

**T.C.
CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KRİZOPRAS MİNERALİNİN OPTİKSEL ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

HAZIRLAYAN

İpek AKALIN

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Mustafa Ali ÇİPİLOĞLU

**Manisa
2013**

T.C.
CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KRİZOPRAS MİNERALİNİN OPTİKSEL ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fizik Anabilim Dalı

İpek AKALIN

Tezin Savunulduğu Tarih : 7 Haziran 2013

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Mustafa Ali ÇİPİLOĞLU

Jüri Başkanı :

Diğer Jüri Üyeleri :

ÖZET

KRİZOPRAS MİNERALİNİN OPTİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

AKALIN ipek

Yüksek Lisans Tezi, Fizik Bölümü

Tez Yöneticisi: Yrd. Doç .Dr. Mustafa Ali Çipiloğlu

Haziran 2013

Bu çalışmanın amacı krizopras mineralinin lüminesans ve optiksel özelliklerinin incelenmesidir. İncelenen krizopras mineralinin lüminesans özellikleri TL ve CL spektrumları alınarak incelenmiştir. Krizopras mineralinin optiksel özelliklerinin incelenebilmesi amacıyla optiksel soğurma spektrumu ve SEM görüntüleri alınmıştır.

Mineralin içerisinde bulunan maddelerin analizi için ICP-AES (İndüktif Çiftleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektrometresi) tekniği kullanılmıştır. Analizlerde temel olarak %96.7 SiO₂, %2,57 Fe₂O₃, %33 ppm Ni, %13,2 Rb, 1660 ppm Cr ve eser miktarda da nadir toprak elementleri tespit edilmiştir.

Çevre taramalı elektron mikroskobu (ESEM) ve x-ışını enerji dağılımlı sistem (EDS) ile kristaldeki safsızlıkların majör elementleri analiz edilmiş olup mineralin indüktif çiftleşmiş plazma-atomik emisyon spektrometresinin (ICP-AES) incelenmesi sonucunda kromit, hematit ve anatas gibi demirli fazlar tespit edilmiştir.

Ayrıca malzemede bulunan tüm safsızlıkların Raman spektrumu ayrıntılı olarak ele alınmıştır ve XRD verileri alınarak literatürdeki verilerle karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Krizopras, Lüminesans, Raman, X ışını Difraksiyon (XRD), Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), İndüktif Çiftleşmiş Plazma-Atomik Emisyon Spektrometresi (ICP-AES)

ABSTRACT

The aim of study is examining the luminescence and optical properties of chrysoprase mineral. The luminescence properties of studied chrysoprase mineral. The luminescence properties of the mineral were investigated by taking TL and CL spectrum. In order to examine the optical properties of the chrysoprase mineral, optical absorption spectrum and SEM images were taken.

For analysing the substances contained by the mineral, ICP-AES techniques were used. As result of these analysis %96.7 SiO₂, %2,57 Fe₂O₃, %33 ppm Ni, %13,2 Rb, 1660 ppm Cr slightly rare earth elements were determined.

Major element impurity, which is in the crystal are analyzed by using Environmental Scanning Electron Microscope (ESEM) and X-Ray Energy Dispersive System (EDS) methods. Additionally, by using Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES) method. The iron phases such as hematite, and anatase were determined.

On the other hand, the Raman spectrum of the impurities which are inside the material were discussed in detail. Also, XRD data were taken and compared with in the literature ones.

(

-

Keywords: Chrysoprase, Luminescence, Raman, X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Microscope (SEM), Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES)

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren, yanında çalışmaktan onur duyduğum ve örnek edindiğim, danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa Ali Çipiloğlu' na,

Bilgisini, deneyimlerini her zaman cömertçe bizlerle paylaşan hocalarım Prof.Dr.Nurdoğan Can, Doç. Dr. Ahmet Çetin ve Doç. Dr. Rana Kibar'a, çalışmada kullandığımız örneklerin deneylerinin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. İsrail Şabikoğlu ve değerli arkadaşlarım Murat Türemiş, İsmail Katı, İlker Keskin ve Seda Maşa' ya teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Ve Ailem... Hayatımın her aşamasında olduğu gibi bu aşamada da beni yalnız bırakmayan, maddi ve manevi desteklerini her zaman hissettiğim annem, babam ve kardeşime sonsuz teşekkürler...

	İÇİNDEKİLER	
		<u>Sayfa No</u>
	ÖZET.....	I
	ABSTRACT.....	II
	TEŞEKKÜR.....	III
	İÇİNDEKİLER.....	IV
	ŞEKİL LİSTESİ.....	VI
	SİMGELER VE KISALTMALAR.....	VIII
1	GİRİŞ.....	1
2	LÜMİNESANS TEORİSİ.....	3
2.1	Lüminesans Nedir?.....	3
3.	MİNERALLER VE GENEL ÖZELLİKLERİ..	5
3.1	Mineral nedir?.....	5
3.2	Minerallerin Karakteristiklerinin Tanımlanması	5
3.2.1.	İz.....	5
3.2.2.	Renk.....	5
3.2.3	Parlaklık.....	6
3.2.4	Dayanıklılık.....	6
3.2.5	Dilinin.....	7
3.2.6	Yoğunluk.....	8
3.3	Minerallerin Şekillenmesi.....	8
3.4	Mineral Grupları.....	9
3.5	Minerallerin Kullanımı	9
3.6	Yaygın Mineraller.....	10
4	KRİSTAL KUSURLAR.....	11

4.1	Deformasyonda Birinci Özelliğe Sahip Hatalar.....	11
4.2	Kırılmada Birinci Özelliğe Sahip Hatalar.....	15
4.3	Kristal Hatalarının Malzeme Özelliklerine Etkisi	15
5	LİTERATÜR ÖZETİ.....	16
6.	MALZEMELERİN KARAKTERİZASYON YÖNTEMLERİ.....	17
6.1	Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM).....	17
6.2	X- Işını Kırınımı (XRD) Yöntemi.....	18
6.3	Termolüminesans (TL).....	20
6.4	Optik Absorpsiyon (Soğurma) Spektrumu.....	22
6.5	Katodolüminesans (CL).....	24
6.6	Raman Spektroskopisi.....	26
7	ÖLÇÜMLER İÇİN KULLANILAN CİHAZLAR.....	27
8	KALSEDONUN GENEL ÖZELLİKLERİ.....	30
9	KRİZOPRAS MİNERALİ.....	34
10	BULGULAR VE TARTIŞMALAR.....	36
10.1	XRF ve ICP – AES sonuçları.....	36
10.2	ESEM-EDS.....	38
10.3	KATODOLÜMİNESANS.....	40
10.3.1	Uzaysal Ayırmalı Katadolüminesans.....	40
10.3.2	Zaman Ayırmalı Katadolüminesans.....	41
10.4	Raman Spektroskopi.....	44
10.5	Optik soğurma ölçüm sonuçları.....	49
10.6	Termolüminesans (TL) Ölçüm Sonuçları.....	50
10.7	SEM Sonuçları.....	51
10.8	XRD Sonuçları.....	53
	SONUÇLAR VE YORUM.....	54
	KAYNAKLAR.....	55
	ÖZGEÇMİŞ.....	58

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Sekil</u>		<u>Sayfa No</u>
2.1	Lüminesansın soy ağacı	4
3.1	Mohs göreceli sertlik değerleri ile mutlak sertlik derecelerinin karşılaştırılması.	7
3.2	Dilinim çeşitleri	7
4.1	Boşluk hataları	11
4.2	Dislokasyon hataları	12
4.3	Kenar Dislokasyonu	12
4.4	Kenar Dislokasyonu	13
4.5	Vida Dislokasyonu	13
4.6	Karışık Dislokasyonu	14
6.1	SEM' in şematik yapısı	18
6.2	Kristal düzlemlerinden X-ışınlarının saçılması	19
6.3	XRD Cihazının Optik Mekanizması	19
6.4	Termolüminesansın oluşum mekanizması	21
6.5	Perkin ElmerLambda 950 UV/VIS/NIR spektrofotometre sisteminin şematik iç yapısı.	22
6.6	İki farklı tür örnek odasını da içeren Lambda 950 Spektrofotometresi	23
6.7	Küçük örneklerin soğurma ve geçirgenlik ölçümleri için tasarlanmış örnek tutucu	24
7.1	MicroLab RA-94 TLD Reader okuyucu cihazı.	27
7.2	Philips X-pert Pro X ışını kırınım spektroskopi cihazı <i>X-Işını Toz Diffraktometresi:</i>	27
7.3	Perkin Elmer UV-VIS Lambda 950 optik spektrofotometre cihazı.	28
7.4	Philips XL-30SFEG taramalı elektron mikroskobu cihazı.	28
7.5	Katodolüminesans sistemi	29
7.6	FEI/Philips XL30 ESEM sistemi	29
8.1	Kalsedonun Çeşitleri	33
9.1	Krizopras Örneği	34
9.2	Krizopras Minerali	35

VII

10.1	Türkiye Çanakkale Biga bölgesinden çıkarılan Krizoprasın ESEM analizlerinden seçilen görüntüleri	38
10.2	a) Krizopras örneğinde seçilmiş farklı iki fazın CL spektrumu. (b) ESEM mikroskobu altında krizoprasın farklı iki fazının saçılmış görüntüsü (c) (b)de temsil edilen iki farklı krizopras morfolojisinin ESEM altında Uzaysal-çözümlemiş CL spektrumu. (d) ESEM altında büyütülmüş gözenek görüntüsü	40
10.3	Farklı modülasyon frekanslarında ve oda sıcaklığında alınan CL spektrumu ve pik altında bulunan diğer bandların Gaussiyen yaklaşım kullanılarak Peakfit ile simülasyonu	43
10.4	Türkiye Biga-Çanakkale krizoprasında seçilen içerdiklerinden yansıyan ışığın görüntüleriyle birlikte raman spektrumu	45
10.5	Krizoprasın görünür bölgedeki soğurma spektrumu	49
10.6	3 dk süreyle x-ışınına maruz bırakılmış krizopras mineralinin farklı ısıtma hızları altında oluşan TL spektrumu	50
10.7	Krizopras örneğinin 20µm boyutundaki SEM görüntüsü	51
10.8	Krizopras örneğinin 10µm boyutundaki SEM görüntüsü	51
10.9	Krizopras örneğinin 10µm boyutundaki farklı bölgedeki SEM görüntüsü	52
10.10	Krizopras örneğinin 5µm boyutundaki SEM görüntüsü	52
10.11	Krizoprasmineralinin XRD grafiği	53

SİMGELER VE KISALTMALAR

<u>Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
TL	Termolüminesans
CL	Katodolüminesans
XRD	X-ışını kırınımı
SEM	Taramalı elektron mikroskobu
FTIR	Fourier dönüşüm kızılötesi spektroskopisi
TEM	Geçirimli elektron mikroskobu
XRF	X-ışını floresans
ICP-AES	indüklenmiş eşleşmiş plazma atomik emisyon spektrometresi
ESEM	Çevresel elektron mikroskobu
EDS	x-ışını enerji dağılımlı sistem
LRS	Lazer Raman spektroskopisi
TLD	Termolüminesans dozimetri
Ppm	Milyonda bir
Gy	Gray
X	X ışını
β	Beta
γ	Gama
eV	Elektronvolt
Nm	Nanometre (10^{-9} m)
NiO	Nikel oksit
SiO ₂	Silisyum dioksit
TiO ₂	Rutil
Hg ₃ S ₂ (Br,Cl) ₂	Arzakit
Fe ⁺² Cr ₂ O ₄	Kromit
Fe ₂ O ₃	Hematit

1.GİRİŞ

Kalsedonun bir türü olan krizopras, göz alıcı elma-yeşil rengi gösterir, böylece "yarı kıymetli" taş olarak değerlendirilir. Bu, içinde silika ve nikelin serbest kaldığı silikat minerallerinin oksidasyonu ve havanın etkisinin sonuçlarıdır. Krizoprasın yeşil rengi mikrokristalin kalsedon matrisinin içine katılmış nikel içeren bir bileşikten kaynaklandığı bilinmektedir. Katılmış nikel içeren fazın doğası, mikroskop veya x-ışını kırınımından doğrudan delil eksikliğinden dolayı kesin olarak bilinmemektedir [1]. Kalsedonla birçok çalışmalar yapılmasına rağmen [2,3] bilimsel literatürde krizoprasın optiksel özellikleri ile ilgili karşılaştırılmalı bir bilgi eksikliği vardır. Demir, kobalt ve bakır içeren krizoprasın rengi hakkında ilk fikirlere karşın ağırlıkça %10 dan daha az oranda Ni içerdiği bilinmektedir. Çeşitli yerlerden çıkarılmış krizoprasın optiksel absorpsiyon spektrumu Ni^{2+} [4] oktahedral özellikler gösterir. Diğer model renginin ince bölünmüş bunsenit (NiO) [5,6] olduğunu önermektedir. Merkez Tanzania Haneti-Itiso bölgesinden krizopras, hem uzun-hızlı kalsedon hem de kuvars (uzun- yavaş kalsedon) dan oluşur. % 0.55 Ni içeriği atomik absorpsiyon spektroskopisi ile tespit edilmiştir [7]. Diğer aşamaları X-ışını kırınımı tarafından tanımlanmıştır.

Bilindiği gibi bir içerik, ev sahibi kristalin başlıca elementlerinden farklı olan bir kristalin yapısının içinde tuzaklanmış bir malzemedir. İçerdikleri genel olarak diğer minerallerdir. Ancak su, gaz ya da petrol tabanlı da olabilirler. Hatta bazı durumlarda doğada organik bile olabilirler. İç basınç veya iç baskının neden olduğu iç kuvvetler, renk çizgileri ve kristalizasyon fazlarının yapı işaretleri, bir kristal örgüde herhangi bir düzensizlik veya dislokasyon, kusurlar olarak sınıflandırılır. Kristal içinde bulunabilen diğer malzemelerin süreçleri veya kusurların üç tipi vardır. Diğerleri, bir başka mineral veya mineral bileşik içinde kısmen bulunabilirken, bazı kusurlar bir başka mineral içersinde tamamen içerilebilirler. Neredeyse tüm mineraller kusur bulundurabilir. Kusur içeren en iyi bilinen minerallerden biri kuvarstır. Örneklerimizde bulunan en yaygın kusurlar arzakit, rutil, kromit, hematit, ilmenit ve anatastır. Kromit, ultra-bazik erime veya bazaltikten kristalleşen birkaç minerallerden biridir. Geniş kimyasal bileşiklerin ve Fe^{3+}/Fe^{2+} türleri bir petrojenetik göstergesi olarak yararlıdır. Doğal kromitler AB_2O_4 , spinel yapıda kristalleşmiş ve bileşimleri geniş bir aralık gösterir. A tetrahedral konumda iki değerlikli metal iyonları yerini tutar (Fe^{2+} , Mg^{2+}) ve B oktahedral konumda üç değerlikli metal iyonları (Cr^{3+} , Fe^{3+} , Al^{3+}) için adlandırılır. Titanyum nadir bir metal değildir. Ancak büyük konsantrasyonlarda ince dağılır. Rutil hidrotermal ortamlarda orta ve yüksek sıcaklıklarda oluşur, oldukça yaygındır ve en geniş kararlı alana sahiptir. Anatas düşük sıcaklıktaki ortamlarda daha yaygındır. Bundan dolayı rutil, kuvars kristal içinde derin kusur olarak bulunması daha muhtemeldir. Kristaller içinde gözden geçirilmesi gereksizdir. Çünkü onların oluşumu kuvars kristalinin oluşumundan önce gelir. Anatas, gelişmede daha sonraki aşamaların düşük sıcaklıklarında oluşma eğilimindedir ve böylece çoğunlukla kristal yüzeyinde büyür.

Raman spektroskopisi, jeolojik örneklerde mineral faz tanımlama ve heterojen malzemelerin kristal kimyası özellikleri için güçlü bir araç olarak kullanılır. Son zamanlarda Raman ölçümleri Türkiye'nin Biga-Çanakkale bölgesinde Dikmen köyü yakınlarında bazı krizopras çukurları ilk kez kaydedilmiştir [8]. Ayırt edici titreşim bandlarının oluşumu yapısal kusurları ve bazı kimyasal kirliliklere dayandırılabilen örgü hataları ile ilişkili olduğu rapor edilmiştir. Genel bir kural olarak, doğal taşlarda lüminesans hatları, yapaylarından daha geniştir. Bunun nedeni, optik aktif merkezleri yapay olanlarda sadece bir veya iki tane oluşurken, doğal taşlarda daha çok bulunur [9].

Toplu krizopras üretici ülkelerden (Polonya, Kazakistan, Avustralya, Brezilya ve Tanzanya) krizopras malzeme karakterizasyonları, son otuz yıldır UV-VIS, XRD, FTIR, EPMA, TEM, EPR, ve TPR gibi farklı karakterizasyon teknikleri kullanarak birçok araştırmacı tarafından önemli ölçüde tamamlanmıştır. Ancak daha yakın bir zamanda dünyada en yeni üretici ülkesi olan Türkiye'nin Biga-Çanakkale bölgesinden krizopras malzemesi birkaç tahribatlı (polarize mikroskop, XRD, XRF ve ICP-AES) ve tahribatsız (hidrostatik denge, refraktometre, UV-I lüminesans, ve DCµRS) analitik teknikler kullanarak silika yapım aşamalarının terimlerinde karakterize edilmiştir [8]. Burada açıklanan çalışmada krizopras ve onun fizikokimyasal lüminesans çalışmaları x ışını kırınımı (XRD), indüklenmiş eşleşmiş plazma atomik emisyon spektrometresi (ICP-AES) ve uzaysal ayırmalı ve zaman ayırmalı CL teknikleri tarafından yapılmıştır. Ayrıca ESEM-EDS ve lazer Raman spektroskopisi (LRS) kullanarak krizopras örneklerinde bulunan (Kromit, Hematit, Arzakit, Rutil, Anatas) farklı kusurlar analiz edilmiştir [8].

Bununla birlikte yine bölümümüzde bulunan TL sistemi ile örneğin TL analizleri yapılmıştır. Gözeneklerin incelenmesi, en küçük minerallerin tanımlanması, bu minerallerin gözenek içindeki dağılımlarının saptanmasında büyük kolaylık sağlayan farklı büyütmelelerdeki SEM görüntüleri alınmıştır.

2. LÜMINESANS TEORİSİ

2.1 Lüminesans Nedir?

Bir dış kaynaktan enerjiyi soğuran materyal, bu enerjiyi bir süre sonra görünür bölge dalgaboyunda foton olarak yayımlar. Aslında gözlemlendiği kadar basit olmayan bu sürece lüminesans denir. Materyalin yaydığı ışığın dalga boyu her zaman soğurduğu enerjinin dalga boyundan daha büyüktür. Bu olgu Stoke Kanunu olarak bilinir. Malzemeler ve cevherler, görünür bölgede ışık yayma kabiliyetine sahiplerse, lüminesans yapan maddeler olarak adlandırılır. Bu tür materyallere örnek olarak; bazı mineraller, yalıtkan ya da yarı iletken materyaller, kimyasal cevherler, hayvansal ve bitkisel kökenli biyomalzemeler ve laboratuvar ortamında üretilen sentetik kristaller sayılabilir.

Lüminesans, doğal radyoaktivite gibi kendiliğinden oluşmaz, uyarıcı bir enerjiye ihtiyaç duyar. Uyarma; UV (kızıl ötesi) ışık, X ışınları, γ ışınları, elektron veya α parçacıkları kullanılarak sağlanabilir. Bu uyarma kaynaklarının tümü, materyalde enerji depolanmasına ve bunun devamı olarak da, enerjinin görünür ışık dalgaboyunda geri salınmasına neden olurlar. Lüminesans olgusu, aslında katılardaki atom ya da moleküllerin elektronik geçişleri ile ilgilidir. Bu nedenle de enerjinin soğurulması ve tekrar geri salınımı kuantumsal birer süreçtir. Lüminesansı uyarılmanın kaynaklarına göre şu şekilde sınıflandırmak mümkündür;

- Kemilüminesans: Kimyasal reaksiyon sonucu oluşan lüminesans
- Biyölüminesans: Biyokimyasal uyarmı ile oluşan lüminesans
- Fotölüminesans: Foton ile uyarılma sonucu oluşan lüminesans
- Radyölüminesans: Nükleer enerji soğurulması (α , β parçacıkları ya da X ve γ ışınları) ile oluşan lüminesans
- Sonölüminesans: Ses dalgaları ile uyarılma sonucu oluşan lüminesans
- Katodölüminesans: Enerjitik elektronlar ile uyarılma sonucu oluşan lüminesans
- Termölüminesans: Başka kaynaklardan enerji soğurulmasını takiben materyalin ısısal olarak uyarılması sonucu oluşan lüminesans.

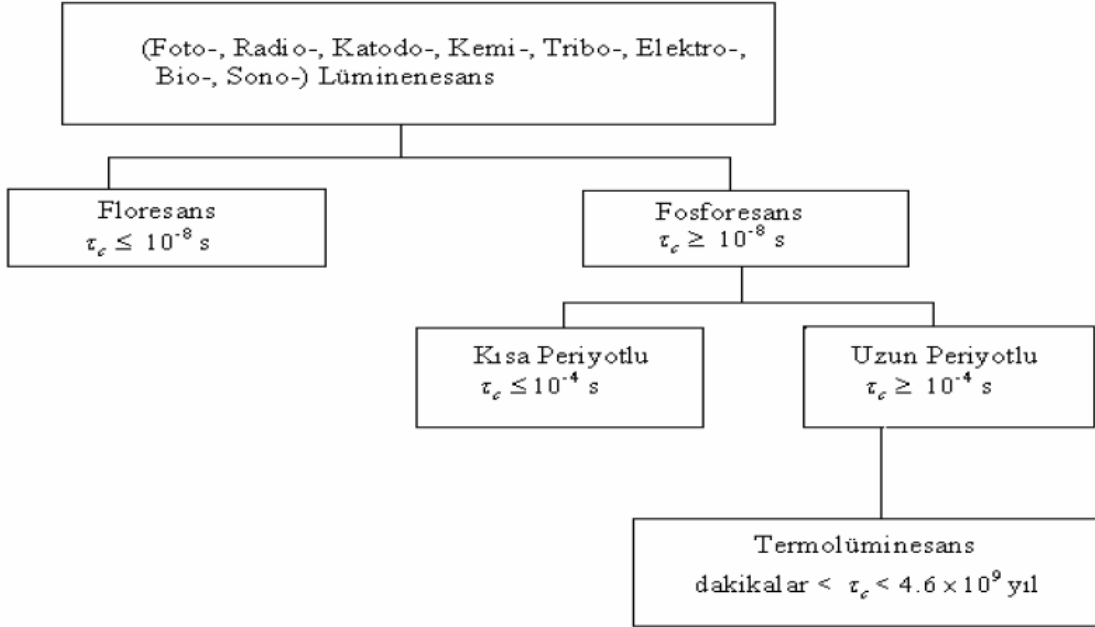
Materyalin radyasyonu soğurması ile lüminesansın başlaması arasındaki süreye karakteristik zaman (τ_c) denir. Karakteristik zaman parametresine bağlı olarak lüminesans iki grupta incelenmektedir:

- 1) $\tau_c < 10^{-8}$ s Floresans
- 2) $\tau_c > 10^{-8}$ s Fosforesans

Fosforesans ise kendi arasında τ_c ' ye bağılı olarak;

- a) $\tau_c < 10^{-4}$ s kısa periyotlu
- b) $\tau_c > 10^{-4}$ s uzun periyotlu

olmak üzere ikiye ayrılabilir. Şekil 2.1.'de lüminesans şematik olarak gruplandırılmıştır. Fosforesans ve floresans arasındaki temel fark zamana bağılılıktır. Floresans zamandan bağımsızken, fosforesans süreci zamana bağılılık gösterir. Floresans, radyasyonla uyarımın hemen ardından başlayıp, radyasyon ortadan kalktığı zaman sona erer. Fosforesans ise, sıcaklığa bağılı olup, uyarım ortadan kalktıktan sonra da bir süre devam eder. Fosforesansta gözlenen bu gecikme elektronların tuzakta harcadığı zamanla ilgilidir.



Şekil.2.1. Lüminesansın soy ağacı (τ_c ; uyarım ve yayınım arasında geçen süreyi temsil etmektedir) [10].

3. MİNERALLER VE GENEL ÖZELLİKLERİ

3.1 Mineral nedir?

Doğal şekilde oluşan, homojen, belirli kimyasal bileşime sahip inorganik kristalleşmiş katı bir cisimdir. Buna göre minerallerin özelliklerini şöyle sıralayabiliriz:

1. Doğal olarak oluşur.
 - insan eliyle (sentetik) veya biyolojik olarak üretilmiş olanlar
 - inciler, styrofoam, mangal kömürü; mineral değildir.
2. Herhangi bir parçası bütününe özelliklerini taşır.
3. Belirli bir kimyasal formülü vardır. Bir element veya bir bileşik olabilirler.
4. Katı halde olup nadiren sıvıdır.
5. İnorganiktir. Organizmaların (yaşayan veya bir zamanlar yaşamış olanların) karıştığı işlemlerden şekillenmemiş olanlar [11].

3.2 Minerallerin Karakteristiklerinin Tanımlanması

3.2.1. İz

İz, mineralin toz formunun rengidir. Bu testi gerçekleştirmek için bir "iz plakası" na ihtiyaç vardır. İz plakası, bir parça porselendir ki Mohs ölçeğindeki dayanıklılık derecesi 7' dir. Mineral, porselenle sürtüldüğünde, geride bir iz bırakır. Fakat bunun işe yaraması için, mineralin, iz plakasından daha yumuşak olması gerekmektedir.

Bazı mineraller, arkalarında, karakteristiklerinin tanımlanmasını sağlayan, kesin renk izleri bırakırlar.

Buna örnek olarak, siyah bir mineral olan ama buna rağmen arkasında kırmızı bir iz bırakan hematit, gösterilebilir.

3.2.2. Renk

Işığın bazı dalga boylarını yansıtma ve absorbe etme özelliğinden kaynaklanır. Renk, tek başına bir minerali belirlemede yeterli değildir, fakat bazı minerallerin karakteristik bir rengi vardır.

Örneğin:

Kükürt- sarı

Klorit- yeşil

Labrador mineralinin ise ışığa göre rengi değişir.

Renk; mineral yapısındaki kusurlar sonucu da olabilir. Yapısal kusurlarda hapsedilen ve herhangi bir atoma bağlı olmayan bir elektron, renk meydana getirebilir. Herhangi bir elektronun eksik olması, herhangi bir boşluğun bulunması da renk oluşumunu destekleyen kristal hatalarıdır.

3.2.3. Parlaklık

Yüzeyden ışığın nasıl yansıdığını belirtir. Bir mineralin parlaklığı genellikle rengine bağlı değildir. Parlaklık daha çok mineralin yüzeyinden yansıyan ışınların kalite ve miktarına göre değişir. Parlaklığın şiddeti mineralin saydamlık ve yansıtma derecesine ve kristal yapısına bağlıdır. Diğer bir deyişle kristal yüzeylerinin veya dilinim düzlemlerinin düzgünlüğü ve pürüzsüz olması parlaklığı etkilemektedir.

Minerallerde en çok görülen parlaklık tipleri şunlardır:

1. Metalik parlaklık: Galen, pirit, kalkopirit,
2. Elmas parlaklığı: Elmas, korund,
3. Camsal parlaklık: Kuvars, topaz, barit, fluorit,
4. Reçine parlaklığı: Sfalerit,
5. Sedef parlaklığı: Talk, barit,
6. İpek parlaklığı: Asbest, lifli jips,
7. Yağ parlaklığı: Kükürt, kasiterit, zirkon, nefelin, kordierit.

3.2.4. Dayanıklılık

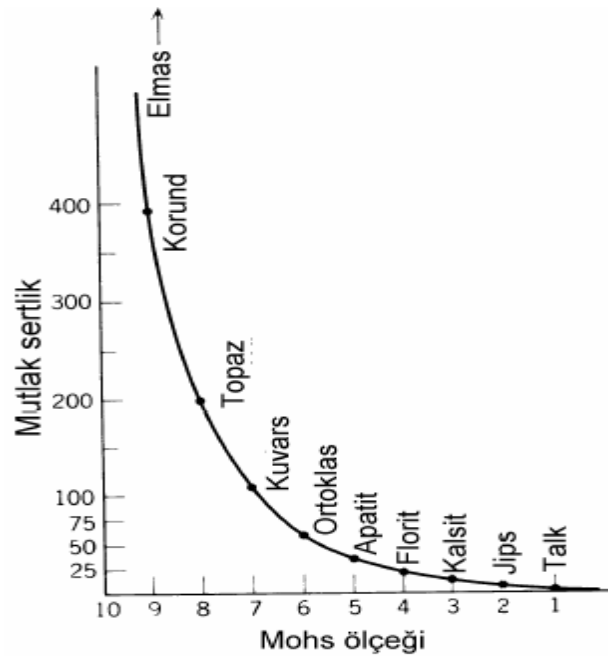
Mineralin ne derece kolaylıkla çizildiğiyle alakalıdır ve karakteristiklerini belirlemede bir kesinlik ölçüsüdür. Bir nesne tarafından çizilmenin " doğru olarak yapılabilmesi " içi; mineralin, çizme işlemini yapan nesneden daha yumuşak olması gerekmektedir.

Mohs ölçeği, dayanıklılıklarını karşılaştırmak için 10 minerallik bir listeye sahip olan, ölçme işlemidir.

-Frederich Mohs tarafından geliştirilmiştir.

-Listedeki mineraller, 1 ' den (en yumuşak) , 10 ' a kadar sıralanmıştır.

-Yaygın olarak kullanılan nesneleri ve onların dayanıklılığını listelemektedir.



Şekil 3.1 Mohs göreceli sertlik değerleri ile mutlak sertlik derecelerinin karşılaştırılması.

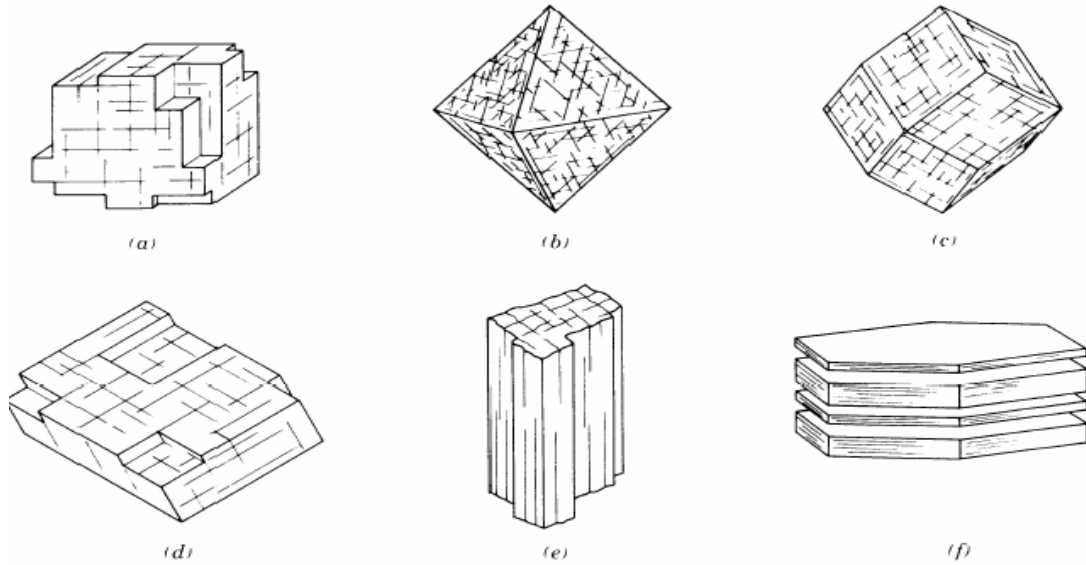
3.2.5. Dilinim

Bir maddeye etki eden kuvvetler dilinim, yarılmaya ve kırılmaya meydana getirebilir. Bu durum kristalin atom yapısına, atom dizilişlerine ve yapısal kusurların varlığına bağlıdır.

Dilinim, minerallerin belli yönlerde, bir düzlem boyunca levhalara ayrılma özelliğidir.

- Dilinim bazı minerallerde belirgin bazılarında belirsizdir
- Bazı mineraller birden fazla dilinime sahip olabilir

Mineralin düz yüzeyler boyunca ayrılma şekli atomların düzenlenmesiyle belirlenir.



Şekil 3.2 Dilinim Çeşitleri.

(a) kübik (b) oktaedral (c) dodekaedral (d) romboedral (e) prizmatik (pinekoidal) (f) bazal

3.2.6.Yoğunluk

Kütlenin, hacme olan oranı atomların kütleleri ve birbirlerine olan yakınlıkları ile belirlenir. Yoğunluk, minerallerin oluşumu sırasında ısı ve basınca bağlı olarak her homojen cisim için sabit bir sayıdır. Kimyasal formülü aynı olmasına rağmen farklı kristal sisteminde kristalleşen minerallerin yoğunlukları da farklıdır. Mesela; küp sistemde kristalleşen elmasın yoğunluğu 3,5 iken aynı kimyasal formüle sahip olan ve hekzagonal sistemde kristalleşen grafitin yoğunluğu 2,1 dir. Minerallerin yoğunlukları 1 - 23 arasında değişir [12,22].

3.2.6. Elektrik

Mineraller iletken, yarıiletken veya yalıtkan olabilirler. Altın, gümüş ve bakır gibi element halinde bulunan mineraller elektriği iyi geçirirken, sülfidler iyi iletmezler. Silikat mineralleri yalıtkandırlar. Bazı mineraller sürtünme sonucunda elektriklenirler. Mesela kehribar veya kükürt sürtünmeyle negatif yükle elektriklenirken kuvars pozitif yükle yüklenir. Bazı mineraller ısıtma ile elektriklenirler. “Piroelektrik” adı verilen bu özelliğe sahip minerallerden birisi turmalindir. Turmalin ısıtıldığında prizmatik kristalin bir ucu negatif, diğer ucu da pozitif yükle yüklenir. Bazı minerallerden kesilen ince levhacıklar düşük voltajda kendilerine özgü salınım yaparlar. “Piezoelektrik” adı verilen bu özelliğe sahip olan minerallere örnek olarak kuvars verilebilir. c eksenine belirli açılarda kesilen, piezoelektrik özellikli kuvars lamelleri; telsiz yapımında, elektromanyetik dalgaların filtre edilmesinde ve hassas saat yapımında kullanılır. Mıknatıs kutupları tarafından çekilen minerallere “paramanyetik” mineraller, itilen minerallere de “diamanyetik” mineraller denir. Bileşiminde az veya çok demir bulunan mineraller paramanyetik özellik gösterirler [13].

3.3 Minerallerin Şekillenmesi

Mineraller nasıl şekillenir?

Bunun bir yolu, magmanın soğuması (soğutulması) dır. Termal enerji kaybolmuştur, atomlar toplu halde göç ederler ve değişik bileşikler halinde şekillenirler.

Elementler ve elementlerin bulunma miktarları minerallerin cinsini belirler. Farklı kristal yapılar şekillenmiştir. Eğer magmanın soğuması yavaşsa, bu, büyük kristallerin oluşmasına neden olur. Farklı mineraller farklı ısılarda şekillenir. Manyetit gibi ağır mineraller batırlar, hafif olanlar ise yüzerler.

Hidrotermal mineral olarak da bilinen kuvars ve kalsit (kalsiyum karbonat) gibi mineraller, soğuma (sürecinin) işleminin sonlarına doğru şekillenirler. Son bir kaç yılda hidrotermal bacalar okyanus tabanında ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu bölgelerde, deniz suyu,

sıcak hava bacalarının içine doğru filtrelendir ve sıcaklığı 400 C ' ye kadar yükselir. Daha sonra sıcak su yer kabuğu ile tepkimeye girer ve " metal içeren sıvı " haline gelir. Daha soğuk sulara gelindiği zaman ise; demir, bakır, çinko sülfat gibi mineraller toplanmaya başlar.

Mineraller bir çözelti dışında çökelti oluşturabilir. Su, içindeki erimiş katı maddelerle doygunluğuna ulaştığında ve artık daha fazlasını tutamayacak duruma geldiğinde, fazlalık, çözeltinin dışına yığılır. Manganezin okyanus tabanının dışında yumru şeklinde oluşması, buna örnek olarak gösterilebilir.

Mineraller buharlaşma sonucu şekillenebilir.

Tuz, alçı taşı ve kalsit gibi mineraller, deniz suyu buharlaştığında şekillenir. Bu, güneşin suyu buharlaştırdığı ve minerallerini bırakmasını sağladığı, dünyanın daha sıcak yerlerinde meydana gelmektedir.

Minerallerin şekillendiği diğer yollar ise:

-Bazı mineraller kötü havaların kayaları aşındırması sonucu oluşur.

Kimyasal değişikliklerin nedeni, havadaki oksijen, su ve asit yağmurlarıdır. Bu gibi olaylar, feldspatları, limonit denilen kahverengi demir cevherinin içinde kaolin ve pirit 'e (sahte altın) dönüştürebilir.

Ve son olarak bazı mineraller, kayalar metamorfoza uğradıklarında oluşurlar ki bu da sıcaklığa ve basınca bağlıdır. Grena ve mika içeren mineraller bu şekilde oluşur

3.4 Mineral Grupları

Oksijen ve silikon içeren minerallere "silikatlar " denilmektedir. Dünya yüzeyindeki minerallerin pek çoğunu, bu iki mineral bir araya gelerek oluşturulmuştur.

Yeryüzünde, tek halde bulunan, en bol mineraller bunlardır. (OKSİJEN %46,6; SİLİKON %27,7) Yeryüzünde bulunan minerallerin yarısından fazlası, bir silikat olan feldspat ' tır. Silikat içeren diğer örnekler ise; talk, kuvars, mika, topaz, hornblent, grena, zirkon 'dur.

3.5 Minerallerin Kullanımı

Değerli Taşlar

Az bulunmaları ve güzellikleri, onları değerli yapmaktadır.

Kuyumculuk için kullanılan değerli taşlar, kesilirler, cilalanırlar ve bazen mineralin ham şekline benzemezler. Kristal bir yapıda olmaları, faseta olarak kesilmelerine izin vermektedirler.

Başka bir mineral ile birleşebilir bir durumda olmaları, daha parlak bir renge sahip olabilmelerini sağlamaktadırlar.

Cevherler

" öz " içeren bir mineral, cevherdir ve kazanç için satılabilmektedir.

Hematit, bir demir cevheridir.

Boksit, bir alüminyum cevheridir.

Bakır, kalkorpit cevherinden oluşmaktadır.

Butil, titanyumun olduğu cevherdir.

-Titanyum, dayanıklılığı ve düşük yoğunluğu (hafifliği) yüzünden oldukça değerlidir.

Cevher yatakları, sıvıların, kayaların yarık ve çatlak gibi zayıf olan bölgelerinden geçmesi sonucu oluşur. Akışkan maddenin içinde eriyen mineraller, sıvı buharlaştığında geride kalırlar ve damar denilen yatakları oluştururlar.

Madencilik

Cevherler; sadece çıkartılan maddenin değeri, madencilik masrafından fazlaysa kazanç getirirler. Atık taşlar ortadan kaldırılmalıdır. Bu, pahalı ve çevre için zararlı olabilir.

3.6. Yaygın Mineraller

4000 ' den fazla, isimlendirilen mineral bulunmaktadır. Ama kayaların çoğunluğu "Kaya oluşturan" olarak adlandırılan, mineralden oluşmuştur. Orta Florida, ABD fosfat endüstrisinde kalbi durumundadır ve fosfat üretimi alanında dünya öncüsüdür. Fosfat, suni gübre yapımında kullanılmaktadır.

Fosfat, Florida ' da kazanç sağlayan bir endüstridir.

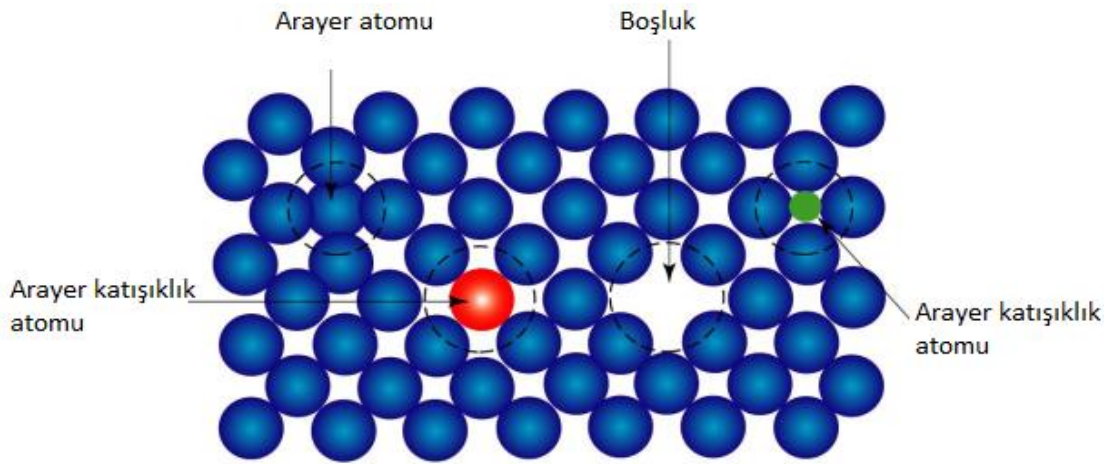
Fosfat madenciliği, uranyum ve arsenik gibi zararlı (toksik) maddelerin de açığa çıkmasına neden olmaktadır. Çünkü fosfat, bu minerallerin altında gömülü durumdadır. Yan ürünler ise maden haline getirilememektedir. Çünkü bunlar çevre kirliliği için birer kaynak durumundadırlar [14].

4. KRİSTAL KUSURLAR

4.1. Deformasyonda Birinci Özelliğe Sahip Hatalar:

A. Noktasal Hatalar: Kafes düzeninin çok küçük bölgelerindeki (1-2 atom boyutu) bozukluğa verilen addır. Bunlar ;

1. Boşluklar: Kafeslerde atomların olması gereken yerlerde boşlukların bulunmasıdır.

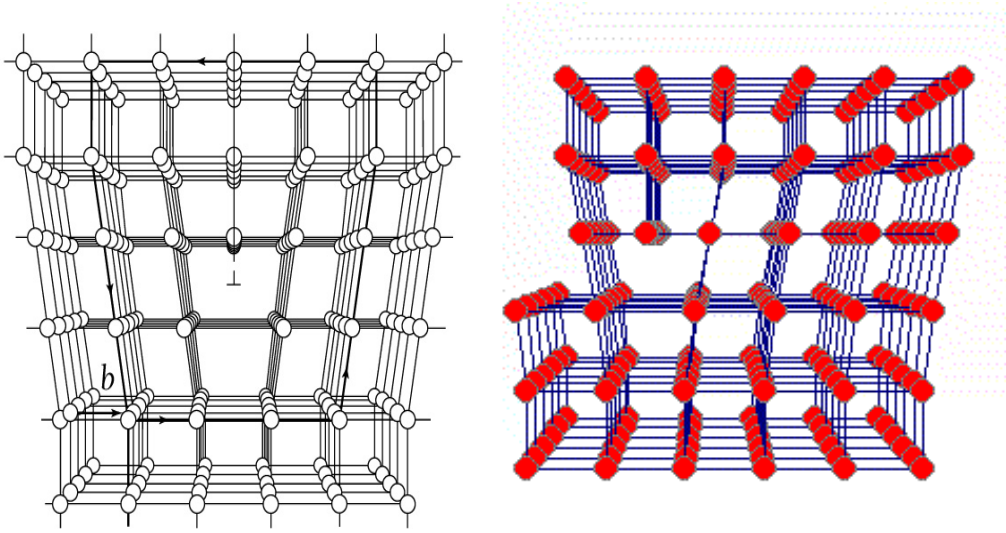


Şekil.4.1 Boşluk hataları

2. Arayer Atomları : Bir atomun kafesteki yerinden ayrılıp atomlar arasındaki boşluğa yerleşmesine denir. Bunlar atom bağlarının zayıflamasına ve gerilim alanı oluşmasına sebep olurlar

3. “Yeralan” Hataları : B atomu A atomunun yerine geçmek suretiyle yapı içinde yeralan hatasını oluştururlar. Bu tip hatada eğer $B > A$ atomu ise bası gerilmesi $B < A$ atomu ise çeki gerilmesi oluşarak gerilme alanı doğar. Bu hata bazen kasıtlı olarak oluşturulur.

B. Çizgisel Hatalar : Kristaldeki düzensizlik bir çizgi boyunca gidiyorsa buna çizgi hataları denir. Daha çok **dislokasyonlar** bu hataları oluşturur.

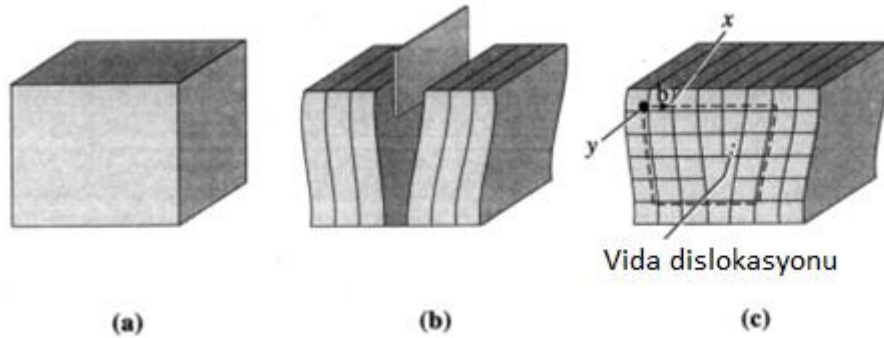


Şekil:4.2. Dislokasyon hataları

Dislokasyonlar malzemelerin birçok davranışının nedeni olan olayın açıklanmasına yardımcı olan kristal kusurlarıdır. Bir dislokasyon iki saf bileşenden oluşur.

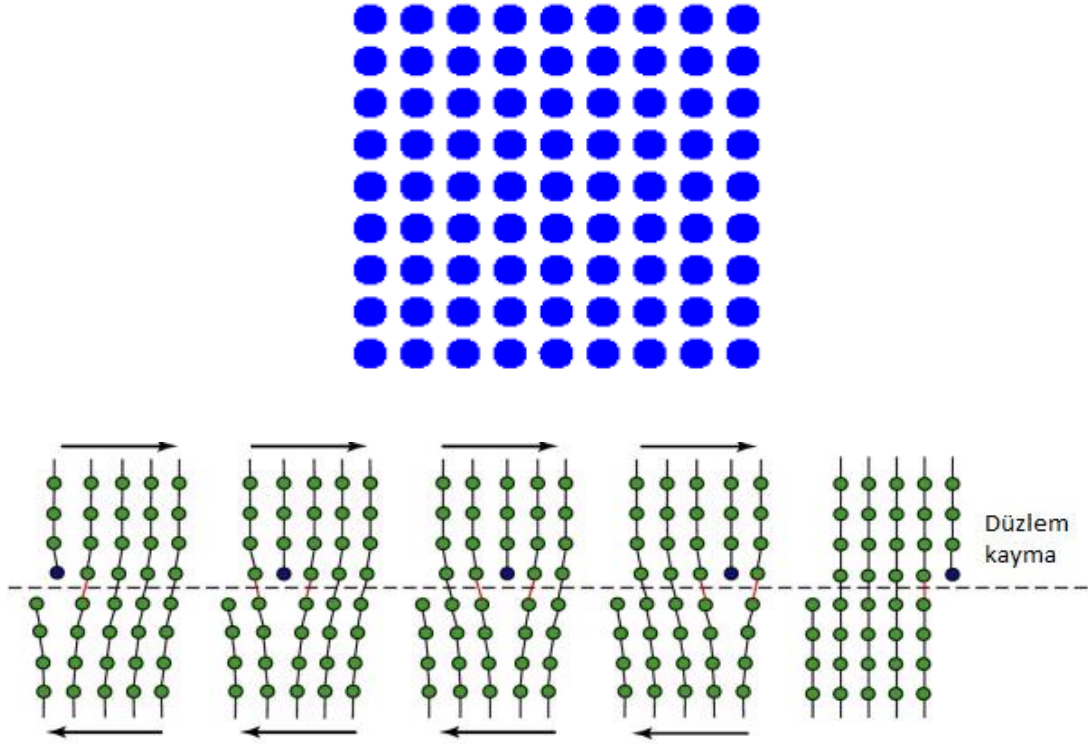
1. Kenar Dislokasyonu :

Şekilde kusursuz bir kristal parçası (a) görülmektedir. Bu kristal parçasının tam ortasına bir düzlem yerleştirildiğini düşünelim (b). Düzlemin alt tarafında atomlar arası mesafe değişmezken üst kısımda bir sıkışma olur ve atomlar arası mesafe değişir.(c)



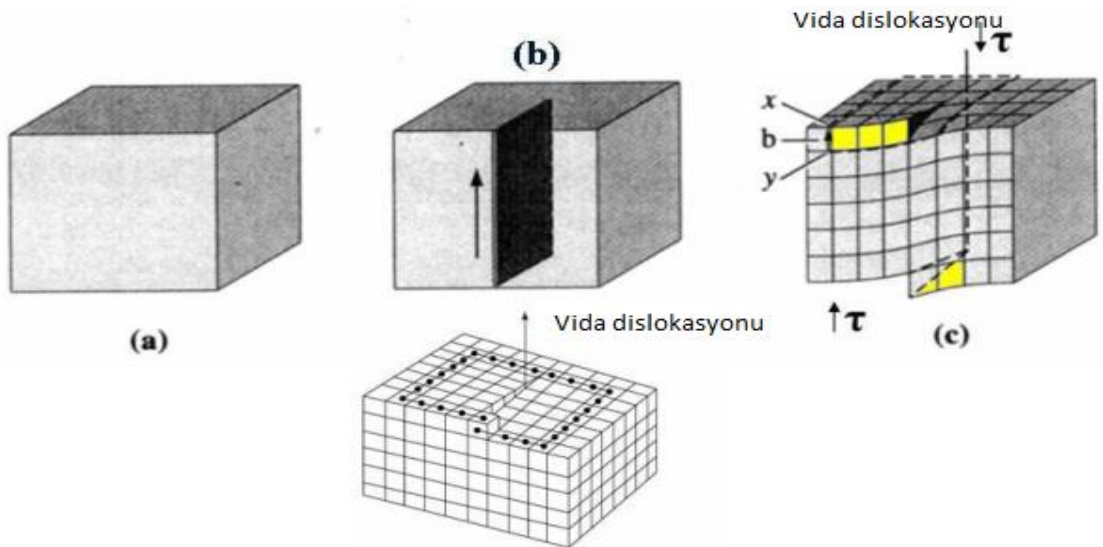
Şekil:4.3 Kenar Dislokasyonu

Bu düzensizliğin merkezi olan doğruya **kenar dislokasyonu** denir ve ($\perp$) işareti ile gösterilir. Eğer kristal parçasına τ kayma gerilmeleri uygulanırsa şekilde görüldüğü gibi fazladan düzlemlerle birlikte siyah nokta sağa doğru hareket edecektir. Buna dislokasyonun kayma hareketi denir. Kat edilen mesafe ve kayma yönü b (burgers) vektörü ile gösterilir.



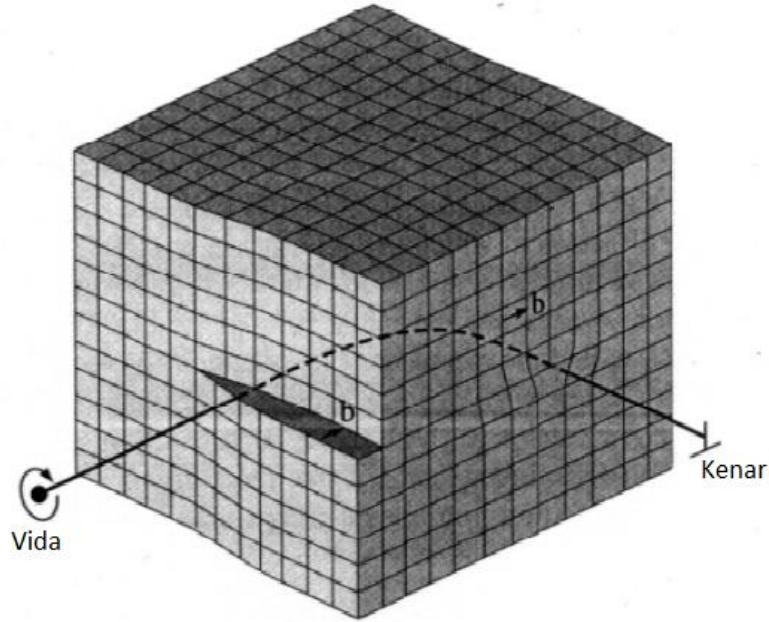
Şekil 4.4 Kenar Dislokasyonu

2. Vida Dislokasyonu : Şekilde kusursuz bir kristal parçası (a) görülmektedir. Bu kristal parçasının tam ortasına bir düzlem yerleştirildiğini düşünelim (b). Düzlemin alt tarafından ve üst tarafından kayma gerilmesi uygulayalım (c) Kaymış ve kaymamış bölgeleri ayıran hatta vida dislokasyonu denir.



Şekil 4.5 Vida Dislokasyonu

3. Karışık Dislokasyonlar : Gerçekte dislokasyonlar kristalde karışık dislokasyonlar halindedir. Şekilde görülen yay boyunca böyle bir dislokasyon hattı görülmektedir. Bir kenar dislokasyonu 90° vida dislokasyonu 0° karışık dislokasyon ise γ° dislokasyonu olarak adlandırılırlar.



Şekil 4.6 Karışık Dislokasyonu

4.2. Kırılmada Birinci Özelliğe Sahip Hatalar

A. Düzlemsel Hatalar : Malzemenin yapısında atomların diziliş düzenindeki bozukluk bir yüzey boyunca oluşmuşsa buna düzlemsel hata denir. Malzeme yapısında tane sınırları ikiz sınırları ve yığılmalar bu tür hatalardandır.

1. Tane sınırları : Metal sıvı halden katı hale geçerken taneler oluşur. Tane içlerinde düzgün olan atom dizilişi tane sınırlarında düzensiz hale gelir. Tane sınırlarında atomlar arası mesafe büyük veya küçük olabilir. Çekim kuvvetleri her yönde aynı olmayabilir. Dolayısıyla tane sınırlarının bir enerjisi vardır. Malzeme kararlı duruma geçmek için serbest enerjisini azaltmak ister. Bunun içinde tane sınırları yüzey alanı küçülme eğilimindedir. Küçük açılı ve büyük açılı iki tip tane sınırı bulunur. Küçük açılıda enerji az, büyük açılıda enerji fazladır. Yüksek enerjili tane sınırlarının dislokasyonlardan oluştuğu ileri sürülmektedir.

2. İkiz Sınırları : Eğer kristalde iki bölge bir düzleme göre birbirinin aynadaki görüntüsü ise bu iki bölgeyi ayıran düzleme **ikiz sınırı** denir. Deformasyon için uygulanan gerilme kristalde belli bir yönde dislokasyonla deformasyon oluşturmıyorsa ikiz teşekkülü ile oluşturur.

3. Yığılma Hataları : Atom düzlemlerinin yığılma sırası bozulursa daha önceden ABC ABC ABC şeklindeki yığılma sırası bu hata sonucu ABC AB AB CA şeklinde olur. Bu hata kristalleşme sırasında veya iki ayrı dislokasyon arasındaki bölgede yığılma düzeni bozularak meydana gelir.

4.3. Kristal Hatalarının Malzeme Özelliklerine Etkisi

- Saf bakır soğuk deforme edilip dislokasyon yoğunluğu artarsa iletkenliği bir miktar düşer. Bakır tavanıp dislokasyon yoğunluğu düşürülürse iletkenliği tekrar artar.
 - Metallerde dislokasyonların bulunması onlara şekillendirilebilirlik özelliğini vermiştir. Bu sayede metalleri kırmadan büyük miktarlarda deforme etmek mümkündür.
- Atom boşluğu yabancı atom, tane sınırı gibi kusurlar dislokasyon hareketini güçleştirici etkenlerdir. Bunlarla malzemenin mukavemeti arttırılır veya azaltılır [15].

5. LİTERATÜR ÖZETİ

Krizoprasın yeşil rengi bir veya daha fazla mikroskobik yeşil nikel bileşiklerinin neden olduğu uzun süredir düşünülmektedir. (Ni^{+2}) Bu fikir iki yüzyıldan daha fazladır tartışılmaktadır ve nikel bileşiklerinin kesin doğası tartışması devam etmektedir. Natkaniec-Nowark ve ark. (1989) Bazı araştırmalar bir nikel oksitin olduğunu ileri sürmektedir. (Muhtemelen bunsenit minerali; Heflik ve ark. 1989) [16]

Krizopras, Webster tarafından kalsedonun ‘ en değerli ‘ çeşidi olarak tanımlanmıştır. (1994, s. 233) Merkez Tanzania bu taşların önemli bir kaynağıdır. Tanzania malzemeleri Gübelin ve Schmetzer tarafından ilk olarak kısaca tanımlanmıştır. Bu raporlar Koivula ve Fryer (1984) tarafından yeşil prasein bir karakterizasyonu ve Kinnunen ve Malisa tarafından Krizoprasın daha detaylı bir çalışmasıyla oluşturulmuştur (1990).

Krizoprasın yeşil rengi, mikrokristalin kalsedon matrisinde dahil edilmiş nikel içeren bir bileşikten kaynaklandığı bilinmektedir. Katkılandırılmış nikel içeren bölgenin yapısı , mikroskop veya x ışını kırınımından doğrudan kanıtının yetersizliğinden dolayı kesin olarak bilinmemektedir. Optik spektrumları oktahedral koordinasyonunda Ni^{+2} gösterir (ROSSMAN). Bunsenit renklendirici etken olarak önerilmektedir. NEGASE ve ark. (1997) ve SACHANBINSKI ve ark. Avusturalya Polanya ve Kazakistan krizoprasında düşük kristallerinin nikel taşıyan fillosilikatların nanometre boyutlarında kalıntılar elektron mikroskobuyla tanımlanmıştır. Bu rapor Tanzania krizoprasında nikel karbonat mineral gaspeyitin varlığının kanıtını açıklamaktadır [17].

Haneti, Tanzania’ dan Krizopras optiksel yansıtma spektroskopisi yakın kızılötesi absorpsiyon spektroskopisi ve X-ışını kırınımı tarafından incelenmiştir (2011). Diğer farklı bölgelerden çıkarılan krizopraslardan farklı olarak, yeşil renk mikrokristalin kuvarsın mikroyapısında % 0,47 gaspeyit eklenmesi neden olmuştur. Gaspeyit, nikel içerdiğinden yeşil renklidir ve böylece Haneti krizoprasının yeşil renginden sorumludur [16].

TPR (Thermo Programmed Reduction) metodu Krizopras’ da nikel iyonlarının konumunu belirlemek için kullanılmıştır (2004). Krizopras örneklerinin sıcaklık profilleri, referansların TPR eğrileri karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. İncelenen örneklerde 2 çeşit nikel türü tespit edilmiştir. Bunlardan biri 2:1 tabaka silikatlar, diğeri extra-yapı pozisyonlarında nikelidir. Buna göre TPR, Krizopras’ da extra-framework pozisyonlarında nikel varlığını kanıtlamak için uygun bir metottur [18].

Biga - Çanakkale (Türkiye) bölgesinden çıkarılan yarı kıymetli krizopras minerali Murat Hatipoğlu, Ufuk Oren, Yaşar Kibici tarafından mikro- Raman Spektroskopisi ile incelenmiştir

(2011). Bu çalışmada ve kullanılan tahribatlı ve tahribatsız analitik teknikler ile silika oluşum fazları, kimyasal içeriği ve karakteristik raman bandları sayesinde krizoprasın karakteristik özellikleri incelenmiştir. Mikro-Raman ölçümlerinde $[\text{SiO}_4/\text{M}]$ merkezlerinin ν_2 çift kat simetrik bükülme modu için anlaşılabilen 498 cm^{-1} de en karakteristik şiddetli Raman bant piki gözlemlenmiştir. M ' de Fe, Cr, Mn, As, Ni, Pb, Sb, Zn, K ve Na ile Si katyonik bazı kısaltmaları içermektedir [19].

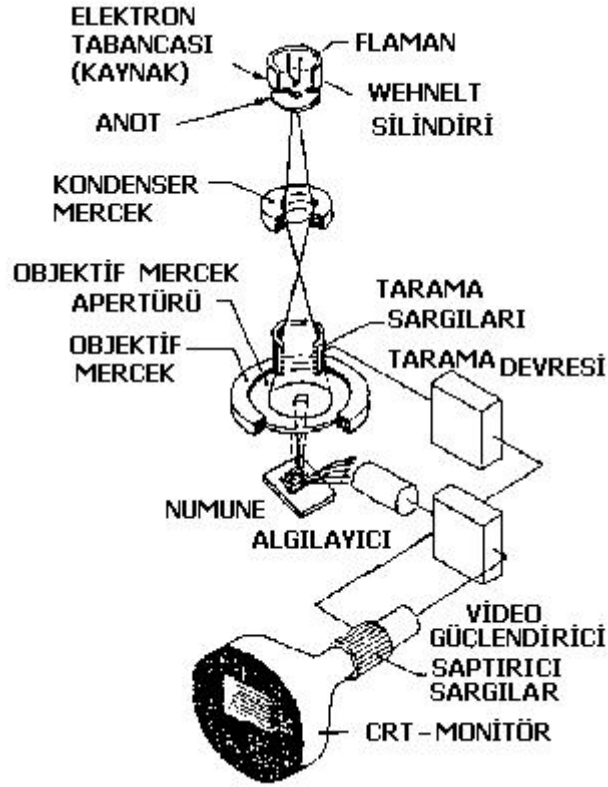
6. MALZEMELERİN KARAKTERİZASYON YÖNTEMLERİ

6.1 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

Taramalı Elektron Mikroskobunda (SEM) görüntü, yüksek voltaj ile hızlandırılmış elektronların numune üzerine odaklanması, bu elektron demetinin numune yüzeyinde taratılması sırasında elektron ve numune atomları arasında oluşan çeşitli girişimler sonucunda meydana gelen etkilerin uygun algılayıcılarda toplanması ve sinyal güçlendiricilerinden geçirildikten sonra bir katot ışınları tüpünün ekranına aktarılmasıyla elde edilir. Modern sistemlerde bu algılayıcılardan gelen sinyaller dijital sinyallere çevrilip bilgisayar monitörüne verilmektedir.

Elektron kaynağından gelen elektronlar ya esnek olarak saçılır ve geri saçılmış elektronlar üretir ya da örnek ile etkileşir. Bu etkileşimler X-ışınları ve ikincil elektron adı verilen yeni elektronlar üretebilir. Tüm bu saçılımlar algılayıcılar tarafından toplanır. Bu veriler işlenir ve malzeme hakkında çeşitli bilgiler elde edilebilir. Özellikle geri saçılmış elektronlar üç boyutlu biçimsel bilgi sağlar. Örneğin yüzey düzensizlikleri, tane sınırları, çatlaklar, gözenekler ve karma malzemelerde yüzeyden çıkarılmış lif veya iğnecikler üstün bir alan derinliği ile gözlenebilir [20].

Çalışma Prensipleri: Taramalı Elektron Mikroskobu Optik Kolon, Numune Hücresi ve Görüntüleme Sistemi olmak üzere üç temel kısımdan oluşmaktadır (Şekil 6.1). Optik kolon kısmında; elektron demetinin kaynağı olan elektron tabancası, elektronları numuneye doğru hızlandırmak için yüksek gerilimin uygulandığı anot plakası, ince elektron demeti elde etmek için kondenser mercekleri, demeti numune üzerinde odaklamak için objektif merceği, bu merceğe bağlı çeşitli çapta apatürler ve elektron demetinin numune yüzeyini taraması için tarama bobinleri yer almaktadır. Mercek sistemleri elektromanyetik alan ile elektron demetini inceltmekte veya numune üzerine odaklamaktadır. Tüm optik kolon ve numune 10^{-4} Pa gibi bir vakumda tutulmaktadır. Görüntü sisteminde, elektron demeti ile numune girişimi sonucunda oluşan çeşitli elektron ve ışınları toplayan dedektörler, bunların sinyal çoğaltıcıları ve numune yüzeyinde elektron demetini görüntü ekranıyla senkronize tarayan manyetik bobinler bulunmaktadır [21].



Şekil.6.1.SEM' in şematik yapısı

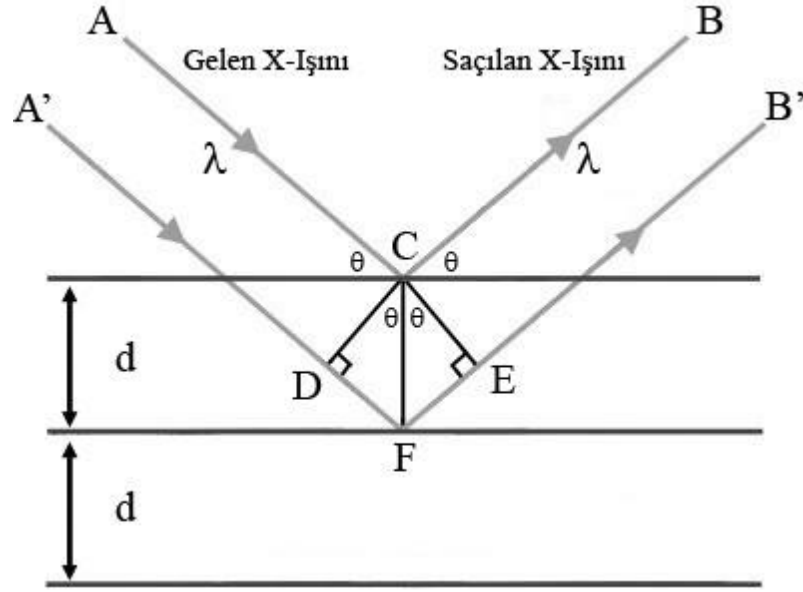
6.2 X- Işını Kırınımı (XRD) Yöntemi

X-ışını kırınımı (XRD) bir kristal malzemenin faz tespiti için kullanılır ve birim hücre boyutları ile ilgili bilgi verebilir. Her bir kristalin fazın kendine özgü atomik dizilimlerine bağlı olarak, X-ışınlarını karakteristik bir düzen içerisinde kırması esasına dayanır.

- Her bir kristalin faz için bu kırınım profilleri bir nevi parmak izi gibi o kristali tanımlar.
- X-ışını kırınım analiz metodu, analiz sırasında numuneyi tahrip etmez ve çok az miktardaki numunelerin dahi analizlerinin yapılmasını sağlar [22].

X-ışınları kristal yapı üzerine düşürüldüğünde, ışınlar katı yüzeyinden küçük geliş açılarıyla tam yansımaya uğrarlar ve ışınlar kristaldeki atomların paralel düzlemleri tarafından saçılırlar. Kristal yapıdaki bu saçılımlar kırınım olarak adlandırılır ve kırınım çok sayıda atomu içeren saçılmalardan meydana gelir. X-ışınlarının kristal yapıda kırınımı Bragg Kanunu ile açıklanır ve Bragg kanunun en basit şekli aşağıdaki formül ile verilir.

$$n\lambda = 2d \sin\theta$$



Şekil 6.2. Kristal düzlemlerinden X-ışınlarının saçılması [23].

Modern X-ışını cihazlarında, kırınıma uğrayan ışının kırınım açısını ve şiddetini ölçecek ışıyım sayıcılar bulunur. Böylece kırınım açısı (2θ)'nın, kırınıma uğrayan ışının şiddetine göre değişimini veren kırınım deseni elde edilir. Desen üzerindeki pik genişliklerine ve zemin şiddetine bakılarak malzemenin kristalleşmesi hakkında bilgi edinilebilir.

Kristallerde x-ışını kırınımı ve diğer kırınım (elektron ve nötron kırınımı) teknikleri ile sağlanan bilgiler şunlardır:

- Kristalin yapısını belirleme
- Kristalin mükemmelliği veya fazın saflığını belirleme
- Kristalin doğrultularını belirleme
- Kristalin örgü sabitlerini belirlemedir [24].



Şekil.6.3. XRD Cihazının Optik Mekanizması

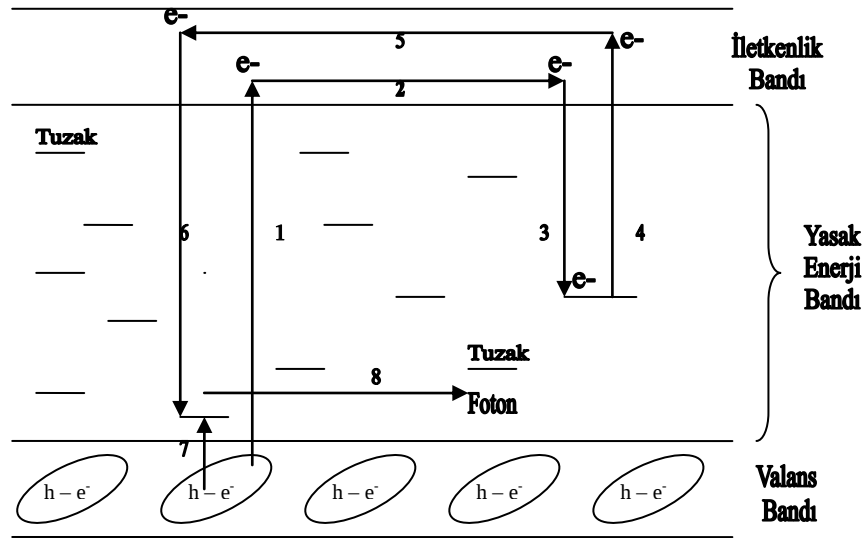
6.3 Termolüminesans (TL)

Teorik olarak TL, katının bant yapısına ve özellikle de safsızlık ve örgü düzensizliklerine doğrudan bağlıdır. Kristal içindeki yük taşıyıcılar, zıt işaretli iyonlar etkisiyle bulundukları yerden serbest yük taşıyıcıları ile etkileşebilmek ve onları tuzaklayabilmek için uzaklaşırlar ve arkalarında boşluk bırakırlar. Bu şekilde meydana gelen yapılar merkez olarak tanımlanabilir. Bundan farklı olarak, iyonlar örgüde farklı pozisyonlara yayılabilir ve ideal örgü geometrisini bozabilir. Bir diğer merkez ise safsızlıkların meydana getirdiği oluşumlardır. Safsızlık iyonlarının boyutları ve değerlikleri genellikle komşu iyonlardan farklı olduğu için örgü yapısını bozabilirler. Ayrıca dışsal kusurlar içsel kusurlar ile etkileşebilir ve daha karmaşık kusur yapıları meydana gelebilir. Atomik olarak ele alındığında kusur, etkileştiği yük taşıyıcılarının işareti, sayısı ve son olarak bulunduğu uyarılmış haller aracılığı ile tanımlanır. Bu tanım her merkezin karakteristik bir enerjiye karşılık geldiğini ifade eder. Bu, karakteristik enerjinin sağlanmasının tuzaklanmış yükleri serbest bırakacağı, böylece merkezi yok edeceği ve örgü yapısını yeniden düzenleyeceği şeklinde ifade edilebilir (McKeever, 1985).

Bant yapısı, yasak bant ile birbirinden ayrılmış değerlik ve iletkenlik bantları ve bu iletkenlik bandının altında farklı derinliklerde bulunan zıt işaretli serbet yük taşıyıcılarının tuzaklandığı bölgeler olarak gösterilen kusurlardan meydana gelen bir yapı olarak tarif edilebilir.

Bu yöntemle malzeme bir X-ışını veya β kaynağı ile uyartılır. Uyartma sonucunda malzeme içindeki safsızlık atomlarından kaynaklanan tuzaklara elektronlar dolar. Bu yöntemde uyartma sonrasında malzemeye ısı etki yapılarak ışıma yapması sağlanır.

Bu sistemin çalışma mekanizması; katılarda elektriksel iletim ve elektronların hareketini açıklayabilmek için geliştirilen bir modelle sağlanabilir. Bu modele göre bir malzemede “valans bandı” ve “iletkenlik bandı” olmak üzere iki tane bandın varlığı öne sürülmüştür. İletkenlik ve valans bandının arasında yer alan bölge hiç elektronun bulunmadığı yasak enerji aralığı olarak tanımlanır. Kristallerin yalıtkan, iletken veya yarıiletken olup olmadıkları bu yasak enerji aralığına göre yorumlanır. Bu varsayımlardan yola çıkılarak lüminesans olayı açıklanmaya çalışılmıştır. Aşağıdaki şekilde (Şekil 6.4) lüminesans türlerinden biri olan termolüminesans oluşum mekanizması gösterilmektedir.



Şekil 6.4 Termolüminesansın oluşum mekanizması

İletkenlik bandı ile valans bandı arasında bir yasak enerji bandı söz konusudur. Herhangi bir radyasyonla (genellikle X-ışını veya β kaynağı) uyarma sonucu valans bandındaki elektronlar yeterli bir enerji alırlarsa doğrudan iletkenlik bandına çıkarlar. İletkenlik bandına çıkan bu elektronlar sahip oldukları enerjiye bağlı olarak iletkenlik bandında serbestçe dolanırlar (21).

Bir kristalde iletkenlik bandı ile valans bandı arasında kusurlardan (nokta hataları, çizgi hataları, alan hataları,...) kaynaklanan farklı derinliklere sahip tuzaklar vardır. Bu tuzaklar tamamıyla hatalar ve safsızlık atomlarından kaynaklanır.

İletkenlik bandındaki elektron enerjisini kaybettikten sonra tekrar valans bandına dönmeye çalışır. İşte bu esnada yasak enerji aralığındaki bu tuzaklardan herhangi birine yakalanır. Eğer kristale dış bir etki uygulanmazsa (sıcaklık vb.) bu tuzaklardaki elektronlar oldukça uzun bir süre burada kalabilirler.

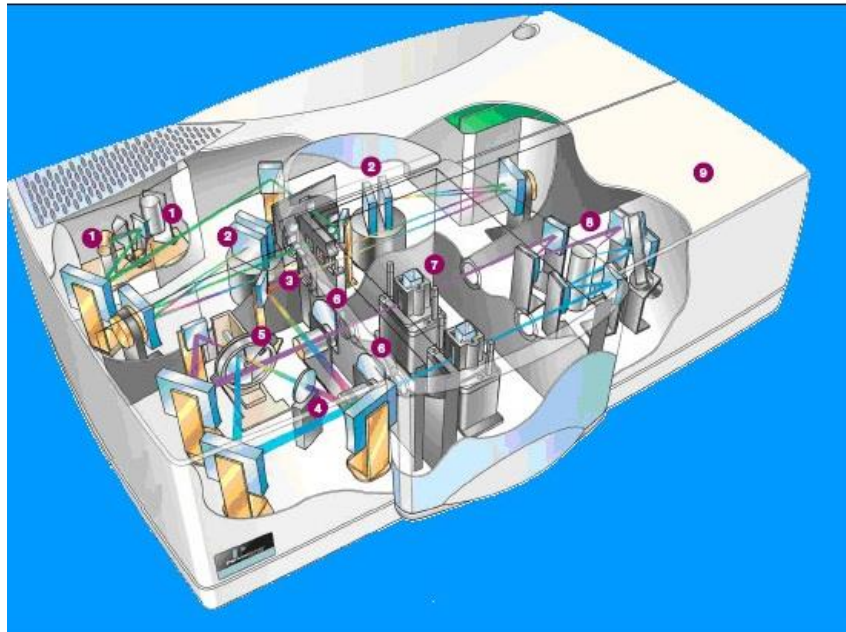
Bu malzeme dışarıdan ısıtılmaya maruz kalırsa bu ısı etkisi ile tuzaktaki elektronlar tekrar iletkenlik bandına çıkarlar. Yine bir süre (enerjisini kaybedene kadar) iletkenlik bandında hareket ederler. Enerjisini kaybeden elektron valans bandına dönerken yasak enerji bandı içerisinde bulunan tekrar birleşme merkezine gelir ve hollerle birleşerek ışıma yapar.

Bu mekanizma ışımaya ait modellerden yalnızca bir tanesidir. Termolüminesans olayında özellikle malzeme X- ışını veya β ışınlarına maruz bırakıldıktan sonra elektronlar tuzaklara hapsolür ve ısıtma yoluyla bu elektronlar tuzaklardan kurtulur ve ışıma yaparlar. Bu şekilde de bizim için malzemenin aktivasyon enerjisi ve tuzak derinliği gibi karakteristik özellikleri hakkında bilgi veren parıldama (ışıma) spektrumunu elde etmiş oluruz [25].

Yayınlanan ışığın miktarı kullanılan kristalin cinsine, iyonlaştırıcı radyasyondan soğurulan radyasyon miktarına bağlıdır. Belirli bir kristal içinse yayınlanan ışık miktarı soğurulan radyasyon miktarı ile orantılıdır.

6.4 Optik Absorpsiyon (Soğurma) Spektrumu

Krizopras mineralinin soğurma ve geçirgenlik ölçümleri TBAG-2324 (103T048) nolu proje kapsamında TUBİTAK desteği ile alınan Perkin Elmer marka Lambda 950 UV-VIS-NIR spektrofotometresi ile gerçekleştirilmiştir.



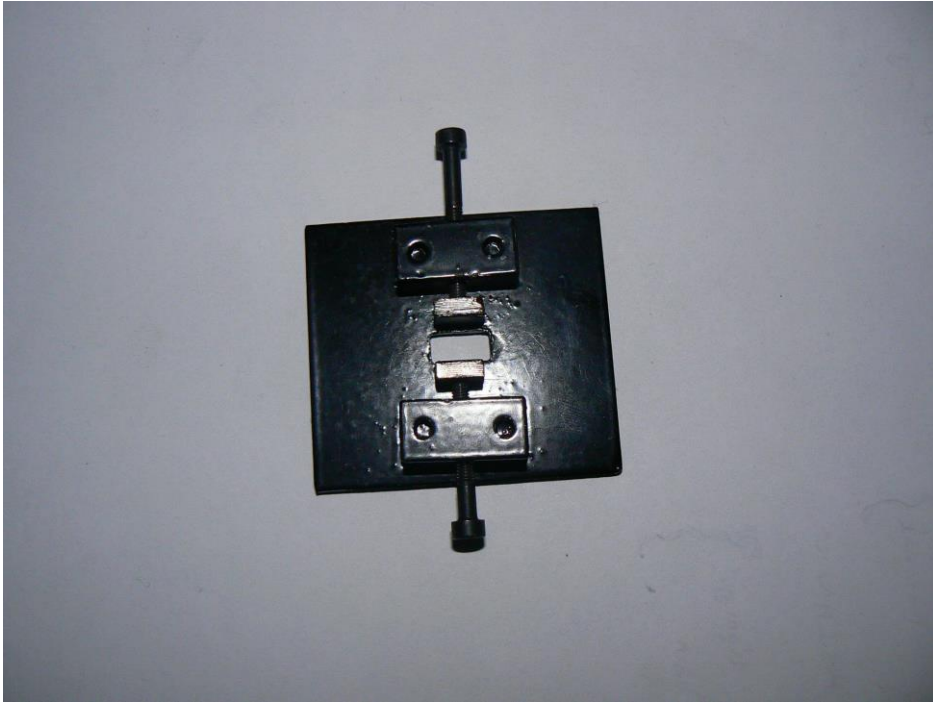
Şekil 6.5 Perkin Elmer Lambda 950 UV/VIS/NIR spektrofotometre sisteminin şematik iç yapısı.

Lambalardan çıkan ışık demeti aynaların yardımıyla monokromatöre gelir, bu sayede de demetin dalgaboyu tespit edilir. Sistemde kullanılan monokromatörler, UV/VIS için 240nm 1440çizgi/nm ne NIR için 1100nm de 360çizgi/mm kırınım ağına sahiptirler. Monokromatörlerden çıkan ışık demeti aynalar yardımıyla depolarizöre aktarılır. Depolarizörden çıkan ışık demeti daha sonrasında kesiciye yani chopper a gelir. Demet kesici 47Hz' lik bir frekansla dönen ayrıca yansıtıcı ve geçirici kısımları olan bir disk şeklindedir. Böylece ışık demeti spektrometre içindeki örnek ve referans odalarından ayrı ayrı geçecek şekilde yansıtılır ya da geçirilir. Numunelerde daha doğru ve hassas ölçüm yapabilmek için sistem içinde soğurma özelliğine sahip bir parça bulunmaktadır. Ölçüm aralığındaki her dalgaboyu için, ışık demeti referans ve örnek odalarından geçerek dedektöre ulaşır. UV/VIS aralığı için R6872 fotoçoğaltıcı tüpü ve NIR için Peltier soğutuculu PbS dedektörü kullanılmaktadır. 185nm altında ölçüm alabilmek için N₂ soğutması gerekmektedir. Dedektörde her dalgaboyu için referans ve

örnek odalarından geçen ışığın ölçümleri elde edilir. Gösterildiği gibi, sisteme ikinci bir örnek odası daha yerleştirme imkanı vardır. Toplam ve difüz geçirgenlik ölçümü yapmayı sağlamanın yanı sıra içerdği 60 mm veya 150 mm lik küre ile son derece yüksek kararlılıkta yansıma ölçümleri yapmayı sağlamaktadır (Şekil 6.6).



Şekil 6.6. İki farklı tür örnek odasını da içeren Lambda 950 Spektrofotometresi



Şekil 6.7. Küçük örneklerin soğurma ve geçirgenlik ölçümleri için tasarlanmış örnek tutucu

Kullanılan optiksel soğurma sistemi bu çalışmada kullanılan malzemelerden çok daha büyük malzemeler için dizayn edildiğinden, yaklaşık 0,5 cm genişliğe sahip küçük malzemelerin ölçülebilmesi için, şekil 6.7 'de görülen örnek tutucu tasarlanıp yaptırılmıştır. Tüm ölçümler boyunca ışık örnek üzerine dik bir şekilde düşürülmektedir. Ölçüm yapılacak dalgaboyu aralığı, sistemin çözünürlüğü ve hangi tür ölçüm yapılacağı (soğurma, yansıma veya geçirgenlik) Perkin Elmer UV WinLab" bilgisayar programı sayesinde belirlenir. Elde edilen veriler AXUM programı ile grafik haline getirilir [26].

6.5 KATODOLÜMINESANS (CL)

Tüm zaman-ayırılmalı katodoluminesans (CL) spektrumu, Türkiye, Celal Bayar Üniversitesinde $0.4 \mu\text{Acm}^{-2}$ etrafında akım yoğunluklarında 14 keV elektronları kullanarak alınmıştır [10] . Birincil elektron ışını normal ölçümü dışında, 90 Hz frekansla bir sinüs fonksiyonu olarak Thandor TG501 5 MHz fonksiyon jeneratörü kullanılan normal pulsludur. CL tepkileri CL, Egand Ortholoc-SC 9505 iki lock-in amplifikatör kullanarak alınmıştır. Numuneden gelen ışık f/4 ışık toplamasıyla bir ağıl monokromatörün yarık girişi üzerine bir kuvars lens ile odaklanmıştır. Soğutulmuş kırmızı-duyarlı fotomultipler tüp ve ölçülen kilitli amplifier çıkış fotomultipler bir f/4 taramalı monokromator kullanılarak optiksel spektrum elde edilmiştir. İki farklı ölçüm, sistemde alternatif akım (AC) ve doğru akım (DC) da yapılabilir. DC ölçümleri elektron tabancası kaynağı gelen optiksel sinyalleri potansiyel olarak kaydedebilirsiniz. Ancak AC çalışma modunda reddedilmiştir. Deneyler boyunca AC ölçümleri kullandık. AC ölçümlerinde Ortholoc-SC9505 iki faz lock-in amplifikatör kullanılmıştır. Bu cihaz, örneğin sadece bir kanal gerekli olan, sıradan bir lock-in yükseltgeç tam olarak aynı şekilde çalışan normal modda kullanılmıştır. PM tüpünün çıkışı tüpe yakın bir şekilde yerleştirilmiş bir Brookdeal 5002 Current ön yükseltece bağlanmıştır. Büyük bir DC akımını azaltabilen bu ön yükselteç "lock-in" e uygun bir giriş sağlar. Ön yükseltecin çıkışı DC azalmalarına karşı en yüksek AC kazancı elde etmek amacıyla değiştirilebilir. Dalga boyunun ve şiddetin kalibrasyonu bilinen emisyon spektrumun referans lambaları ile elde edildi. Bausch & Lomb ağ monokromator, 546.07, 576.96 ve 579.06 nm de iyi tanımlanmış bir emisyon bandı ile düşük basınçlı civa buharlı bir lambayla kalibre edilir. Monokromatör tam veri edinme izin veren uygun pozisyonlarında mekanik olarak sürülebilir. Cihazın kalibrasyonu böylece kolaylıkla kontrol edilebilir. Spektrumun tüm aralığını karşılamak için çizgisiz geniş bant spektrumu olan iki lambaya ihtiyacı vardır. UV aralığı için (200–400 nm), 160 ve 380 nm arasında geniş bir banda karşılık gelen spektrum olan döteryum lambası kullanılmıştır. Bir CL spektrumun düzeltilmesi, sistem yanıtı tarafından saf spektrumun multiampifikatör gerekir. Burada gösterilen tüm spektrumlar sistem cevabı için düzeltilmiştir. 90 da 900 Hz 'e kadar frekanslarda ayrılmış elektron ışını ve fotomultipler çıkış, lock-in amplifikatör üzerinde ölçülmüştür. Uyarılan elektron ışını modülasyonu ışın sütununa eklenen bir çift paralel plaka tarafından yapılmıştır. Kare dalga kullanımının bir avantajı uyartma demeti düzdün değilse elektron demeti malzemenin üzerine sürekli olarak gelmek yerine açılıp kapanarak gelir. Lock in

de çalıştırılacak harmoniklerin bazıları gibi daha düşük sınırlı frekanslarda etkileyebilir; benzer olarak çalışma aralığı üzerinde olan harmoniklerin olduğu bir kare dalgayla yüksek frekanslarda bir dezavantaj olabilirler. Spektral alan 200–800 nm dir ve spektral dağılım 2.8 nm mm^{-1} yarık genişliğindedir. Giriş ve çıkış yarıklarının genişliği genellikle 1 mm dir ve bu yüzden spektral dağılım bu çalışmada sunulan spektrumun çoğunluğu için 2.7 nm dir. Yarıkların azalması daha iyi bir çözünürlük verir ancak ölçülen yoğunlukta önemli bir azalma üretir.

Örnekler FEI şirketinin bir ESEM XL30 mikroskobu kullanılarak incelenmiştir. Mikroskop, pankromatik ve monokromatik ve CL spektrumu kaydetmek için kimyasal bir EDS probuna ve MONOCL3 Gatan probuna sahiptir. PMT 250–850 nm spektral aralığı kapsar ve spektrumun mavi kısmı daha duyarlıdır. Bir parabolik elmas ayna ve bir fotomultipler tüp CL emisyon toplamak ve yükseltmek için kullanılır. Örnek CL ayna düzenek altında 16.2 mm yerleştirildi. CL spektrumları için uyarma 30 kV luk elektron ışınında sağlanmıştır. Spektral sistem standart bir civa lamba ile kalibre edilmiştir. Kullanılan 300 mm Czerny-Turner mono-kromatör, 300 mm odak uzunluğu, diyafram $f/4.2$, 69 mm×69 mm grating boyutu, 18001/mm grating için dağılımı 1.8 nm mm^{-1} ve 0.5 nm yaklaşık bir maksimumla çözünürlük grating bağımlı ve dalga boyu doğruluğu $\pm 0.2 \text{ nm}$, yazılım tarafından belirlenen konum ile otomatik geri tepme kaldırmaya sahip MonoCL3 sisteminin standart bir parçasıdır.

6.6 RAMAN SPEKTROSKOPİ

Görünür bir ışık kaynağının tek bir dalga boyunu kullanarak molekül veya kristal yapıları malzemelerde uyartım yoluyla ve bu uyartımlardan ortaya çıkan esnek olmayan ışık saçılmalarının incelendiği bir spektroskopi yöntemidir.

Kristal veya molekül üzerine gelen ışık, fonon etkileşimine uğratarak malzemede bir kuantum enerjisi alışverişine neden olur. Saçılan foton bu durumlarda bir enerji kuantumu kazanır veya kaybeder. Raman spektroskopisi, saçılan fotonun enerji kaymasını ölçer. Bu yöntemle elde edilen bilgiler kimyasal bağların titreşim frekanslarının özgün değerlerine ait bilgilerdir. Kızılötesi spektrumlarında (örneğin: FTIR veya IR) kullanılan aynı tür kuantumsal titreşim değişimlerinden yararlanır. Temel uygulama alanları katı ve sıvılardaki bilinmeyen bileşiklerin belirlenmesi, yapısal düzenin incelenmesi ve evre dönüşümleridir. Bu yöntem ile elde edilen yanal çözünürlük 1 μm düzeyindedir. Uzun band aralıklı yarıiletkenlerde band yapısı, gerilme durumları ve ısı kararlılığının belirlenmesinde, kristal ana yapıdaki yabancı madde ve yapısal hataların incelenmesinde değerli bilgiler verir [27].

Raman spektroskopisi ve bağlantılı görüntüleme teknikleri genellikle tahribatsızdır ve minerallerin ve değerli taşların geniş bir aralığını tanımlamak için kullanılabilir. Seçilmiş parlatılmış krizopras bölümleri hem ESEM-EDS hem de mikro-Raman düzlem araçları için hazırlanmıştır. Mikro Raman spektroskopisi çalışmasında bir mikron uzamsal çözünürlüğü nokta ve ateş Raman yeteneğine sahip yeni bir Termo Fischer DXR Raman Mikroskopu (West Palm Beach, FL 33407, USA) kullanarak hiperspektral çizgi taramalı ve tek spektrum tarafından yapılmıştır. % 100 lazer gücü modunda 20 mW de 780 nm lazer bir kaynakla birlikte konfokal mikroskopun 20 $\times$ hedefi seçtik. 70 ile 2000 cm^{-1} arasında değişen Ramanda ortalama spektral çözünümleri 2.4—4.4 cm^{-1} dir. Örneğin, grating 900 lines/mm ve nokta boyutu 2.1 μm . Sistem OMNIC 1.0 yazılım fitting çalışma koşulları altında örneğin 50 μm iğne deliği gibi, 30 s beyazlatma süresi; her 10 s 'de dört ölçümün ortalamasıdır.

7. ÖLÇÜMLER İÇİN KULLANILAN CİHAZLAR



Şekil 7.1.MicroLab RA-94 TLD okuyucu cihazı.

Termolüminesans Okuyucu: MicroLab RA-94 TLD Reader, örneklerin tuzak parametrelerinin hesaplanması ve doz cevaplarının bulunması için kullanılan cihaz (Şekil 7.1). Celal Bayar Üniversitesi Fizik Bölümü Lüminesans Araştırma Laboratuvarı.



Şekil 7.2.Philips X-pert Pro X ışını kırınım spektroskopi cihazı *X-Işını Toz Diffraktometresi:* Philips Xpert Pro marka, sentezlenen bileşiklerin faz analizleri için kullanılan cihaz. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Malzeme Araştırma Merkezi (Şekil 7.2.)



Şekil 7.3. Perkin Elmer UV-VIS Lambda 950 optik spektrofotometre cihazı.

Optik Soğurma Spektrofotometresi: Perkin-elmer UV-VIS Lambda 950 spektrofotometre, örneklerinin optik soğurma ve geçirgenlik gibi özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan spektrofotometre cihazı (Şekil 7.3). Celal Bayar Üniversitesi Fizik bölümü Lüminesans Araştırma Laboratuvarı.



Şekil 7.4 Philips XL-30SFEG taramalı elektron mikroskobu cihazı.

Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM): Philips XL-30SFEG marka model bilgisayar kontrollü digital SEM ölçüm cihazı (Şekil 7.4). İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Malzeme Araştırma Merkezi.



Şekil 7.5. Katodölüminesans sistemi

Örneklerin katodölüminesans spektrumlarının alınması için kullanılan CL sistemi şekil 7.5 de görölmektedir.



Şekil 7.6. FEI/Philips XL30 ESEM sistemi

8. KALSEDONUN GENEL ÖZELLİKLERİ

Kimyasal formülü: SiO_2

Bileşimi: Silikon dioksit

Renk: Her renkten meydana gelebilir.

Çizgi rengi: Beyaz

Sertliği: 7

Kristal biçimleri ve Dağılımları: (Hegzagonal) Kuvars taşının mikrokristalin bir çeşidi olan Alaca Akik Taşı kristaller biçimlerinde ortaya çıkmaz. Yalnızca böbrek biçiminde ,sarkıt, büyük ve ağır, boğumlu, çevresi pürüzsüz, birleşik ve taş oyuğu şekillerinde ortaya çıkar.

Saydamlık: Saydam ve opak

Özgül Ağırlık: 2,6 - 2,7

Parlaklık: Cam ve mum benzeridir. Bazı sarı veya kahverengi çeşit reçine bulunmaktadır.

Ayrılma: Ayrılmaz

Kırılma: Konkoidal

Sağlamlık: Kırılgan

Diğer tanımlama özellikleri:

- 1) Birçok örneği beyaz ya da yeşil ışığı yayar.
- 2) Tribolüminesans

Diğer isimleri: Kalsedoniks, Kalsedon, Kalsedonit

Mikrokristalin kuvars veya kriptokristalin kuvars adındadır. (Akik taşını kristalin kuvarstan ayrı tutar.)

Çeşitleri: Kuvars ve kalsedona tam anlamıyla yüzlerce çeşit isim verilmiştir. Bazı isimler bilimsel olarak tanınmasa da evrensel olarak kullanılır. En önemli çeşitleri aşağıda sıralanmıştır.

Nadiren kullanılan isimlerde dahil olmak üzere tüm diğer çeşitli isimler kuvars ve kalsedon sayfalarında bireysel olarak listelenmiştir.

Bu ana çeşitleri şunlardır:

Akik-Bileşik çeşit

Carnelian –kırmızı ve yarı saydam

Oniks-şeritlerin düz, paralel ve bileşimle tutarlı olduğu bileşik çeşit

Jasper –kalsedonun tüm renklerinden oluşan mat çeşidi.

Kaplan gözü-ipliksi krokidolitten sonra oluşan kuvarsın kübik şeklindeki çeşidi.

Krizopraz-yeşil elma şeklindeki çeşidi.

Bloodstone-küçük ve kırmızı (kan rengi gibi) noktalara sahip, koyu yeşilden maviye çalan renkteki çeşidi.

Sard-kahverengiden kırmızıya çalan, yarı saydam çeşidi.

Sardoniks-kahverengiden kırmızıya çalan ya da alternatif olarak beyaz ve siyah şeritlere sahip bileşik çeşidi.

Flint-büyük ölçüde saf olmayan düzenli bir renk dağılımına sahiptir.

Bilimsel olarak 'kalsedon terimi' herhangi bir mikrokristalin kuvars türüne tekabül eder.

Grupları: Silikatlar; tektosilikatlar; silis grubundandır.

Ayrıca bir oksi olarak sınıflandırılabilir. (oksitler, basit oksitler)

Hakkında Her şey: Kalsedon gerçekte kendi ismiyle bilinmez. Bilim adamları 'mikrokristalin kuvars'derler. Koleksiyoncular ve taş tüccarları her çeşidini kendi özel ismiyle telaffuz ederler. Yüzlerce değişik kalsedon çeşidi vardır. Taş ticaretinde 'kalsedon' terimi yalnızca beyaz ve açık renkli nodüller, büyük kalsedonu tasvir eder.

Kalsedonun en çeşitlisi ve popüler akik çeşitidir. Aşırı derecede boldur ve sıra dışı, şaşırtıcı örnekleri vardır. Çoğu akikin doğal hali çirkindir. Onun güzelliğini ortaya çıkarmak için örnekler düzgünleştirilmeli ve cilalanmalıdır. Koleksiyonculara satılan örneklerin çoğu cilalanmış ve düzeltilmiş taşlar şeklinde işlemden geçirilmiştir.

Bazı kalsedonlar gözenekli ve farklı renklerde boyalı olabilir. Brezilya'da birçok akik örnekler boyanmaktadır ve alıcıya bu gerçeği bilgisi olmadan satılır. Genellikle akik rengi tecrube ile boyalı olduğu anlaşılır.

Kalsedon 'geodes'lerde oluşur. Bazen oyuk duvarlarından kabarcıklar şeklinde görünür. Akik, akik nodülünü oluşturarak bazen yuvarlak boşluğu tamamen doldurur. Piyasadaki akikin çoğu bu nodüllerden meydana gelir.

Kalsedon organik maddelerden sonra sıklıkla yanlış değişir. İyi bilinen örneği tamamen kalsedona dönüşmüş taşlanmış tahtadır. Arizona'da ki ulusal taşlanmış orman anıtı'nda bütün

orman taşlanmış koruya dönüşmüştür. Eski ormanın kalıntıları bölgede bulunan geniş kayıtlarda bulunabilir.

Diğer bilinen yanlış değişim mercan sonrası kalsedondur. Floroda'da Tapma Körfezinin altında çoğu mercan kalsedon ile yer değiştirmiştir ve orijinal biçimi korunmuştur.

Diğer bilinen yanlış değişim ünlü 'kaplan gözü'dür. Neredeyse efsanevi bu mineral çok ilginç ve şaşırtıcı bir görünüme sahiptir. Ona bu sonucu kalsedona dönüşen krokidolit lif yapısı sebep olmuştur.

Karışımlar sıklıkla Kalsedon' da bulunur. Onlar mineralde yosun yüksekliğinde oluşabilirler. Bunlar yosunlu akik olarak (Dendritli Agat) bilinir. Diğer bir örnek ağaca benzeyen fabrikasyonlar oluşturan magnezyum oksit içeren kalsedon çeşidi Dendritli Agat'dır. Bu ağaçlar çarpıcı şekilde gerçek olabilirler.

Kullanım Yerleri: Kalsedon önemli bir süs taşıdır. Akik'in bütün çeşitleri; Krizopraz, Camelian, Sard, Kaplan Gözü, Bloodstone, Jasper ve Mass Agate güzel taşlar yapmak için cabochons ve beadsler şeklinde oyulmuştur. Elmas yeşili çeşidi krizopraz'ın farklı bir rengi vardır ve diğer çeşitlerin hepsinden daha pahalıdır. Akik süs eşyalarına ve iki renkli taşlara dönüştürülür ve bazen cilalanmış yassı taşlar olarak satılır. Kalsedonun farklı çeşitleri düzeltilir ve cilalanır. Amatör koleksiyonculara tonlarca satılır.

Çarpıcı özellikleri: Sertliği ve kristal formları

Karmaşık tesleri: hidrofilik asit

Popülerlik(1-4): 1

Yaygınlık(1-3): 1

Talep(1-3): 1

Ayırt Edici Benzer Mineraller: Kalsedonon bütün mineralleri sertlik ve kristal alışkanlıkları ile ayırt edilebilir.

Yaygın Oluşma Durumu: Kalsedon neredeyse tüm mineral ortamlarda meydana gelir ve neredeyse her mineral ile ilişki kurabilir.

Önemli Bölgeler:

Dünya genelinde güzel örneklerin geldiği binlerce bölge var. Burada sadece seçilmiş bir kaçından bahsedilmektedir.

İlk çalışılmış Akik rezervler Almanya'da Idar-Oberstien'in yanındaydı. Bu rezervler uzun süredir araştırılmaktadır. Akik Geodes'in en bol kaynağı birçok değişik ebat ve çeşidin meydana geldiği Braziya, Rio Grande da Sul dur. Bu akikler kolayca boyanır. Thunder Egg olarak bilinen ilginç Akik Geode çeşiti Jefferson Co, Oregon'da çok miktarda bulunabilir. Ticari Akik rezervleri

ayrıca Çin'de Hindistan'da, Meksika'da ve Superior Gölünün kıyılarında da bulunur. 'Fire Agate' Meksika ve Deer Hill, Arizona'dan gelir [28].



Şekil:8.1. Kalsedon çeşitleri

Kuvars ailesinin kriptokristalin bir üyesi olan kalsedon, lifsi yapılı ve c-ekseni büyük indikatriksiyle çakışan (lenght-fast) kuvarzin ve a eksenini büyük indikatriksiyle çakışan (lenght-slow) kalsedon iplikçiklerinden yapıldır (Hatipoğlu ve Dora, 1999-2000). SiO_2 bileşiminde olmasına karşın bazen % 10'a varan miktarlarda H_2O da içerebileceği, diğer taraftan da çok az miktarlarda Na, K, Fe ve Mg da içerebilmektedir (Koivula, 1984). Kriptokristalin yapıları sustası olan kalsedonda hemen her elementin bulunması, bu malzemenin gözenekli yapısından kaynaklanmaktadır [29].

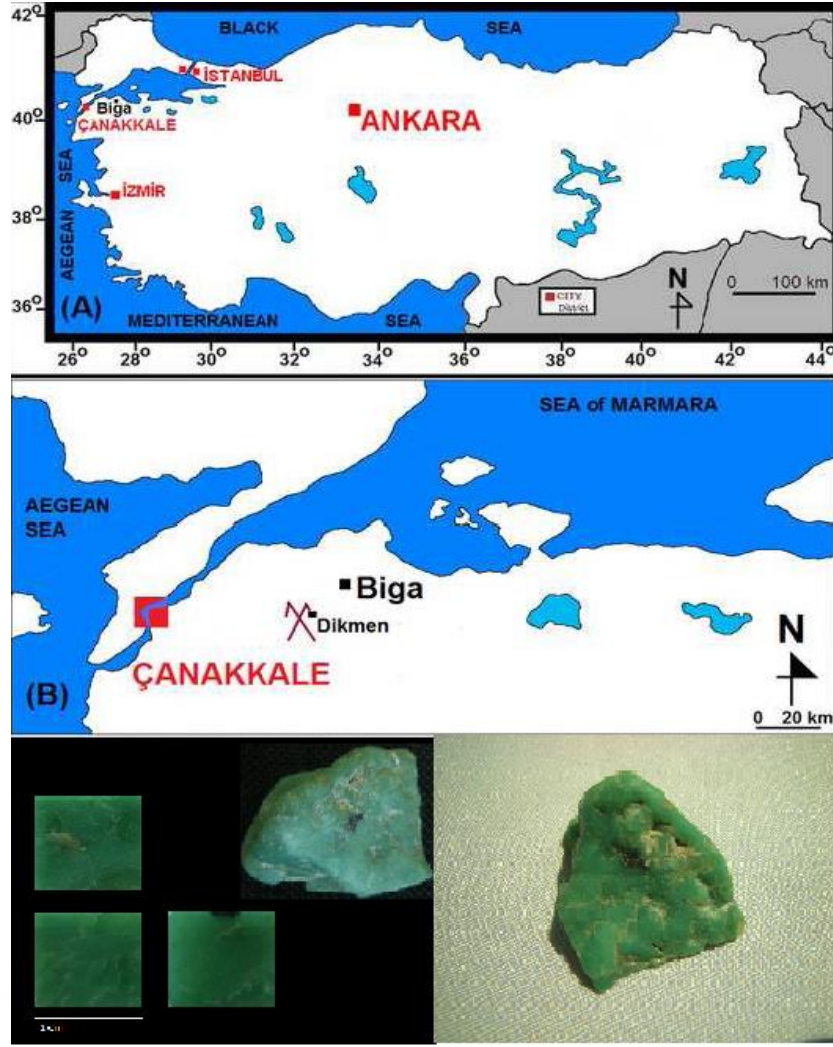
9. KRİZOPRAS MİNERALİ



Şekil 9.1 Krizopras örneği

Krizopras minerali mineral süs taşları, kıymetli ve yarı kıymetli taşların büyük çoğunluğunu oluşturur ve değer açısından en önemlilerini içerir. Krizokol, bakır yataklarının oksidasyon zonlarında yaygın olarak oluşan bir mineraldir. İnce taneli kuvarsın yeşil renkteki çeşidine verilen isimdir. Genelde rengi elma yeşiliyken, koyu yeşile kadar değişiklik gösterebilir. Fiziksel özellikleri kalsedonun diğer türlerine benzerlik gösterir. Genellikle lifli bir yapıya sahiptir. Ancak mikrogranüler yapıda olabilirler. Nikel taşıyan kayaların kuvars damarlarında bulunurlar. Queensland’ da nikel içeren serpenitlerde damarlar olarak oluşur ve Lower Silesia, Polonya (Visser 1947) de ultrabazik çatlaklarda ve serpenize edilmiş gabroiklerin damarlarında Jadeitle birlikte. Diğer bölgeler USA, Hindistan, Brazilya, Kuzey Afrika ve Merkez Kazakistandır. Krizoprasın rengi hakkında ilk iddialar bakır, kobalt ve demir içermesi olmasına rağmen günümüzde renginin Ni içerdiğinden kaynaklandığı bilinmektedir. Renk silikanın kendisinde Ni yerinden ziyade silika matrisinde ince taneli nikel bileşimleri karışımıdır.

Kıymetli taş Krizopras Türkiye’ de Çanakkale-Biga Dikmen köyü civarında, gözlenmiştir. Metamorfik bir bölgenin sınırları boyunca silisleşmiş serpenitlerde yer kabuğuyla kaplı kırık dolgular olarak bulunmaktadır. Yeşil renkli opak kristal materyaller de aynı depozitte bulunur. Ancak bu malzemeler yaygın olmasına rağmen gemolojik önemi bakımından krizoprasa göre daha az talep edilirler.



Şekil.9.2. Krizopras minerali

Bir diğer yandan, krizopras antik zamanlardan beri birçok mimari eserlerde kullanılmıştır. İyi bilinen Çanakkale bölgesindeki Dikmen köyünde bulunan krizopras oyuklarından çıkarılan krizopras Osmanlı imparatorluğu döneminden beri çıkarılmaktadır. Bu krizopras materyalleri kesilip parlatılmıştır ve böylece mücevher kalitesi ve göz alıcı yeşil rengi ortaya çıkarılmıştır.

10. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

10.1 XRF ve ICP – AES Sonuçları

Tablo 1 (XRF) ve (ICP – AES) Türkiyeden kıymetli taş krizoprasının bazı eser elementlerinin oranları., örneğin Ni, Mn, Cr, Cu, Rb karakteristiktir.

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	SrO	BaO	LOI	Total
96.7	1.19	2.57	0.03	0.06	0.03	0.2	0.24	0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.5	101.5
0.01 %	0.01 %	0.01 %	0.01 %	0.01 %	0.01 %	0.01 %	0.01 %	0.01 %	0.01 %	0.01 %	0.01 %	0.01 %	0.01 %	0.01 %
Ag	Ba	Ce	Co	Cr	Cs	Cu	Dy	Er	Eu	Ga	Gd	Hf	Ho	
<1 ppm	13 ppm	1 ppm	3.5 ppm	1660 ppm	8.32 ppm	9 ppm	0.11 ppm	0.1 ppm	<0.03 ppm	2.6 ppm	0.1 ppm	<0.2 ppm	0.03 ppm	
La	Lu	Mn	Mo	Nb	Nd	Ni	Pb	Pr	Rb	Sm	Sn	Sr		
0.5 ppm	<0.02 ppm	234 ppm	<2 ppm	0.7 ppm	0.4 ppm	3300 ppm	<5 ppm	0.1 ppm	13.2 ppm	0.09 ppm	1 ppm	1 ppm		
Ta	Tb	Th	Tl	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr			
<0.1 ppm	0.02 ppm	0.21 ppm	<0.5 ppm	0.02 ppm	0.08 ppm	<5 ppm	1 ppm	0.13 ppm	0.04 ppm	44 ppm	3 ppm			

Krizopras örneklerinin kimyasal içeriği başlıca oksitler için XRF, eser elementler için ICP-AES ve magmatik analiz tekniklerinin kaybı için WST-SIM (Tablo 1) kullanarak onaylanmış ALS Chemex Laboratuvarı (Kanada) tarafından yapılmıştır. Tipik olarak krizopras örneği “IZ11150597” kod numarası ile belgelendirilmiştir.

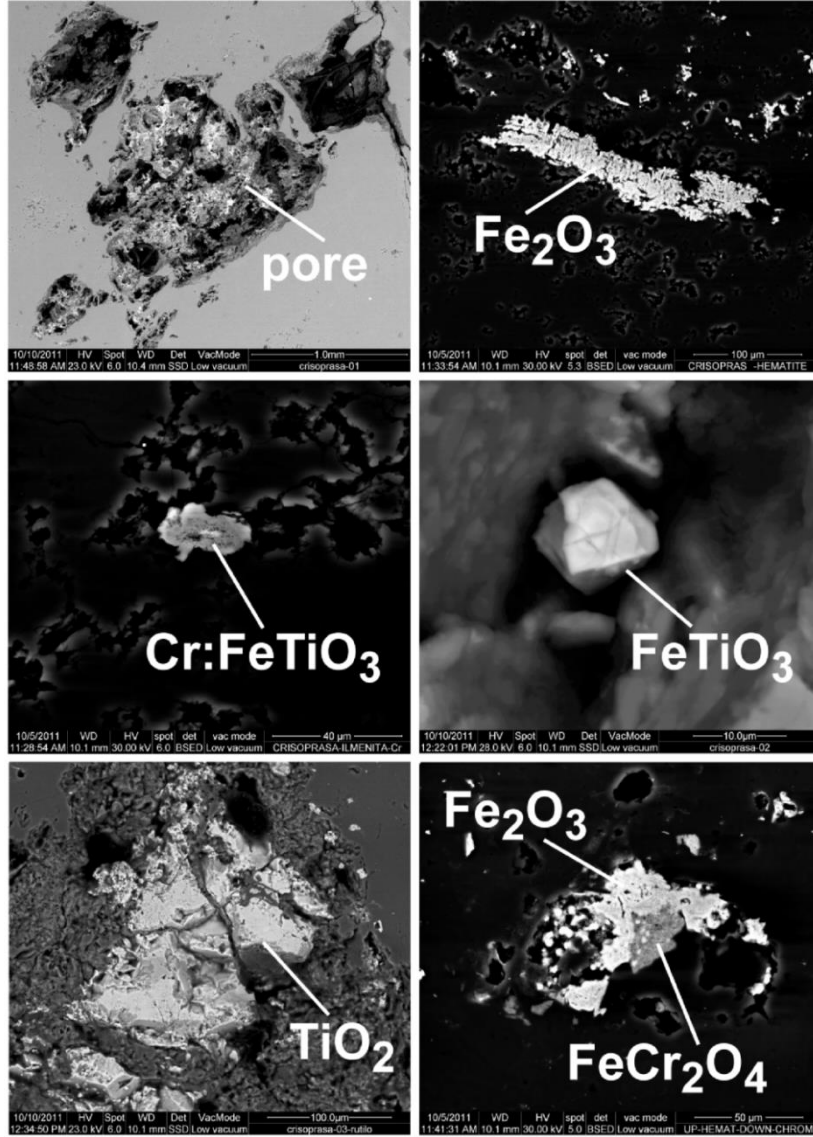
Tablo 1 İndüktif Çiftleşmiş Plazma-Atomik Emisyon Spektrometresi (ICP-AES) ve XRF kullanarak Türkiye’ den krizoprasın eser element analizleri ve hacimsel kompozisyonu verir. ICP-AES ve XRF analizleri krizoprasın SiO₂ (96.7 %) den esas olarak oluştuğunu ortaya koyar, aynı zamanda Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO ve Na₂O sırasıyla %1.19, 2.57, 0.03, 0.06 ve 0.03 oranlarında görülür. Otuz beş element (Ag, Ba, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Ga, Gd, Hf, Ho, La, Lu, Mo, Nb, Nd, Ni, Pb, Pr, Rb, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Th, Tl, Tm, U, V, W, Y) 10 u nadir toprak elementi olan İndüktif Çiftleşmiş Plazma-Atomik Spektrometresi (ICP-AES) ve XRF tarafından ölçüldü.

Birbirine yakın olmayan farklı alanlarda elde edilen krizopras örneklerinin kompozisyonlarını gözlemledik ve sonra kromit, rutil, anatase, hematit, ilmenit ve arzakit kusurları ESEM-EDS analizleri kullanılarak tanımlanmıştır. Tablo 2 ayrıntılı olarak seçilmiş alanlarda elementlerin miktarını gösterir. Analizlerde hesaplanan miktarları Tablo 2 de sırasıyla MgO, Al₂O₃, SiO₂, Na₂O, K₂O, CaO, TiO₂, Ce₂O₃, MnO, V₂O₅, Fe₂O₃, NiO, SO₃ ve HgO listelenmiştir. Oksitlerin yüzde bileşenleri için, her bir içeriğin dört farklı noktasının ortalaması alınmıştır. ESEM-EDS tarafından tanımlanan oksit içeriğindeki bağıl hatalar % 5 den daha azdır.

Tablo 2. EDX analizi kullanarak ölçülen krizoprasın major-element kompozisyonları (atomik %)

	Kusur(1)	Kusur(2)	Kusur(3)	Kusur(4)	Kusur(5)	Kusur(6)	Kusur(7)
Ev sahibi	Kuvars	Kuvars	Kuvars	Kuvars	Kuvars	Kuvars	Kuvars
İçerdikleri	Kromit	Rutil	Anatas	Hematit	İlmenit	Kuvars	Arzakit
Formül	FeCr ₂ O ₄	TiO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiFeO ₃	SiO ₂	Hg ₃ S ₂ (Br,C) ₂
MgO	0.83			0.90			
Al₂O₃	4.41	2.40	0.87	4.07	3.79	1.19	0.86
SiO₂	29.90	37.53	15.72	26.77	26.87	98.77	98.04
Na₂O							0.54
K₂O		0.60		1.25	0.86	0.04	
CaO	0.36		0.14	0.46	0.18		
TiO₂	0.75	57.85	69.3		34.10		
Cr₂O₃	15.82	1.62	5.44	1.18	1.37		
MnO	0.34						
V₂O₅			1.00				
Fe₂O₃	46.63		7.49	64.95	32.83		
NiO	0.94						
SO₃							0.46
HgO							0.11

10.2. ESEM-EDS



Şekil 10.1. Türkiye Çanakkale Biga bölgesinden çıkarılan. ESEM analizlerinden seçilen görüntüleri: (a) Gözenek (b) Fe_2O_3 (c) Cr:FeTiO_3 (d) FeTiO_3 (e) TiO_2 (f) Fe_2O_3 ve FeCr_2O_4 .

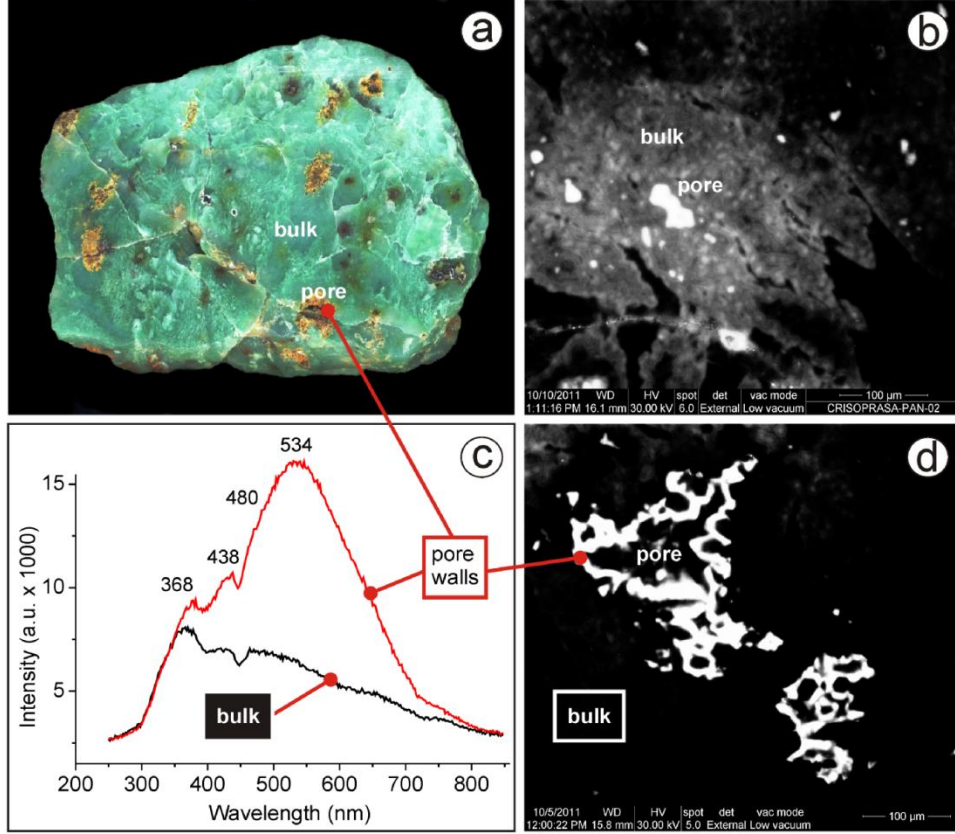
Türkiye Biga-Çanakkale bölgesinden çıkarılan krizopras, sulu silika ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) komplekslerinin çökmesinden dolayı yer alır [8]. Biga krizopras örnekleri bir EDS ile ESEM kullanarak ilk kez incelenmiştir.

ESEM-EDS sıvı içerik analizleri dahil olmak üzere diğer yöntemlere göre birçok avantajı vardır. (1) İçeriklerde önemli elementlerin konsantrasyonunun doğrudan ölçümü (% 0.1den daha büyük) Be nin atom ağırlığı üzerinde anyonlar ve katyonlar ölçülebilir. (2) Opak minerallerin içerik analizleri, (3) hızlı örnek değiştirme ve analitik spektrumun hızlı kazanımı, çoğu katı

İçerikler optiksel mikroskop altında kuvars ve kuvars taneleri sınırlarında gözlenmektedir. İçerikler birkaç mikrometre boyutunda, düzensiz ve bazen lifli şekiller gösterir. İçerikler gibi mikro-alan kimyasal analizler EDS ile ESEM kullanarak gerçekleştirilmiştir. EDS spektrumları doğrudan mineralde bulunan elementleri belirlemiştir. Aynı örneklerin ESEM-EDS analizleri, demir oksit, büyük olasılıkla hematit, kromit, rutil ve ilmenit malzeme içerdiğini ortaya koymaktadır. Hematit, Fe nin en önemli cevherlerinden biridir. Hematit magnetitten daha oksitlidir ve böylece diğer Fe taşıyan minerallerin yanı sıra magnetitin bir değişim ürünü olarak oluşur. Değiştirilmemiş magnetik kayalar, hematit katı halde lümenitin bir bileşeni olarak oluşur. Hematit hekzagonaldır. Ancak nadiren kendi simetrisi tanımlanabilen kristallerde oluşur. Hematit batriyoidal kütleler, ince taneli yığın kütleleri, oolitli sferül arasında değişen, formların bir türünde bulunur. Bu onun koyu kırmızı rengi ve kırmızımsı kahverengi çizgisi ile kolayca ayırt edilebilir. Kromit Cr nin en önemli cevherlerinden biridir. Genellikle olivinle ilişkili, Mg- zengin magmatik kayalar, düşük silikada bulunur. Sıklıkla bazaltik ve gabroik magmalarda ilk kristalleşme aşaması olduğunu gösteren olivin de küçük içerikler olarak görülmektedir. Kromit izometriktir ve genellikle ince kesitli opaktır. Elektron Mikroskop analizleri şekil 10.1. de gösterilmiştir.

10.3. KATODOLMİNESANS

Bu çalışmadaki ölçümler aşağıda açıklandığı gibi iki farklı CL sistemi kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 10.2 (a) Krizopras örneğinde seçilmiş farklı iki fazın CL spektrumu. (b) ESEM mikroskobu altında krizoprasın farklı iki fazının saçılmış görüntüsü (c) (b) de temsil edilen iki farklı krizopras morfolojisinin ESEM altında Uzaysal-çözümlemiş CL spektrumu. (d) ESEM altında büyütülmüş gözenek görüntüsü

10.3.1. Uzaysal Ayırmalı Katodoluminesans

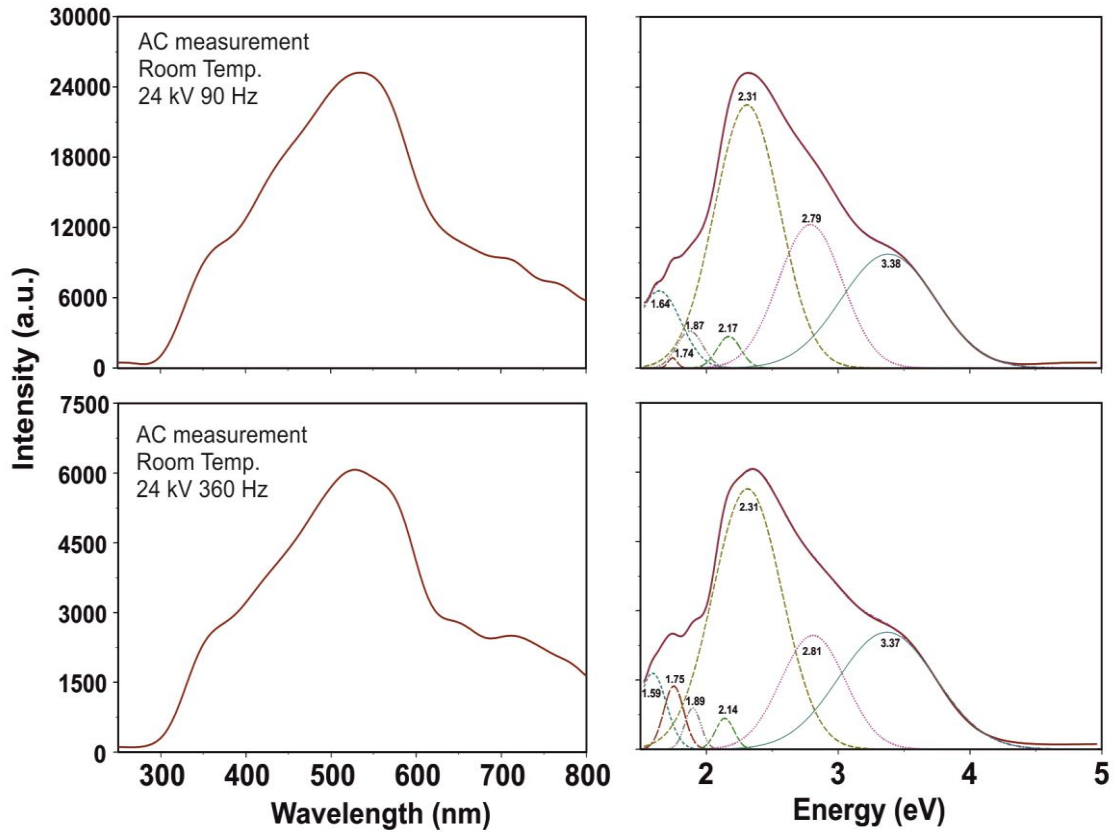
Krizopras görünür ışığın mavi ve yeşil dalgaboylarında CL sergiler ve genellikle kaya oluşumu sırasında kristalizasyonun kanıtların dizisinin olduğu bir özellik güçlü bölgelenme gösterir. Ancak bu malzemelerin lüminesansını belirleyen gerçek kimyasal bileşenleri üzerine literatürler sınırlıdır. Bu tür bilgiler CL in nicel analizleri için zorunludur. Krizoprasın farklı iki bölgesi kimyasal EDS altında incelenmiştir. Bu yüzden bu bölgelerde CL spektrum üzerinde etkileri görebilmek için verileri kaydedilmiştir. Bu analizlerin en çarpıcı özellikleri şekil 10.2 de görülmektedir. CL gözenek duvarlarında hacimsel kuvars ve kuvars makaraları arasında karşılaştırılmıştır. CL pik-dalga boyları ve şiddetleri olduğunu gösteren şekil 10.2(c), Fe_2O_3 ,

Cr:FeTiO₃, TiO₂ ve FeCr₂O₄ gibi farklı konsantrasyonlarına bağlıdır. Şekil 10.2 (a) de gösterilen ESEM mikroskobu altındaki örneklerin saçılmış görüntülerini ayrıntılı olarak görmek için iki bölüme ayrılır. Şekil 10.2(b) ve (d). Şekil 10.2(c) de görüldüğü gibi net olmayan emisyon bantları hacimsel alanda gözlenmektedir. Kuvars da mavi, kırmızı, sarı ve yeşil CL renkleri yaygındır. Bunlar, eser elementlerin (örneğin; Ti, Fe) aktivasyonun büyük bir rol oynamasının yanı sıra yapısal kusurlar (gerçek CL), neden olur. Farklı içerikler içeren krizoprasta dört emisyon bandı CL spektrumunda tespit edilmiştir; 368 nm de keskin uv bandı, 438 ve 480 nm civarında mavi bantlar ve 534 nm de şiddetli geniş bir yeşil bant bulunmaktadır. Ancak gözenek hacimle kıyaslandığında 534 nm de ayırıcı bir bant gözlenmiştir. Gözlenen farklı CL renkleri, çeşitli bölgelerde örgü kusurlarının farklılık gösteren bu emisyon bantlarının farklı şiddet oranlarından kaynaklanır [2]. Şekil 10.2 (c) de görüldüğü gibi; Si⁴⁺ pozisyonları yerine daha fazla Na⁺ ile birleştiğinde daha fazla Alüminyuma (Al³⁺) sahip olduğu için ikinci lüminesans kaynağı daha yoğundur. Örgü içinde silisyum atomlarının bulunması, Si⁴⁺ (0.42Å) küçük iyon yarıçapı ve yüksek değerliğinden dolayı nadirdir. Şimdiye kadar Al³⁺ (0.51Å), Fe³⁺ (0.64Å) ve Ti⁴⁺ (0.64Å) yer değiştirmeleri olarak tespit edilmiştir. Kuvars da en sık görülen eser element alüminyumdur. Kuvars içinde diyadokit içeriği Al³⁺ ve Si⁴⁺ un benzer iyonik yarıçapı ve yer kabuğunda sık rastlanması ile açıklanabilir. [AlO₄]⁰ merkezi, oluşan O¹⁻ · O²⁻ iyonları yakın bir elektron boşlukla Al³⁺ ün yerine Si⁴⁺ ün gelmesi neden olur. Buna ek olarak gözenekli sistemin duvarları yanında bu alanlar inert ve lüminesans olmayan bir arzakite mineral gösterir. Bu CL pankromatik alan türü çok nadir görülmektedir. Bu yüzden pahalıdır.

10.3.2. Zaman-Ayırmalı Katadolüminesans

Krizopras için farklı uyarıcı modülasyon frekanslarında 293 K de 300 ve 800 nm arasında CL emisyon spektrumu kaydedilmiştir. Grafikler üzerinde şiddet skalalarına rağmen 'keyfi birimler' olarak bulunmaktadır. Yine de tutarlıdır. Şekil 10.3, 293 K de krizoprasın CL emisyon spektrumu gösterir. Kullanılan farklı uyarıcı modülasyon frekanslarında gözlenebilen CL bantlarının göreceli şiddetlerindeki değişimler kullanılır. Uyarıcı modülasyon frekansı arttıkça tüm piklerin keskin bir şekilde azaldığını görmek kolaydır. Bu tür değişikliklere rağmen çok uzun ömürlü süreçler oluştuğunu hemen gösteren modülasyonların çok düşük frekanslarında belirgindir. Çeşitli band ve çizgi emisyon özellikleri benzerdir. Ancak yaşam süreleri farklıdır. Böylece onların göreceli şiddetleri lock-in bir amplifikatör kullanarak modülasyon frekansları değişir. Şekil 10.3 de görüldüğü gibi emisyon 300 nm yakınlarından başlar ve 800 nm e kadar uzanır. Oda sıcaklığında veriler gösteriyor ki 350, 530, 650 ve 720 nm civarında birkaç bant oluşmuştur. 480 ve 580 nm arasında gözlenen "yeşil pikler" Mn²⁺ iyonlarından katkı piroksenler ve feldsparsın önceki çalışmalarla belirlenmiştir. Bu Mn²⁺ piki feldspatlar içeren diğer birçok diğer silikat minerallerde ve piroksenlerde de görülür. Mn²⁺ yeşil lüminesans da birincil aktivatörü

olduğu genel bir fikir birliği olmasına rağmen aslında bu geniş pik yan yana dağılmış küçük piklerin bir dizisidir. En önemli CL aktivatörleri için dalga boyu değerlerinin genişliği, örneğin Mn^{2+} , Cr^{3+} ve Fe^{3+} , Krizoprasta gözlenen pikler, bir pikten daha fazla bileşikler olabilir. 680 nm civarında geniş kırmızı pikin yoğunluğunun şiddeti Al^{3+} , Ti^{2+} ve Ca^{2+} nın bulunmasıyla ilişkilidir. Birkaç diğer pikler, geniş bantların altında gizlidir, veriler enerji grafiklerine dönüştürülmelidir. (yani bunlar hem foton enerjisi içine dalgaboyu eksenini hem de spektrometrenin band genişliğine dayalı sinyallerden ordinata dönüştürülür. $I(\lambda)d\lambda$ enerji versiyonu $I(E)dE$) dir. Bu tür dönüşümler baskın emisyon özelliklerinin olduğu bakış açılarını büyük ölçüde değiştirebilir. Şekil 10.3 düşük enerjili sinyallerin (uzun dalgaboylu) önemini vurgulayan bir dizi enerji tabanlı verileri gösterir. Dekonvolusyon da mevcut girişimler, Gaussyen şeklindeki spektrumların olduğu varsayılmıştır. Bu makale olası lüminesans aktivatörlerine ışık getirir. Örneğin lüminesans fenomeninin kaynağına daha nicel anlayışlar getirmek için daha fazla araştırma yapılmasına ihtiyaç olduğu açıktır. Bu analizlerin en çarpıcı özelliği bulunan farklı lüminesans yerlerinin sayısıdır. Ayırmalı bileşenlerin sayısı CL yüksek modülasyonlarında vurgulanmaktadır. Analiz girişimleri gaussyen şekilli enerji bantlarını varsayar ve bu tür analizler ayrıntılı olarak genellikle şüphelidir. Orijinal verinin gürültü nitelik sinyalleri mükemmel ve tekrarlanabilir. Bu yüzden yöntemler göstermektedir ki belkide 7 farklı lüminesans merkezi kadar genel sinyallere katkıda bulunur. Tablo 3 deconvoluted eğrilerinin analiz edilmiş gaussyen parametrelerini gösterir. Yapının pasif bir prob olmadığı CL kabul edilmelidir. Ancak yüksek enerji elektronları hem bulunan kusur yerleri uyarabilir hem de yerlerin şarj popülasyonu değiştirebilir.



Şekil 10.3 Farklı modülasyon frekanslarında ve oda sıcaklığında alınan CL spektrumu ve pik altında bulunan diğer bandların Gaussiyen yaklaşım kullanılarak Peakfit ile similasyonu

90 ve 360 Hz. de ve oda sıcaklığında kaydedilen krizoprasın zaman ayırmalı katadolüminesans spektrumu. Sol diyagramdaki veriler dağınık dalgalı boylarında kaydedilmiştir ve sağ diyagramları enerji grafiklerine nasıl dönüştüğünü gösterilmektedir. Oda sıcaklığında çeşitli frekanslarda alınan CL spektrumunda 300 ile 800 nm arasında geniş bir yayınlama bandı görülmektedir (Şekil 3). Bu bandın büyük bir kısmı ev sahibi malzemeden kaynaklanmaktadır. Ancak kimyasal madde analizine bakıldığında ev sahibi malzeme içerisinde Fe, Mn, Mg, Cr gibi geçiş elementleri ile birlikte ppm mertebesinde bulunan nadir toprak elementleri bulunmaktadır. Bu yüzden bu geniş pikin altında kalan ve söz konusu elementlerden kaynaklanabilecek başka pikler de mevcuttur. Bu nedenle söz konusu elde edilen spektrumun dalga boyu eksenini enerjiye dönüştürülmüş ve peakfit programı yardımıyla spektrum fit edilmeye çalışılmıştır. Bu işlem hem 90 Hz hem de 360 Hz lık modülasyon frekansları için yapılmış ve her ikisinde de birbirleri ile uyuşacak şekilde 7 tane emisyon bandı gözlenmiştir. Yaklaşık 700 nm (1,75 eV) de görünen pik ev sahibi malzeme içerisinde 1660 ppm mertebesinde bulunan Cr dan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu muhtemelen Cr^{3+} 'ın ${}^4\text{T}_2 \rightarrow {}^4\text{A}_2$ geçişine karşılık gelmektedir.

10.4.Raman Spektroskopisi

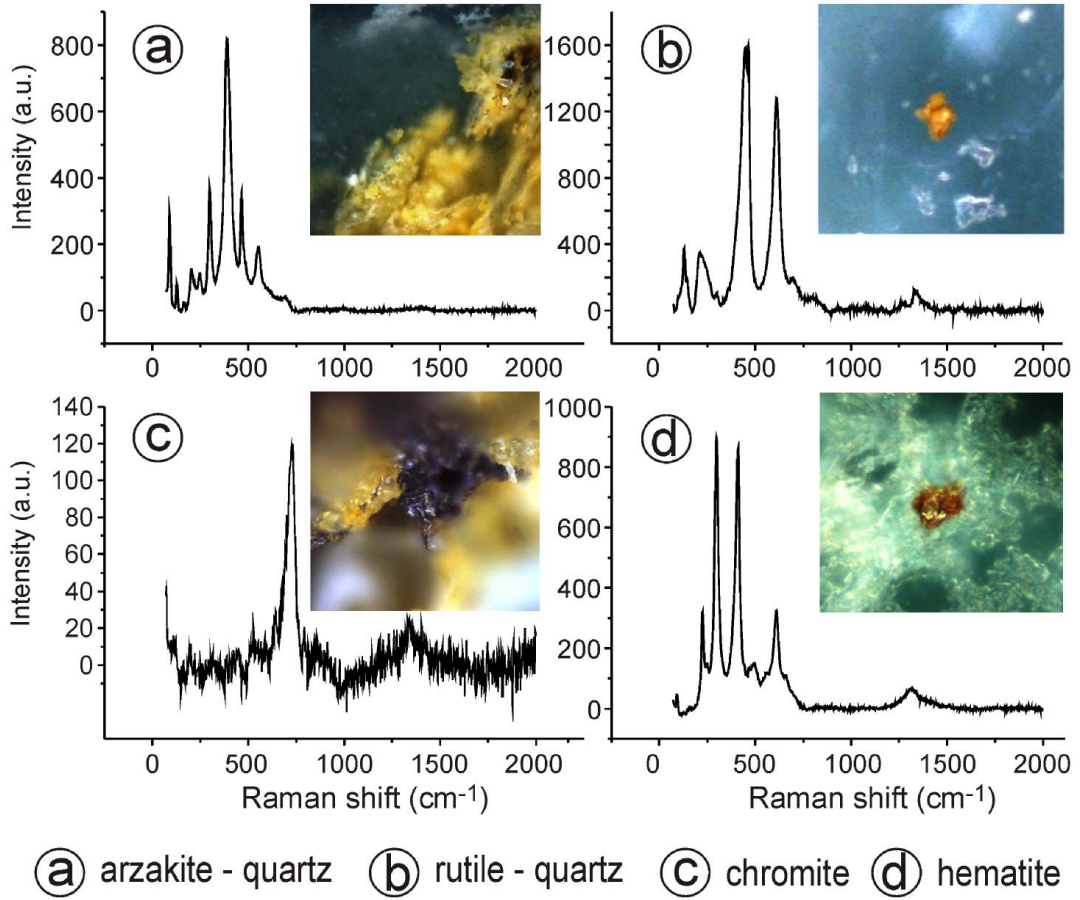
Tablo 3. (a) 90 Hz ve (b) oda sıcaklığında 360 Hz için şekil 3 de verilen deconvoluted eğrilerinin Gaussyen parametreleri

Krizopras Oda sıcaklığı 90Hz $r^2 = 0,99978$						
Toplam Alan = 34377,86						
pik No	Pik merkezi (eV)	Pik merkezi (nm)	Genişlik (a.u.)	Alan	FWHM (nm)	FWHM (eV)
1	1.64	755.80	6601.80	2724.42	186.06	0.40
2	1.74	711.52	876.94	75.40	32.93	0.08
3	1.87	662.07	3176.56	788.67	82.66	0.23
4	2.17	571.58	2703.94	609.84	55.90	0.21
5	2.31	537.34	22489.04	13952.93	137.78	0.58
6	2.79	444.88	12267.79	7497.49	92.52	0.57
7	3.38	367.04	9742.17	8729.11	92.79	0.84

Krizopras Oda Sıcaklığı 360Hz $r^2 = 0,99972$						
Toplam Alan = 8504,14						
Pik No	Pik merkezi (eV)	Pik merkezi (nm)	Genişlik (a.u.)	Alan	FWHM (nm)	FWHM (eV)
1	1.59	779.39	1647.77	430.18	125.15	0.25
2	1.75	708.11	1369.30	263.31	73.19	0.18
3	1.90	654.53	897.70	137.43	49.70	0.14
4	2.14	580.16	672.61	117.83	44.67	0.16
5	2.31	536.76	5639.62	3697.56	145.54	0.62
6	2.81	441.85	2467.23	1511.02	91.44	0.58
7	3.37	368.23	2535.73	2346.81	96.58	0.87

Raman spektrum özellikleri ve mineral kimyası arasındaki kolerasyon Raman verilerini yorumlamak için kullanılır. Biga krizoprasın raman spektrumunda 50 ve 200 cm^{-1} aralığında farklı içerikler şekil 10.4. de verilmiştir.

Araştırılan örneğin spektrumu göstermektedir ki baskın olarak kalsedonik kuvars silika yapı aşamasından oluşur. Örneğin raman bantlarının üretimi, eser elementlerin varlığı nedeniyle artan elektron yoğunluğu tetrahedral karakterin artmasından dolayı dışsal kusurlar (kimyasal kirlilikler) esas olarak katkıda bulunabilir. Alkali silikatlarda Si-O ve Al-O bantlarda artmış iyonik karakterler dikkate alınarak ve kısmen eklenmiş içsel kusurlar olabilir. (birkaç belirtilerle köprülenmemiş eksik oksijen merkezleri ve kendi kendine tuzaklanmış uyarma) Şekil 10.4 te gösterilen Raman spektrumun tüm içerdikleri aşağıda detaylı olarak ele alınmıştır.



Şekil.10.4. Türkiye Biga-Çanakkale krizoprasında seçilen içerdiklerinden yansıyan ışığın görüntüleriyle birlikte Raman spektrumu

Tablo.4. Türkiye krizoprasının esas bandları ve en çok bulunan moleküler formülü

Mineral	Moleküler formül	ν (cm ⁻¹) (Raman bandları)	Değerler
Arzakit	Hg ₃ S ₂ (Br,Cl) ₂	214 243 299 390 472 554 694	A ₁ A ₁
Rutil	TiO ₂	214 446 462 610 1332	E _g (ν_2) E _g (ν_2) A _{1g} 2nd order
Kromit	Fe ⁺² Cr ₂ O ₄	445 530 725 1340	E _g (ν_2) E _g (ν_2) A _{1g} (ν_1) 2nd order
Hematit	Fe ₂ O ₃	226 295 410 492 659 606 1312	A _{1g} E _g (ν_2) E _g (ν_2) A _{1g} Disorder E _g (ν_2) 2nd order

(a) Arzakit-Kuvars

Arzakitin (Hg₃S₂(Br,Cl)₂) mikroskopik görüntüsü ve mikro Raman spektrumu, Raman spektroskopisi kullanarak, ek mineralojik veri ile ilgili ilk kez sunulmuştur. Arzakitin en güçlü ve en geniş Raman kayması yaklaşık 199, 243, 299, 390, 466, 554, 694 cm⁻¹ de karakteristik olarak gözlenmektedir. Bunlar mineral arzakiti karakterize ederler. Ek olarak bazı zayıf mikro-Raman kaymaları da mevcuttur. Ancak bunlar karakterizasyonları için belirsizdir. İlk kez alınan mikroskop görüntüsünde görüldüğü gibi mineral arzakit turuncu kahverengidir. Bireysel turuncu kahverengi üretimi ve güçlü titreşim kaymaları Hg element ve SiO₂ ana bileşeni olarak bulunduğu öncelikli olarak atfedilebilir. İdealize edilmiş formülü (Hg₃S₂(Br,Cl)₂): %98.04 SiO₂, %0.86 Al₂O₃ , % 0.54 Na₂O, % 0.46 SO₃ ve % 0.11 HgO Bildiğimiz kadarıyla arzakitin mikro Raman kaymaları önceki referanslarda rapor edilmemiştir. Bu yüzden ayırt edici titreşim kaymalarını oluşturan ilk deneysel veriler yapısal kusurlara (iç kusurlar) atfedilen örgü kusurları ile ilgilidir. Arzakitin toplam yedi titreşim kaymaları kurulmuştur ve sonuçlarının nedenleri tablo 4 te değerlendirilmiştir. Raman kayma oluşumları bazı diğer küçük elementlere ve ana yapının yapısal varlığına atfedilmiştir. Örneğin SiO₂ %, 0.11 HgO %, ve ek olarak diğer içsel kusurlar

(birkaç belirtilerle köprülenmemiş eksik oksijen merkezleri, tuzaklanmış eksitasyon ve dislokasyon). 214 cm^{-1} , 393 cm^{-1} de iki pik örneğinin raman spektrumu ve 472 cm^{-1} kuvarsın A_1 titreşim modudur.

(b) Rutil-Kuvars

% 0.7 civarında tahmin edilmiş TiO_2 konsantrasyonu [30], titanyum dünya kıtası kabuğunun en çok bulunan dokuzuncu elementidir. En önemli titanyum mineralleri rutil (TiO_2), anatas (TiO_2), ilmenit (FeTiO_3) (Şekil 10.4-b) dir. Rutil magmatik kayalar ve metamorfiğin türünde bir aksesuar mineraldir. Klastik sedimentler de detritik bir mineral olarak oluşur. Rutilin esas formülü TiO_2 , olmasına rağmen titanyum için yaygın olarak birkaç olası değişimler vardır. Örneğin Al, V, Cr, Fe, Zr, Nb, Sn, Sb, Hf, Ta, W ve U [31] Tablo 1 yer bilimleri uygulamalarının geniş bir aralığı için yararlı olan doğal rutil bolluğun bir özetini verir. Literatürde rapor edilmiş tüm rutil pikleri bulunmuştur. Tablo 4 rutil-kuvars pik pozisyonları ve atamaları özetlemektedir. $\text{Ti}=2$ de Raman çizgi genişliği GeO_2 , SnO_2 veya Mg, Zn, Fe ve Mn florid gibi diğer rutil yapılarıdaki çizgi genişliğinden daha büyüktür.

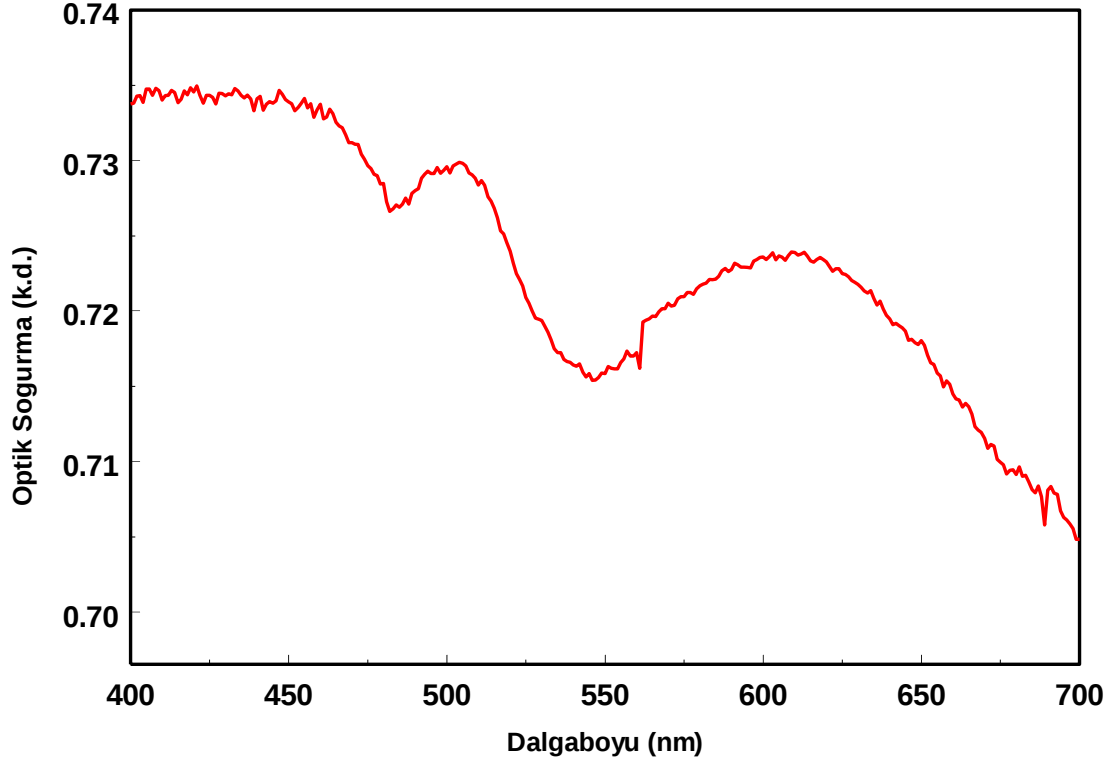
(c) Kromit

Raman dalga sayısını doğru bir şekilde belirlemek için dikkat edilmelidir. Demir oksit fazları zengin spektruma sahiptir, genellikle farklı fazlar bulunur ve bu yüzden doğru bir tayini halen tartışmalı bir konudur. Kapsamlı bir çalışma literatürde yer almaktadır. Ancak opak malzemelerden iyi bir Raman spektrumun gözlenmesi zor olduğundan dolayı örneğin hematit için çelişkili sonuçlar tespit edilmiştir. Hematitin Raman spektrumu hala belirsizdir. Kromit Raman spektrumu (Şekil 10.4-c) 730 , 560 ve 445 cm^{-1} de uzanan bölgelerde CrO üç band gösterir. 730 cm^{-1} en yoğun pik simetrik germe titreşim modu olarak tanımlanır $A_{1g}(v_1)$. Diğer küçük piklerin kaynağı tam olarak bilinmemektedir. 560 ve 445 cm^{-1} de iki küçük pik gözlenmektedir. Bunlar sırasıyla $F_{2g}(v_4)$ ve $E_g(v_2)$ modları atanabilir. Bileşimsel, kromitler tetrahedral sitelerde Fe^{2+} tarafından Mg^{2+} , Fe^{3+} ve Cr^{3+} ile kısmen yer değiştirmesiyle oktahedral sitelerde Al^{3+} içerir. Katyon yer değiştirimi Raman pik pozisyonları önemli bir spektral aralığında kaydırmaya neden olur. Kromitte katyon yer değişimi üç değerlilik katyon etrafında yerel bozulmalara ve Raman spektrumunda çeşitli değişikliklere de neden olur. N-taşıyan kromit, kuvars kristalin iç ve tanecik sınırları içinde kapsanır. Böyle küçük kristaller krizoprasın renk kaynağında önemli bir rol oynadığı kabul edilir.

(d) Hematit

Hematit demirin en önemli cevherlerinden biridir. Magnetitden daha fazla oksitlidir ve böylece Fe taşıyan minerallerin yanı sıra magnetitin alternasyon ürünü olarak oluşur. Değiştirilmemiş magmatik kayalar, hematite katı çözeltide İlmenitin bir bileşiği olarak oluşur. Hematit hekzagonaldir. Ancak simetrisi tanımlanabilen kristalde nadir olarak oluşur. Batriyoidal kütleler için, büyük ince taneli agrega, oolitle sferül arasında değişen formların bir çeşidinde bulunur. Koyu kırmızı rengi ve kırmızımsı kahverengi bir çizgi ile kolayca ayırt edilebilir. Şekil 10.4-d hematitin tam bir Raman spektrumunu gösterir. Bersani ve arkadaşları tarafından tartışılan ve gözlenen bazı özellikler dahil olmak üzere literatürde rapor edilmiş tüm yöntemleri içerir [32]. Fe_2O_3 oksitinin en şiddetli pikleri $50\text{-}2000\text{ cm}^{-1}$ spektral aralığında görünür. Bunlar 225 , 290 , 410 ve 612 cm^{-1} (Şekil 10.4-d) yakın dört ana sinyaldir. Lüminesans artık alan ve en düşük frekans bölgesinde azalan grafikten dolayı 225 cm^{-1} Raman bandı her zaman ortaya çıkmayabilir, sonunda bir orta-zayıf olarak ölçülebilir. Geniş bir orta bant, 2. bir harmonik titreşim atanan 1320 cm^{-1} yakınlarında kaydedilmiş olabilir. Mükemmel bir hematit kristalinin spektrumu 660 cm^{-1} yakınlarında herhangi bir sinyal içermez. Bu yasak bant çoğu hematit spektrumunda görünür ve malzemenin farklı türlerinde kaydedilmiştir [33]. Bu bandın kaynağı çoğu çalışmaların kaynağı olmuştur ve son literatüre göre uzun menzilli düzenin eksikliğinin yanı sıra bir kirlilik aşamasına bağlı olabilir [32]. Bu yüzden genellikle "düzensiz bant" olarak adlandırılır. 646 cm^{-1} de bir sinyal lazer ışınlamayla oluşturulan nanokristallerin hematit spektrumun da kaydedilmiştir. 645 cm^{-1} de bant son derece kusurlu bir yapıya atfedilmiştir.

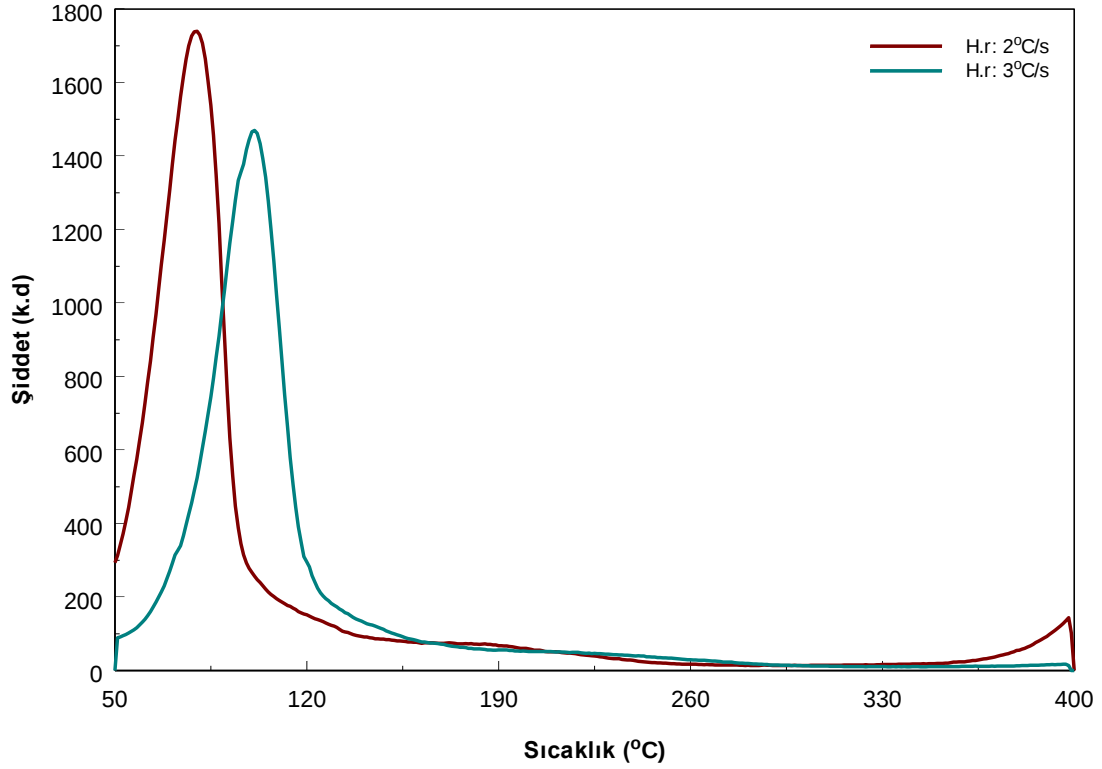
10.5. Optik Soğurma Ölçüm Sonuçları



Şekil.10.5 Krizoprasın görünür bölgedeki soğurma spektrumu.

Örneğin optik soğurma spektrumu Perkin-Elmer Lambda 950 UV/VIS/NIR spektrometre sistemi kullanılarak, oda sıcaklığında alınmıştır. Söz konusu spektrum 400-700 nm dalga boyu aralığında toplanmıştır. Görünür bölgede alınan optik soğurma spektrumunda (Şekil-10.5) 475-525 nm ve 575-650 nm arasında geniş bir soğurma bandı gözlemlenmiştir. 575-650 nm arasındaki geniş soğurma bandı silikat mineralinde oktahedral koordinasyonda bulunan Ni^{2+} dan ileri gelmektedir. Bu elementin krizopras içinde bulunan oksijen ve silikon ile yer değiştirdiğini gösteren herhangi bir işaret söz konusu değildir.

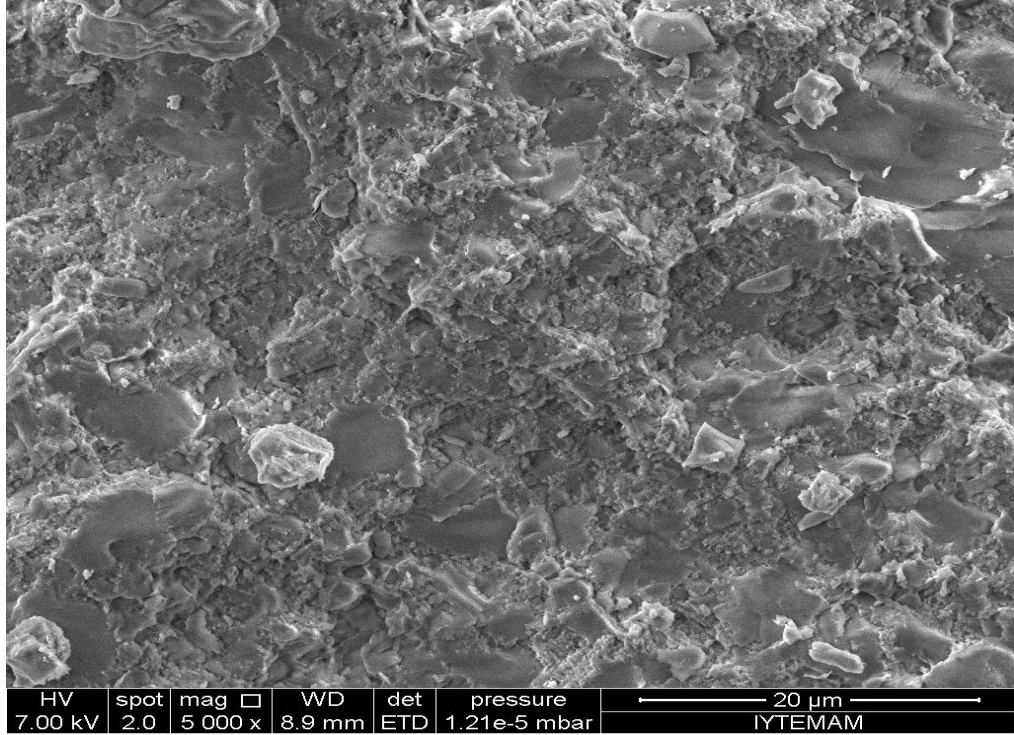
10.6. Termoluminesans Ölçüm Sonuçları



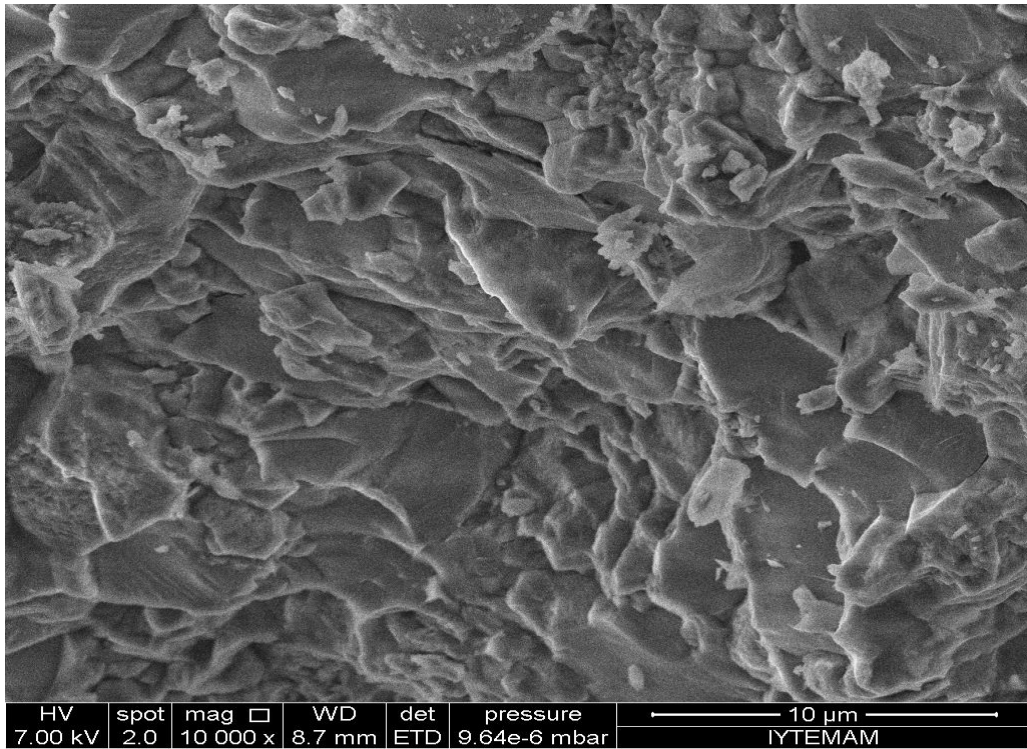
Şekil 10.6 3 dk süreyle x-ışınına maruz bırakılmış krizopras mineralinin farklı ısıtma hızları altında oluşan TL spektrumu

TL ölçümleri için örnekler, tungsten hedef içeren Machlett OEG-50A3 X-ışını tüpü ile 3 dk boyunca radyasyona maruz bırakılmıştır. RA'94 TLD sistemi kullanılarak 2 °C/s den başlayan farklı ısıtma hızları ile 50-400 °C sıcaklık aralığında TL spektrumları alınmıştır. Krizopras örneği TL ölçümleri için 3 dak. boyunca 30 kV ve 15 mA akım altında X ışınına maruz bırakılmış ve ardından 400 °C ye kadar farklı ısıtma hızlarında ölçümler alınmıştır. Örneklere verilen yaklaşık doz dakikada 30 Gy kadardır. 2 ve 3 °C/s lik ısıtma hızlarında alınan ölçümlerde sırasıyla 80 ve 101 °C de parıldama eğrileri elde edilmiştir. Bu eğrilerin SiO₂ 'den kaynaklandığı düşünülmektedir [34].

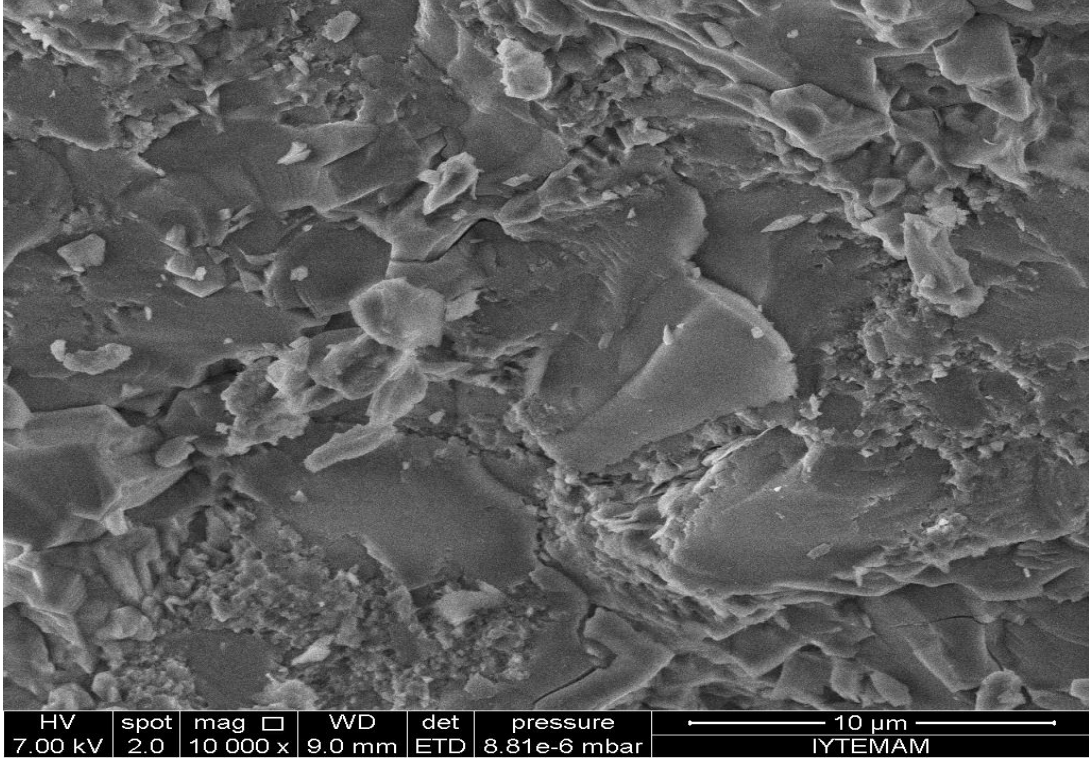
10.7 SEM SONUÇLARI



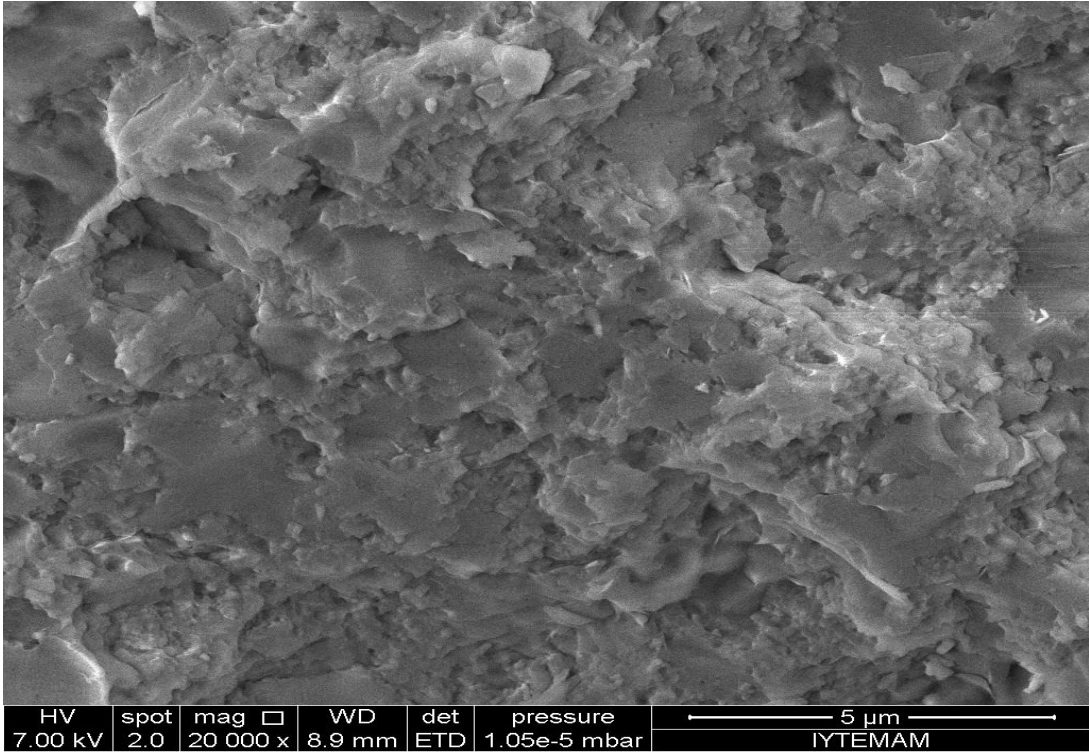
Şekil 10.7. Kriopras örneğinin 20μm boyutundaki SEM görüntüsü



Şekil 10.8. Kriopras örneğinin 10μm boyutundaki SEM görüntüsü



Şekil 10.9. Kriopras örneğinin 10μm boyutundaki farklı bölgedeki SEM görüntüsü

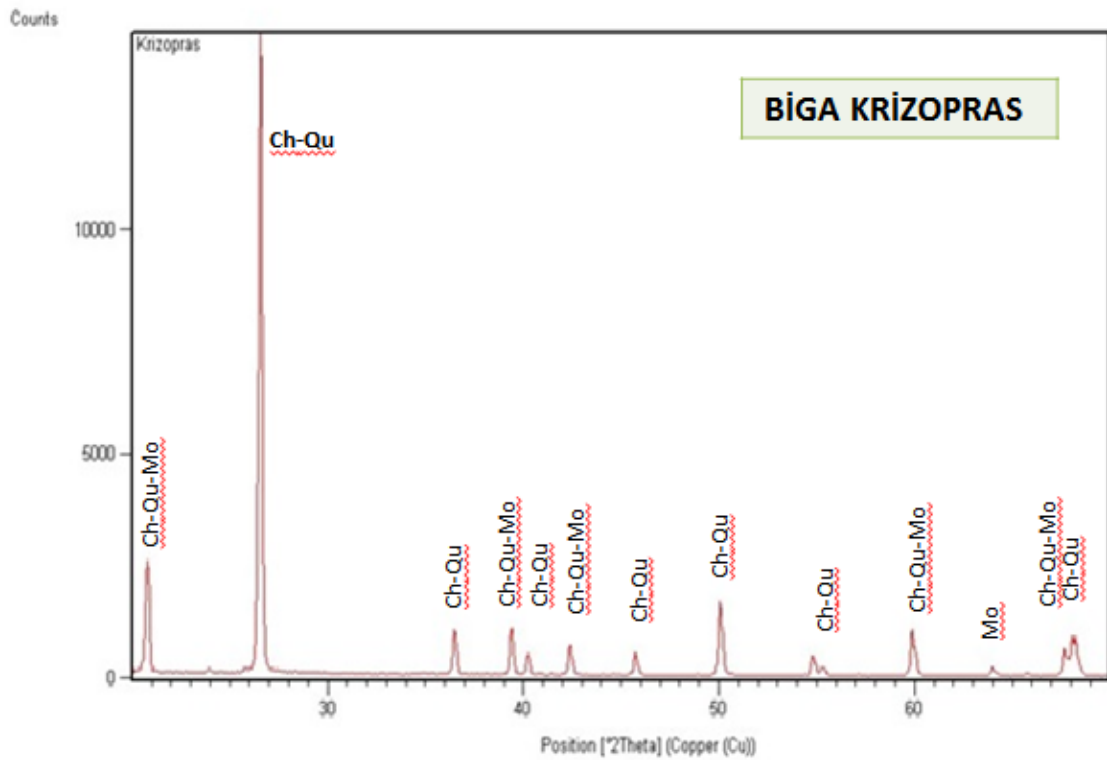


Şekil 10.10. Kriopras örneğinin 5μm boyutundaki SEM görüntüsü

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Malzeme Araştırma Merkezinde bulunan: Philips XL-30SFEG marka model bilgisayar kontrollü digital *Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)* ölçüm cihazı ile farklı büyütmelerde SEM görüntüleri elde edilmiştir.

Yüksek büyütme SEM görüntüleri bazı küçük parçaların varlığını gösterir. Kristalit yapıdaki tekdüze (uniform) düzen görülmemektedir. Bu da örneğin kütle dağılımının ve sentez sıcaklığındaki difüzyonun çok iyi olmadığını düşündürmektedir

10.8. XRD SONUÇLARI



Şekil 10.11.: Krizopras mineralinin XRD grafiği

X-ışını kırınımı (XRD) bir kristal malzemenin faz tespiti için kullanılır ve birim hücre boyutları ile ilgili bilgi verebilir. Her bir kristalin fazın kendine özgü atomik dizilimlerine bağlı olarak, X-ışınlarını karakteristik bir düzen içerisinde kırması esasına dayanır. İzmir Yüksek teknolojisi Malzeme Araştırma Merkezinde yapılan X-ışını Kırınım Analizi (XRD) sonucunda kuvars minerali yönünden zengin olduğu görülmüştür. Kimyasal analizlere birlikte XRD verileri kalsedona ait tipik özellikleri göstermiştir. Biga' dan çıkarılan bu yeşil kalsedona ait XRD grafiği literatürdeki diğer krizopras XRD grafikleriyle uyumludur, (Qu) alfa-kuvars, (Ch) kalsedon ve (Mo) moganit gibi silika fazları ile eşleşmektedir [19,35].

11. Sonuçlar ve Yorum

Süstaşlarının renk kökenleri hakkında yapılan araştırmalar sonucu sağlanan bilgiler, renklenme olayında bazı mekanik ve kimyasal nedenlerin bulunduğunu ortaya koymaktadır. Yapılan bu tür araştırmaların temel amacı, minerallerin renklenme mekanizması ve renk verici elementlerin neler olduğu, ne tür mineraller içerisine girdiği ve sonuçta oluşturdukları renklerin oluşumu üzerinedir.

ICP-AES, ICP-MS teknikleri kullanılarak mineralin içerisinde bulunan maddelerin analizi yapılmıştır. Yapılan analizlerde %96.7 SiO₂, %2,57 Fe₂O₃, %33 ppm Ni, %13,2 Rb, 1660 ppm Cr ve eser miktarda da nadir toprak elementleri tespit edilmiştir. Az miktardaki demirin varlığı (Fe³⁺) krizoprasın renginin daha da yeşilimsi olmasına neden olmaktadır [35].

Bu çalışmada krizopras mineralinin CL çalışmalarının sonuçları özetlenmektedir. Krizoprasın yapısındaki örgü kusurları farklı CL emisyon bantlarına neden olmaktadır. Kromit, hematit ve anatas gibi demirli fazlar krizoprasın yeşil renginden sorumludur.

CL mikroskopu ve spektroskopisinin uygulamaları, özellikle zaman ayırmalı ve uzaysal ayırmalı katadolüminesans spektrumlarıyla birlikte, bilim ve teknoloji de kuvars çalışmalarının çoğunda büyük bir potansiyele sahiptir.

Bu çalışma olası lüminesans aktivatörlerine ışık getirir. Örneğin lüminesans fenomeninin kaynağına daha nicel anlayışlar getirmek için daha fazla araştırma yapılmasına ihtiyaç olduğu açıktır. Bu analizlerin en çarpıcı özelliği bulunan farklı lüminesans yerlerinin sayısıdır. Ayırmalı bileşenlerin sayısı CL yüksek modülasyonlarında vurgulanmaktadır.

Çok hassas mikro-Raman cihazların kullanımı lazer ısıtma etkileri önlemek için izin vermiştir ve dolayısıyla lazer, sonuçları değiştirebilen faz geçişlerine neden olmuştur. Arzakit, rutil, kromit ve hematitin titreşim dalga sayısının daha kesin bir tespiti yapılmamıştır.

NiO genellikle krizoprasda SiO₂ dışında en çok bulunan bileşenidir. Bu çalışmada Türkiye’ den çıkarılmış krizopras örneği % 0.94 NiO sahiptir. Bu nispeten düşüktür ve krizoprasda Fe₂O₃ miktarındaki artış sarımsı yeşil renk tonlarına yol açar ve artan NiO ile daha derin yeşil oluşur [36].

Fe²⁺/Fe³⁺ iyonları kromit gibi doğal oksitlerde önemlidir. İyonların konsantrasyonları ve yapı içinde dağılımı hem elektronik hem de doğal titreşim spektral özelliklerini önemli ölçüde etkiler.

Ayrıca örneklerin XRD sonuçları literatür ile uyum içinde olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] A.G.Heribert,N.Jb.Miner.Abh.188/2(2011)111.
- [2] L.Paralı, J.GarciaGuinea, R.Kibar, A.Cetin, N.Can,J.Lum.131 (11) (2011) 2317.
- [3] M.Hatipoğlu, D.Aj, M.S.Kırıkoğlu, J.Lum.131 (6) (2011) 1131.
- [4] G.R.Rossman, Phys. Behav. Geochem. Mater. Appl.29 (1994) 433.
- [5] G.P. Barsanov, M.E. Yakovleva, Mineralogical investigations of some precious and semiprecious varieties of cryptocrystalline silica, in: New Mineral Data. USSR Acad. Sci. 29, 1981 (in Russian; quoted in Heflik et al. 1989).
- [6] W. Heflik, B. Kwiecinska, N.L. Natkaniec, Aust. Gemmol. 17 (43-46) (1989) 58. [7] K.A. Kinnunen, E.J. Malisa, Bull. Geol. Soc. Finland 62 (2) (1990) 157.
- [7] K.A. Kinnunen, E.J. Malisa, Bull. Geol. Soc. Finland 62 (2) (1990) 157.
- [8] M. Hatipoglu, U. Oren, Y. Kibici, Afr. Earth Sci. 61 (4) (2011) 273.
- [9] M. Gaft, R. Reisfeld, G. Panczer, Luminescence Spectroscopy of Minerals and Materials, first ed., Springer, Berlin, 2005 ISBN-13-978-3-540-21818-7.
- [10] <http://www.belgeler.com/blg/nn1/dogal-zirkonlurin-tuzak-parametrelerinin-termoluminesans-tl-yontemiyle-belirlenmesi-determining-the-trap-parameters-of-natural-zircons-with-thermoluminescence-tl-method>
- [11] <http://www.msxlab.org/forum/kimya/252853-mineral-nedir-minarellerin-ozellikleri-ve-cesitleri-hakkinda.html#ixzz1looGYHVt>
- [12] Ametistin Lüminesans ve Optiksel Özelliklerinin İncelenmesi Yüksek Lisans Tezi Duygu CANKURT MANİSA 2009
- [13] <http://www.otantiktas.com/minarel-bilimi.html>
- [14] Krizopras ve Ateş Opali Minerallerinin Termoluminesans Özelliklerinin İncelenmesi İ.Akalın, S.Maşa (2010)
- [15] <http://w3.balikesir.edu.tr/~ay/lectures/km/lecture2.pdf>
- [16] Chrysoprase and Prase Opal from Haneti, Central Tanzania James E. Shigley, Brendan M. Laurs, and Nathan D. Renfro] GEMS & GEMOLOGY, Vol. 45, No. 4, pp. 271–279. © 2009 Gemological Institute of America
- [17] Microstructure and origin of colour of chrysoprase from Haneti (Tanzania) Heribert A. Graetsch N. Jb. Miner. Abh. 188/2, 111–117 January 2011
- [18]. Application of the TPR method for the studies of Ni(II) in chrysoprase S. Witkowski and W. Zabinski Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol. 77(2004) 143-149
- [19] Hatipoğlu, M., Oren, U., Kibici, Y., Micro-Raman spectroscopy of gem-quality chrysoprase from the Biga-Canakkale Region of Turkey, African Earth Sciences (2011)
- [20] Goldstein J.I., Newbury D.E., Echlin P., Joy D.C., Fiori C. and Lifshin E., “Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis”, Plenum Press NY, 1981.
- [21] <http://www.istanbul.edu.tr/eng/metalurji/sem.htm>

- [22] X Kırınım Cihazı (XRD) ve Kırınım Yasası SİNEM ÖZMEN HAKTAN TİMOÇİN 2012
- [23] Kittel C., "Introduction to Solid State Physics", Wiley International Edition, Eighth Edition, 680, 2005.
- [24] <http://w3.gazi.edu.tr/~mkaradag/tezler/tugcearslan.pdf>
- [25] R. KİBAR, Farklı Metal İyonları İle Bombalanan SrTiO₃ Kristalinin ve Bazı Minerallerin Nükleer ve Diğer Yöntemlerle İncelenmesi
- [26] A. Çetin, "Farklı Metalik İyonlarla Bombalanan ZnO Örneklerinin Fiziksel ve Yapısal Özelliklerinin Nükleer, Lüminesans ve Diğer Teknikler Kullanılarak İncelenmesi" Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, 2007.
- [27] İ.Şabikoğlu, Katkılandırılmış Lityum Silikat Camsı Seramiklerin Sentezlenmesi ve Lüminesans Özelliklerinin İncelenmesi
- [28]. <http://www.minerals.net/mineral/silicate/tecto/quartz/chalcedo.htm>
- [29] M. Hatipoğlu, Türkiye'deki Bazı Süstaşlarının (Ametist, Dumanlı Kuvars, Rubeilit ve Kalsedon) Renk Ajanları ve Radyasyonla Renk Koyuluklarını Arttırma Çalışmaları *Dokuz Eylül Üniversitesi, izmir*
- [30] R.L. Rudnick, D.M. Fountain, Rev. Geophys. 33 (1995) 267.
- [31] G.D. Bromiley, N. Hilaret, Mineral. Mag. 69 (2005) 345.
- [32] D. Bersani, P.P. Lottici, A. Montenero, J. Raman Spectrosc. 30 (5) (1999) 355.
- [33] A. Zoppi, C. Lofrumento, E.M. Castellucci, M.G. Migliorini, Ann. Chim. 95 (3-4) (2005) 239.
- [34] İ.Akalın, R.Kibar, A.Çetin, N.Can Krizopras Mineralinin Katadolüminesans ve Termolüminesans Özelliklerinin İncelenmesi Lümidoz5-Lüminesans Dozimetri Kongresi 2011 MERSİN
- [35] Krizopras Mineralinin Optiksel ve Yapısal Özelliklerinin İncelenmesi İ.Akalın, S.Maşa, R.Kibar, A.Çetin, M.A.Çipiloğlu, İ. Şabikoğlu, N.Can. TÜRK FİZİK DERNEĞİ 29. ULUSLARARASI FİZİK KONGRESİ BODRUM / TÜRKİYE 2012
- [36] Luminescence and micro-Raman investigations on inclusions of unusual habit in chrysoprase from Turkey M. Ayvacıklı a,n, J.Garcia-Guinea b, A.Jorge b, İ. Akalın a, Z.Kotan a, N.Can a

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İpek AKALIN
Doğum Yeri : İzmir
Doğum Tarihi : 27 / 11 / 1987

- 2006 - 2010 **Celal Bayar Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi**
Fizik Bölümü
- 2010 - 2011 **Celal Bayar Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi**
Pedagojik Formasyon Eğitimi
- 2011 - 2013 **Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**
Fizik Anabilim Dalı – Katıhal Fiziği Bilim Dalı Yüksek Lisansı

Ulusal bilimsel kongrelerde sunulan ve bildiri kitabı veya CD'sinde basılan bildiriler;

KRİZOPRAS MİNERALİNİN OPTİKSEL VE YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ TÜRK FİZİK DERNEĞİ 29. ULUSLARARASI FİZİK KONGRESİ 5-8 Eylül 2012 BODRUM / TÜRKİYE

İ.AKALIN, R.KİBAR, A.ÇETİN, N.CAN Krizopras Mineralinin Katadolüminesans ve Termolüminesans Özelliklerinin İncelenmesi Lümidoz5-Lüminesans Dozimetri Kongresi 2011 MERSİN.

Uluslararası indexe girmiş hakemli dergilerde yayımlanan makaleler : *M. Ayvacıklı a,n, J.Garcia-Guinea b, A.Jorge b, _I. Akalın a, Z.Kotan a, N.Can a Luminescence and micro-Raman investigations on inclusions of unusual habit in chrysoprase from Turkey Journal of Luminescence Volume 132, Issue 7, Pages 1619-1836 (July 2012)*