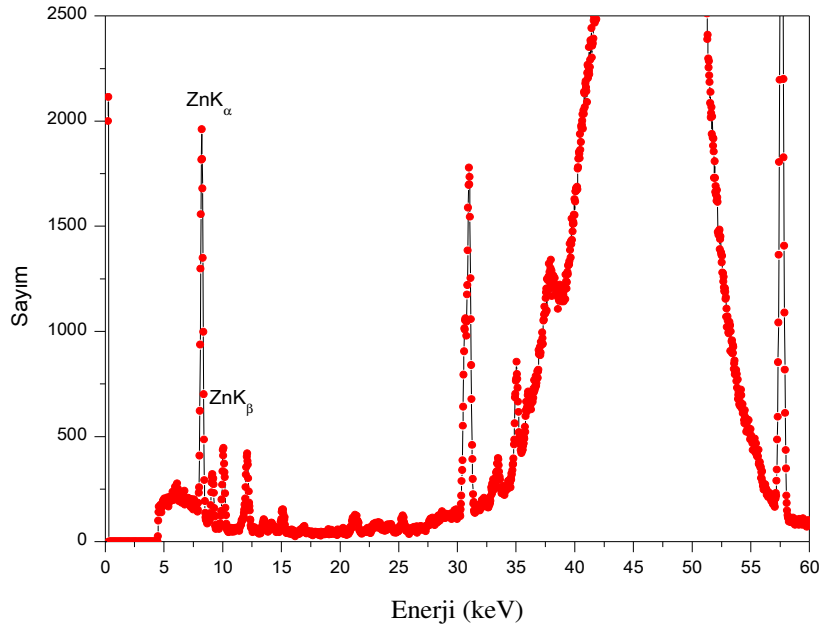
Şekil 4.5. % 3 flor katkılanmış ZnO ince filminin spektrumu



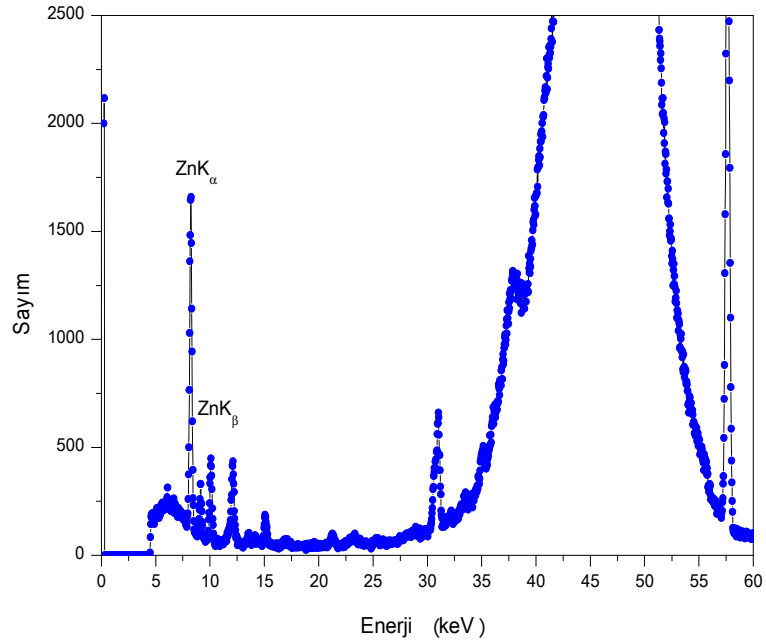
Şekil 4.6. % 3 bor katkılanmış ZnO ince filminin spektrumu



Şekil 4.7. % 4 flor katkılanmış ZnO ince filminin spektrumu



Şekil 4.8. % 2 bor katkılanmış ZnO ince filminin spektrumu



Şekil 4.9. % 4 bor katkılanmış ZnO ince filminin spektrumu

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Flor ve bor katkısız ZnO ince film numunesinin ölçülen karakteristik $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranları hata sınırları içerisinde diğer araştırmacıların teorik ve deneysel sonuçları ile uyum içindedir. Bulunan değerlerdeki toplam hata % 4-6 olarak tahmin edilmektedir. Bu hatalar; K X-ışını pikinin altındaki net alanın ölçülmesinden, soğurma düzeltme faktörünün hesaplanmasından, numune kalınlığının ölçülmesinden, sayma istatistiğinden ve denklemlerdeki farklı parametrelerin hesaplanmasından kaynaklanmaktadır. Katkısız ZnO ince film numunesinin deneysel $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının değeri Ertuğrul ve arkadaşlarının (Ertuğrul ve ark., 2001) değerlerine göre % 15.5, Khan ve arkadaşlarının (Khan ve ark.,1980) değerlerine göre % 13.03, Söğüt ve arkadaşlarının (Söğüt ve ark., 2002) değerlerine göre % 8.4 ve Scofileld'in (Scofileld, 1974) değerine göre % 7.5 farklılık bulunmuştur. Özellikle, teorik olarak saf elementler için hesaplanan $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarının değerlerinin "örneğin Scofileld'in değeri gibi" bulunan deneysel değerlerle hata sınırları üstünde farklılığın gözlemlenmesinin nedeni deneysel olarak ölçümü yapılan numunelerin saf elementlerden oluşmamasıdır. Çünkü deneysel olarak ölçümü yapılan numune ZnO'dur. Bu farklılığın en önemli nedenlerinden biri olan kimyasal etkiler bölüm 3.5'de açıklanmıştır. Katkısız ZnO ince film numunesi için deneysel olarak bulunan değerlerle farklılığın başka bir sebebi ise deneysel faktörlerden kaynaklanmaktadır.

% 1 flor katkılı ZnO ince film numunesinin deneysel $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının değeri Ertuğrul ve arkadaşlarının (Ertuğrul ve ark., 2001) değerlerine göre % 22.2, Khan ve arkadaşlarının (Khan ve ark.,1980) değerlerine göre % 19.9, Söğüt ve arkadaşlarının (Söğüt ve ark., 2002) değerlerine göre % 15.7 ve Scofileld'in (Scofileld,1974) değerine göre % 14.8 farklılık bulunmuştur.

% 2 flor katkılı ZnO ince film numunesinin deneysel $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının değeri Ertuğrul ve arkadaşlarının (Ertuğrul ve ark., 2001) değerlerine göre % 20.2, Khan ve arkadaşlarının (Khan ve ark.,1980) değerlerine göre % 17.8, Söğüt ve arkadaşlarının (Söğüt ve ark., 2002) değerlerine göre % 13.5 ve Scofileld'in (Scofileld,1974) değerine göre % 12.6 farklılık bulunmuştur.

% 3 flor katkılı ZnO ince film numunesinin deneysel $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının değeri Ertuğrul ve arkadaşlarının (Ertuğrul ve ark., 2001) değerlerine göre % 17.05, Khan ve arkadaşlarının (Khan ve ark.,1980) değerlerine göre % 14.5, Söğüt ve arkadaşlarının (Söğüt ve ark., 2002) değerlerine göre % 10.04 ve Scofileld'in (Scofileld,1974) değerine göre % 9.1 farklılık bulunmuştur.

% 4 flor katkılı ZnO ince film numunesinin deneysel $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının değeri Ertuğrul ve arkadaşlarının (Ertuğrul ve ark., 2001) değerlerine göre % 13.3, Khan ve arkadaşlarının (Khan ve ark.,1980) değerlerine göre % 10.7, Söğüt ve arkadaşlarının (Söğüt ve ark., 2002) değerlerine göre % 6.06 ve Scofileld'in (Scofileld,1974) değerine göre % 5.07 farklılık bulunmuştur.

% 5 flor katkılı ZnO ince film numunesinin deneysel $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının değeri Ertuğrul ve arkadaşlarının (Ertuğrul ve ark., 2001) değerlerine göre % 12.1, Khan ve arkadaşlarının (Khan ve ark.,1980) değerlerine göre % 9.4., Söğüt ve arkadaşlarının (Söğüt ve ark., 2002) değerlerine göre % 4.7 ve Scofileld'in (Scofileld,1974) değerine göre % 3.7 farklılık bulunmuştur.

% 2 bor katkılı ZnO ince film numunesinin deneysel $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının değeri Ertuğrul ve arkadaşlarının (Ertuğrul ve ark., 2001) değerlerine göre % 13.8, Khan ve arkadaşlarının (Khan ve ark., 1980) değerlerine göre % 11.2, Söğüt ve arkadaşlarının (Söğüt ve ark., 2002) değerlerine göre % 6.6 ve Scofileld'in (Scofileld,1974) değerine göre % 5.6 farklılık bulunmuştur.

% 3 bor katkılı ZnO ince film numunesinin deneysel $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının değeri Ertuğrul ve arkadaşlarının (Ertuğrul ve ark., 2001) değerlerine göre % 21.1, Khan ve arkadaşlarının (Khan ve ark., 1980) değerlerine göre % 18.7, Söğüt ve arkadaşlarının (Söğüt ve ark., 2002) değerlerine göre % 14.5 ve Scofileld'in (Scofileld,1974) değerine göre % 13.6 farklılık bulunmuştur.

% 4 bor katkılı ZnO ince film numunesinin deneysel $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının değeri Ertuğrul ve arkadaşlarının (Ertuğrul ve ark., 2001) değerlerine göre % 23.3, Khan ve arkadaşlarının (Khan ve ark., 1980) değerlerine göre % 20.9, Söğüt ve arkadaşlarının (Söğüt ve ark., 2002) değerlerine göre % 16.8 ve Scofileld'in (Scofileld,1974) değerine göre % 15.9 farklılık bulunmuştur.

% 5 bor katkılı ZnO ince film numunesinin deneysel $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının değeri Ertuğrul ve arkadaşlarının (Ertuğrul ve ark., 2001) değerlerine göre % 25.7, Khan ve arkadaşlarının (Khan ve ark.,1980) değerlerine göre % 23.4, Söğüt ve arkadaşlarının (Söğüt ve ark., 2002) değerlerine göre % 19.4 ve Scofileld'in (Scofileld,1974) değerine göre % 18.6 farklılık bulunmuştur.

% 1 flor ve % 1 bor katkılı ZnO ince film numunesinin deneysel $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının değeri Ertuğrul ve arkadaşlarının (Ertuğrul ve ark., 2001) değerlerine göre % 18.08, Khan ve arkadaşlarının (Khan ve ark.,1980) değerlerine göre % 15.6, Söğüt ve arkadaşlarının (Söğüt ve ark., 2002) değerlerine göre % 11.1 ve Scofileld'in (Scofileld,1974) değerine göre % 10.23 farklılık bulunmuştur.

% 2 flor ve % 1 bor ZnO ince film numunesinin deneysel $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının değeri Ertuğrul ve arkadaşlarının (Ertuğrul ve ark., 2001) değerlerine göre % 18.6, Khan ve arkadaşlarının (Khan ve ark.,1980) değerlerine göre % 16.2, Söğüt ve arkadaşlarının (Söğüt ve ark., 2002) değerlerine göre % 11.8 ve Scofileld'in (Scofileld,1974) değerine göre % 10.8 farklılık bulunmuştur.

% 3 flor ve % 1 bor katkılı ZnO ince film numunesinin deneysel $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının değeri Ertuğrul ve arkadaşlarının (Ertuğrul ve ark., 2001) değerlerine göre % 19.7, Khan ve arkadaşlarının (Khan ve ark.,1980) değerlerine göre % 17.3, Söğüt ve arkadaşlarının (Söğüt ve ark., 2002) değerlerine göre % 12.9 ve Scofileld'in (Scofileld,1974) değerine göre % 12.08 farklılık bulunmuştur.

% 1 flor ve % 2 bor katkılı ZnO ince film numunesinin deneysel $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının değeri Ertuğrul ve arkadaşlarının (Ertuğrul ve ark., 2001) değerlerine göre % 10.9, Khan ve arkadaşlarının (Khan ve ark.,1980) değerlerine göre % 8.2, Söğüt ve arkadaşlarının (Söğüt ve ark., 2002) değerlerine göre % 3.4 ve Scofileld'in (Scofileld,1974) değerine göre % 2.4 farklılık bulunmuştur.

% 2 flor ve % 2 bor katkılı ZnO ince film numunesinin deneysel $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının değeri Ertuğrul ve arkadaşlarının (Ertuğrul ve ark., 2001) değerlerine göre % 15.8, Khan ve arkadaşlarının (Khan ve ark.,1980) değerlerine göre % 13.3, Söğüt ve arkadaşlarının (Söğüt ve ark., 2002) değerlerine göre % 8.7 ve Scofileld'in (Scofileld,1974) değerine göre % 7.8 farklılık bulunmuştur.

% 3 flor ve % 2 bor ZnO ince film numunesinin deneysel $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının değeri Ertuğrul ve arkadaşlarının (Ertuğrul ve ark., 2001) değerlerine göre % 18.3, Khan ve arkadaşlarının (Khan ve ark., 1980) değerlerine göre % 15.9, Söğüt ve arkadaşlarının (Söğüt ve ark., 2002) değerlerine göre % 11.4 ve Scofileld'in (Scofileld,1974) değerine göre % 10.5 farklılık bulunmuştur.

% 2 flor ve % 3 bor katkılı ZnO ince film numunesinin deneysel $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının değeri Ertuğrul ve arkadaşlarının (Ertuğrul ve ark., 2001) değerlerine göre % 10.6, Khan ve arkadaşlarının (Khan ve ark.,1980) değerlerine göre % 7.9, Söğüt ve arkadaşlarının (Söğüt ve ark., 2002) değerlerine göre % 3.2 ve Scofileld'in (Scofileld,1974) değerine göre % 2.0 farklılık bulunmuştur.

% 3 Flor ve % 3 bor katkılı ZnO ince film numunesinin deneysel $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının değeri Ertuğrul ve arkadaşlarının (Ertuğrul ve ark., 2001) değerlerine göre % 12.1, Khan ve arkadaşlarının (Khan ve ark., 1980) değerlerine göre % 9.4, Söğüt ve arkadaşlarının (Söğüt ve ark., 2002) değerlerine göre % 4.7 ve Scofileld'in (Scofileld,1974) değerine göre % 3.7 farklılık bulunmuştur.

İnce filmlerin özelliklerini inceleyebilmek için çok sayıda, farklı elementlerden ve çeşitli konsantrasyonlardan oluşan farklı metotlarla yeni ince filmler içerisine değişik elementler katkılanarak üretilmelidirler. Üretilen ince filmlerin $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının ölçülerek, ince film numunelerindeki elementlerin elektronik yapıları hakkında bilgi edinilebilir. Bununla birlikte ince filmlerin içine katkılanan elementlerin atomik konsantrasyonları ya da katkılanma miktarlarına (molaritelerine) göre $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranları karşılaştırılabilir. Bunlara ek olarak, numunelerin XRD (X-ray Diffraction) ve elektriksel dirençleri de ölçülebilir. Böylece üretilen ince filmlerin endüstri ya da teknolojide kullanılabilirlikleri hakkında daha kapsamlı bilgilere ulaşılabılır.

Sonraki araştırmalarımızda bulunan sonuçlar ve öneriler göz önüne alınarak daha kapsamlı bir çalışma planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- Adaniya, T., Hara, T., Sagiya, M., Homa, T., Watanabe, T. 1985. Plat. Surf. Finish. 72 (1985) 52 .
- Ataman, G. 1971. X-ışınlarının Kristallerdeki Kırınımına Giriş. Ders Notları. Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, s. 77.
- Apaydın, G. 2006. $65 \leq Z \leq 92$ Bölgesinde Bazı Elementlerin K ve L X-ışını Flüoresans Parametrelerinin Ölçülmesi. Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon. (yayınlanmamış).
- Aygün, E., Zengin, M. 1998. Atom ve Molekül Fiziği. Ankara Üniversitesi, Ankara, s. 273.
- Badıllı U., Tarımcı N., 2009. Elektro-püskürtme yöntemi ve nano-teknolojideki uygulamaları, Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi 38 (2) 117-135.
- Bakkaloğlu, Ö.F., Karahan, H., Efeoğlu, H., Yıldırım, M., Çevik U., Yoğurtcu Y.K. 1998. Magnetic studies on electrodeposited $Cu_{1-x}Co_x$ alloy films. Journal of Magnetism and Magne.
- Barrett, C.S., 1984. X-ışınları Spektrometresi ve Difraksiyonu. Seminer Notları. TÜB İTAK Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü, Malzeme Araştırma Bölümü, Gebze-Kocaeli, Proje No. 03-0093-8404, 130 s (Çeviri: Tamer Büyükoğuz).
- Baydaş E., Söğüt, Ö., Şahin Y. And Büyükkasap E., 2002.7.6-14.4 keV enerjiye sahip olan Fe ve F bileşiklerinin flüoresans verimleri K X-ışınlarında incelemiştir. Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy 57(2), 375-380.
- Baydaş, E., Söğüt, Ö., Şahin Y. Ve Büyükkasap, E., 2002. Enerji aralığı 5.5 ve 12.1 keV olan Ti, V ve Cr' nin bileşiklerinin flüoresans verimi K X-ışınında incelenmiştir. Journal of Quantitative Spectroscopy ve Radiative Transfer 75, 473-480.
- Bajat, J.B., Kacarev İc-Popov İc, Z., Miskov İc-Stankov İc, V.B., Maks İmov İc, M.D. 2000. Prog. Org. Coat. 39 127.

- Bertin, E.P. 1978. Introduction to X-ray Spectrometric Analysis. Plenum Press. New York. 485s.
- Bertin, E. ve E.P. 1975. Principles and Practice of X-Ray Spectrometric Analysis, Plenum Press, New York-London, p.38.
- Bilgin V. 2003. ZnO filmlerinin elektrik, optik, yapısal ve yüzeysel özellikleri üzerine kalay katkısının etkisi. Doktora tezi, Osmangazi Üniversitesi, Eskisehir, s. 165.
- Birkholz, M., Zaumse İl, P., K İttler, M., Wallat I., Heyn M.P. 2006. Structure of biomembrane-on-silicon hybrids derived from X-ray reflectometry. Materials Science and Engineering: B, Volume 134, Issues 2-3, 15Pages 125-129.
- Büyükkasap, E., 1992. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayınlanmamış), Erzurum.
- Bütün, H. 2007. Fe_xZn_{1-x} İnce filmlerde $K\beta/K\alpha$ şiddet oranlarının ölçülmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Yüksek Lisans Tez.
- Bhunya, C.R., Padh İ, H.C. 1993. Phys. Rev. A 47, 4885-4889.
- Brenner A. 1963 Electrodeposition of Alloys Principles and Practise. Chap.40 Academic Pres. NewYork.
- Bowman, H. R., Hyde, E. 1966. Application of High Resolution Semiconductor Detectors in X-ray Emission Spectrography Science. 151,152.
- Brouwer, P. 2003. Theory of XRF. Panalytical B.V. Netherlands.
- Canberra, 1995. Edition Ten Product Catalog. Canberra Industries, Inc. Connecticut, USA.
- Chang, Chu-Nan ve ark. 1993. Solid State Communications, 87(11) 987-992 .
- Chopra K., Kaur I. 1983. Thin Film Device Applications. Plenum Pres, NewYork, 244s.

- Cullity B.D. 1996. X-ışınlarının Difraksiyonu, (Çev. A. Sümer), İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul, Türkiye, 664s.
- Demirci, A. H., 2004. Malzeme Bilgisi ve Malzeme Muayenesi. Alfa Basım Yayım, İstanbul. 314syf.
- Demirci Ş., Yalçınkaya I. 1992. Karain mağarasından elde edilen bazı toprak ve sediment örneklerinin analizi. Arkeometri Sonuçları Toplantısı VIII. Ankara, 291- 294.
- Dözen C., 2006. M tabakası X-ışınları üretim tesir-kesitlerinin hesaplanması, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, s.67, (Yayınlanmamış).
- Doğan, O. 1995. Si(Li) Detektörü ile karakteristik X-ışınlarının flüoresans tesir kesitlerinin ve boşluk geçiş ihtimallerinin Ölçülmesi. Atatürk Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 79s (Yayınlanmamış).
- Durdu, B. G. 2001. Re, Pt ve Au elementlerinin L X-ışını şiddet oranlarının enerjiye bağımlılığı. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 45s (Yayınlanmamış).
- Durdu, Bg., Alver, U., Küçükönder, A., Söğüt, O., Kavgacı, M., 2013. Investigation on Zinc Selenide and Copper Selenide Thin Films Produced by Chemical Bath Deposition. Acta Physica Polonica A 124(1), 41-45.
- Eckertova, L. 1986. Physics of Thin Films, Plenum Press, New York and London, 340s.
- Eisberg, J.L. 1961. Fundamental of Modern Physics. John Wiley ve Sons Inc. Newyork, 256-290.
- Elidrissi B., Addou M., Regragui M., Bougrine A., Kachouane A., Bernèd J.C., 2001. Structure, composition and optical properties of ZnS thin films prepared by spray pyrolysis Materials Chemistry and Physics 68: 175–179.

- Ertuğrul M., Söğüt Ö., Şimşek Ö. And Büyükkasap E., 2001. Enerjisi 59.5 keV olan atom aralığı 69-22 olan elementlerin $K\beta/K\alpha$ şiddet oranının ölçümü yapılmıştır. J. Physics B: At. Mol. Opt. Physics 34, 909-914.
- Ertuğrul M., Şimşek Ö., Doğan O., Öz E., Söğüt Ö. And Turgut Ü., 2001. Polarizasyon derecesi ve polarizasyon alaşımlarının $K\beta$ ve $K\alpha$ bulunarak $K\beta/K\alpha$ şiddet oranı hesaplanmıştır. Nuclear Instruments and Methods Section B179, 465-468.9.
- Erdoğan, H. 1976. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Temel Bilimler Yüksek Okulu, (Yayınlanmamış), Erzurum.
- Ertugrul, M. 2003. Determination of Probabilities for Vacancy Transfer from The K to The Li Subshell Using L X-Ray Production Cross-Section. Journal of Physics B, I Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 36, (2003), 2275-2282 .
- Frates İ, R., Lunazz İ, G., Rovent İ, G., 1997. In Organic and Inorganic Coatings for Corrosion Prevention Vol. 20,L. Fedrizzi, P. L. Bonora, Eds., The Institute of Materials, London, p. 130.
- Gil Ho Kim, 2009. Jungsik Bang Yunseok Kim. S.K. Rout Seong Ihl Woo, Structural, electrical and optical properties of boron doped ZnO thin films using LSMCD method at room temperature, Appl Phys A 97:821-828.
- Gil Ho Kim, 2011. Deok Hyun Hwang, Seong Ihl Woo, Effect of fluorine addition on boron doped ZnO transparent electrode by room temperature spray method and thermal treatment. Materials Chemistry and Physics 131:77-83.
- Gündüz, E. 1995. Modern Fiziğe Giriş. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No:110, İzmir.
- Hansen J.S, Freund H.U ve Fink R.W., 1970. Nucl. Phys. A 142 604.
- Hansen, J.S. ve ark. 1973. Nuclear Instrument and Methods, 101,113-125.

- Hubbell, J.H., Veigle, W.J., Briggs, E.A., Brown, R.T., Cromer, D.T. And Howerton, R.J. (1975). Atomic form factors, incoherent scattering function and photon scattering cross-section J.Phys.Chem.Ref. Data 4(3), 471-538.
- Hubbell, J.H., Seltzer, S.M., 1995, Tables of X-ray mass attenuation coefficients and 48 additional substances of dosimetric interest. U.S., Department of Commerce and mass energy absorption coefficients 1 keV to 20 MeV for elements Z=1 to 92 Technology Administration, National Institute of Standards Phys. Laboratory., NISTIR 5692.
- Jankowski K., Polasik M. 1989. On The Calculation of $K\beta/K\alpha$ X-Ray Intensity Ratios. J Phys B;22:2369–76.
- Karahan İ.H. 1997. Elektro Kimyasal Depolama Metoduyla Elde Edilen Co-Cu Alaşım Filmlerinde Sıcaklığa Bağlı Boyuna Magnetorezistans ve Özdirenç. Yüksek lisans Tezi, (Yayınlanmamış).
- Karahan İ.H. 2002. Elektrokimyasal Depolama Yoluyla Elde Edilen CuCo ve Cu-Co- Ni Alaşım Filmlerinin Yapısal ve Magnetorezistans Özellikleri. Doktora Tezi (Yayınlanmamış).
- Ozkendir Mo., Cengiz E., Tıraşoğlu E., Kaya M., Karahan İ.H., 2013. Journal of Materials Science and Technology 29(4), 344-348.
- Kavgacı, M. 2007. Kimyasal Banyo Yöntemi İle Üretilen Xse (X=Zn,Cu,Mn) İnce Filmlerinde XRF Ölçümleri. Yüksek lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş (Yayınlanmamış).
- Kerli, S., 2012. Bor-Flor katkılı ZnO ince film ve parçacıkların üretimi, fiziksel özelliklerin incelenmesi. KSÜ, Fen bilimleri enstitüsü, doktora tezi (yayınlanmamış), s.128.
- Khan, M. R., Kar İmi, M., 1980. $K\beta/K\alpha$ Ratios in Energy-Dispersive X-Ray Emission Analysis. X-ray Spectrom. 9 (1), 33–35.

- Kılınç, T. 2006. Zn_{1-x}FexS İnce Filmlerin Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Kahramanmaraş (Yayınlanmamış).
- Kittel, C., 1996. Katıhal Fizikine Giriş. (Çeviren: Bekir Karaoğlu). Biltek Yayıncılık, İstanbul.
- Küçükönder, A., 1992. K β /K α X-ışını Şiddet Oranlarına Kimyasal Etkiler. Doktora Tezi Atatürk Üniversitesi. Erzurum (Yayınlanmamış).
- Küçükönder, A., Sahin, Y., Büyükkasap, E., Kopya, A., 1993a. Chemical Effects on The K β /K α Intensities Ratios in Coordination Compounds of Some 3d Elements. J. Phys. B 26, 101–105. MANSON, S.T. 1974, Atomic Data and Nuclear Data Tables, 14, 111-120.
- Küçükönder A., Söğüt Ö., Büyükkasap E., Küçükönder E., Çam H., 2003. K β /K α X-Ray Intensity Ratios for Bromine and Iodine Compounds. X-Ray Spectrometry 32, 60-63.
- Küçükönder A., Söğüt Ö., Küçükönder E., Büyükkasap E., 2004. Measurement of K α to L α and K β to L β intensity ratios of seven elements in the atomic number range 52 \leq Z \leq 62 using photoionization at 59.5 keV. Optics and Spectroscopy 97(2),172-175.
- Küçükönder A., Söğüt Ö., Sümbül F. And Büyükkasap E., 2006. K β /K α X-ray intensity ratios in calcium and potassium compounds. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry 270(3), 695-698.
- Lee C.V., Wong H.S., 1981. Relations between Surface States and Surface Structure of ZnS(110) Surface, Chinese Journal of Physics 19: 2–3.
- Mantler M., Schrenk M., 2000. X-Ray Fluorescence Spectrometry in Art and Archaeology. X-Ray Spectrometry, 29:3-17.
- Marques Jp., Parente F., Indelicato P., 2001. Relativistic MCDF Calculation of K β /K α Intensity Ratios. J Phys B;34:3487–91.

- Miskovic-Stankovic, V.B., Zotov Ć, J.B., Kacarev Ć-Popov Ć, Z., Maks Ćmov Ć, M.D.,1999. *Electrochim. Acta* (44) 4269.
- Owder Diffraction File, 1969. Inorganic Volume PD/S 5iRB, Sets 1-5,American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA,
- Perednis D., Gauckler, L., 2005, Thin Film Deposition Using Spray Pyrolysis, *Journal of Electroceramics*, 14: 103–111.
- Puri, S. Mehta, D., Chand, B., Singh, N., Hubbell, J.H. And Trehan, P.N., 1993.*Nuclear Instruments and Methods B83*, 21-30.
- Rao, N.V., Reddy, S.B., Raghava Ćah, C.V., Vankataratnam, S., Sastry, D.L., 1986. A study of chemical effects on $K\beta/K\alpha$ X-ray intensities ratios in 3d elements. *Port. Phys.* 17, 143–148.
- Rebohle, L., Lehnert, U., Zschornack, G., 1996. $K\beta/K\alpha$ Intensities Ratios and Chemical Effects of Some 3d Elements. *X-ray Spectrometry* 25, 295–300.
- Redish Edward F., 2002. Teaching Physics with the Physics Suite. web site .
- Romankiw. L.T., 1997. A path: from electroplating through lithographic masks in electronics to LIGA in MEMS. *Electrochimica Acta*, Volume 42, Issues 20-22, Pages 2985-3005.
- Safranek, J., Wiedemann, H., Wanfen Xie Ve Okuda, S., 1988. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, Volume 266, Issues 1-3, Pages 177-181.
- Sarıkaya, Y., 2000. *Fizikokimya. Gazi Kitapevi*, Ankara, 1151 s.
- Scofield, J.H., 1973. Theoretical Photoionization Cross-Section From 1keV to 1500 keV. Lawrence Livermore Laboratory, UCRL 51326 Livermore, California, 374 s.
- Scofield, J. H., 1973. Lawrence Livermore Laboratory, Livermore, CA Report UCRL 51326.

- Scofield, J.H., 1974. Relativistic Hartree-Slater Values For K and L X-Ray Emission Rates, Atomic Data and Nuclear Data Tables 14. Lawrence Livermore Laboratory, California 94550, s. 137.
- Schwarzacher, W., Ve Lashmore, Ds., 1996. Giant Magnetoresistance in Electrodeposited Films. IEEE Transactions on Magnetics. 32: 3133-3153.
- Semat, H., 1967. Atom ve Çekirdek Fizikinin Temelleri. (Nasuhoğlu, R) Ankara Üniversitesi, 161.
- Siegbahn, K., 1974. Alpha-Beta and Gamma-Ray Spectrometry. North-Holland Publishing Company, Netherlands, s.38-39.
- Smith W.F., 1990. Principles of materials science and engineering, McGraw-Hill, Inc., USA, 864 s.
- Storm, E., Israel, H.I., 1970. Cross Section, Nuclear Data Tables A7, 565.
- Söğüt, Ö., 1995. K ve L X-Işını Şiddet Oranları Üzerine Kimyasal Etkiler. Atatürk Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 73s (yayınlanmamış).
- Söğüt Ö., 2010. Investigation of K shell fluorescence yields of Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Ag, Cd, Ba, La, Ce and their compounds. Chinese Journal of Physics, 48(2),212-221.
- Söğüt Ö., KOCAER A.F., SELÇUK ZORER Ö., ÖZDEMİR Y., DOĞRU M., 2014. Micro-chemical and radiological characterization using γ -spectrometry and WDXRF spectrometry and annual effective dose of cigarette tobaccos. Microchemical Journal 115, 19-26.
- Söğüt Ö., 2009. Investigation of K to L shell/subshell vacancy transitions of Zn and Fe in Fe_xZn_{1-x} Thin Film Alloys. Radiochimica Acta 97, 695-699.
- Söğüt, Ö., Büyükkasap, E., Küçükönder, A., Ertuğrul M. and Şimşek Ö., 1995. Alloying Effect on $K\beta/K\alpha$ Intensity Ratios in Cr_xNi_{1-x} and Cr_xAl_{1-x} Alloys. Applied Spectroscopy Reviews 30(3), 175-180.

- Söğüt Ö., Baydaş E., Seven S., Büyükkasap E., Küçükönder A., 2001. Chemical Effects on $K\beta/K\alpha$ X-Ray Intensity Ratios of Mo, Ag, Cd, Ba, La, Ce Compounds and total mass attenuation coefficients of Fe and Cu. *Spectrochimica Acta Part B* 56,1367-1374.
- Söğüt Ö., Büyükkasap E. and Erdoğan H., 2002. Chemical-effect Variation of $K\beta/K\alpha$ X-Ray Intensity Ratios in 3d Elements. *Radiation Physics and Chemistry* 64, 343-348.
- Söğüt Ö., Küçükönder A., Büyükkasap E., Küçükönder E., Durdu B.G. and Çam H., 2003. Measurement of K-shell fluorescence yields for Br and I compounds using radioisotope XRF. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* 76, 17-21.
- Söğüt Ö., 2006. Measurement of η_{KL} and η_{KM} vacancy transfer in Cr_xNi_{1-x} and Cr_xAl_{1-x} alloys. *Physica Scripta* 73, 466-470.
- Söğüt, Ö. 2000. Coster-Kronig Geçiş İhtimalleri, Floresans Tesir Kesitleri ve Floresans Verimler Üzerine Kimyasal Etkiler. Atatürk Üniversitesi, Doktora Tezi, Erzurum, 95s (yayınlanmamış).
- Söğüt Ö., Bali T., Baltas H. and Apaydin G., 2013. Determination of Trace Elements in Ashes of Milk Samples by Using XRF Technique. *Asian Journal of Chemistry* 25 (8), 4385-4388.
- Söğüt Ö., Donuk C., Apaydın G. and Bakkaloğlu O.F., 2014. Examination of CoNiCu thin films by using XRF and XRD. *Can. J. Phys.* **92**: 1–5, [dx.doi.org/10.1139/cjp-20120538](https://doi.org/10.1139/cjp-20120538).
- Storm, E. and Israel, H.I. 1970. *Nuclear Data Tab*, A7, 565s.
- Sönmezoğlu, S., Koç, Mehmed., Akın S., 2012. İnce film üretim teknikleri, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 28(5):389-401.
- Sümer, A. 1966. X-Işımları Difraksiyonu. (Originally: Cullity) İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, Gümüş suyu.

- Şahin, Y., 1999. Çekirdek Fiziğinin Esasları. Çeviri, Atatürk Üniversitesi Yayınları, Erzurum, 340 s.
- Tıraşoğlu E., Söğüt Ö., Apaydın G., Aylıkçı V. and Damla N., 2006. Elemental concentration analysis in some plant samples by EDXRF at Trabzon. Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer 102(3), 396-401.
- Tamak İ, Y., Omor İ, T., Sh İokawa, T., 1975 Radiochem. Radional Letters 20(4-5), 255-262.
- Tamak İ, Y., Omor İ, T., Sh İokawa, T., 1979 Radiochem. Radional Letters 37(1-2), 39-44
- Tuzluca, F. 2007. Bazı Elementlerin L Tabakasından M ve N Tabakasına Boşluk Geçiş İhtimallerinin Ölçülmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 56s (Yayınlanmamış).
- Van Grieken, R.E., Markowicz, A.A., 1992. Handbook of X-Ray Spectrometry, Marcel Dekker, Inc., New York, p. 9-10.
- Yahalom J., Zadok O. 1987. J.Mater, Sci Vol.22,p.499 .
- Yalçın, H. 2005. Malzeme Analiz Teknikleri Ders Notları. Sivas.
- Zor, M., 1982. Spray-Pyrolysis ile Elde Edilen AgInS₂ Bileşiminin Bazı Fiziksel Özellikleri, Doçentlik Tezi, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Aliye ÇELİK
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 23.04.1989, Kahramanmaraş
Medeni hali : Evli
e-posta : tekesaliye@gmail.com.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	KSÜ /Fizik Bölümü	2014
Lisans	KSÜ/ Fizik Bölümü	2011
Lise	Atatürk Lisesi	2006

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2011–2014	Dershane	Öğretmen

Yabancı Dil

İngilizce