

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI LÜMİNESANS TEKNİKLERİ KULLANILARAK
SİTRİNİN LÜMİNESANS ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Türkan ERTİK

Anabilim Dalı : Fizik

Programı : Genel Fizik

MANİSA 2013

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI LÜMİNESANS TEKNİKLERİ KULLANILARAK
SİTRİNİN LÜMİNESANS ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Türkan ERTİK

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12 Kasım 2013

Tezin Savunulduğu Tarih : 19 Kasım 2013

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Rana KİBAR

Diğer Jüri Üyeleri : Doç.Dr. Ahmet ÇETİN

Yrd. Doç.Dr. Coşkun HARMANŞAH

MANİSA 2013

İÇİNDEKİLER

ŞEKİL LİSTESİ.....	V
ÇİZELGE LİSTESİ	VII
TEŞEKKÜR.....	VIII
ÖZET	IX
ABSTRACT.....	X
1.GİRİŞ.....	1
2. MİNERALLER.....	3
2.1 Mineral Bilimi.....	3
2.2 Minerallerin Fiziksel Özellikleri.....	3
2.2.1 Skaler Özellikler	4
2.2.2 Vektörel Özellikler.....	4
2.3 Kristalografi	11
2.4 Kristal Kusurları.....	14
2.4.1 Noktasal Kusurlar	14
2.4.2 Çizgisel Kusurlar.....	15
2.4.3 Düzlemsel(Yüzeysel)Kusurlar	18
2.4.4 Hacimsel Kusurlar.....	19
2.5 Katılarda Enerji Bantları	19
3. TEMEL KAVRAMLAR	22
3.1. Lüminesans Nedir	22
3.2. Ömür Sürelerine Göre Lüminesans Türleri	23
3.3. Uyarılma Şekillerine Göre Lüminesans Türleri.....	24
4. SİTRİN.....	29
5. DENEYSEL SİSTEMLER	31
5.1. Optik Soğurma Sistemi	31

5.2. Radyolüminesans Sistemi	34
5.3. TLD Reader-Analyser	37
5.3.1. TLD Reader-Analyser Sisteminin Çalışma Prensibi	38
5.3.2. Temel Özellikleri	39
6. SONUÇLAR	40
6.1. Optik Soğurma Ölçümleri	41
6.2. Radyolüminesans Ölçümleri	43
6.3. Termolüminesans Ölçümleri	44
7. TARTIŞMA VE YORUM	48
8. KAYNAKLAR	49

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Mohs Sertlik Skalasının Şematik Resmi.....	5
Şekil 2.2 Dilinimler. (a) kübik, (b) oktaedral, (c) dodekaedral, (d) romboedral, (e) prizmatik ve pinakoidal, (f) bazal.....	6
Şekil 2.3 (a) Bazal yarıлма (piroksen). (b) Romboedral yarıлма (korund).....	6
Şekil 2.4 Süt kuvars ve Sitrin.....	8
Şekil 2.5 Florit (CaF ₂) yapısının şematik görünüşü	8
Şekil 2.6 Kuvars yapısının şematik görünüşü	9
Şekil 2.7 Işığın yoğun bir madde ile etkileşmesi sonucunda meydana gelen yansıma, kırılma, yayılma ve emilme (absorbsiyon)	10
Şekil 2.8 Atomların düzenli kristal yapısı ve rastgele amorf yapı	12
Şekil 2.9 7 Kafes Sistemi ve 14 Bravais Kafes Yapı	13
Şekil 2.10 Bazı noktasal kusurlar ve (a) Schottky kusuru, (b) Frenkel kusuru	15
Şekil 2.11 Hatasız kristalin kesilmesi ve fazla bir atom düzleminin araya sokulması	16
Şekil 2.12 Hatasız kristalin kesilmesi ve bir atom aralığı kadar kayması	17
Şekil 2.13 Karışık Dislokasyon	17
Şekil 2.14 Taneler arasındaki sınır	18
Şekil 2.15 (a) Kusursuz kristal (b) Kristalde burkulma ile oluşan ikizleme sınırları	18
Şekil 2.16 Hacimsel kusurlar	19
Şekil 2.17 Katılarda enerji bant yapısı	20
Şekil 2.18 Yalıtkan, Yarıiletken ve İletken malzemelerin enerji bant yapısı	20
Şekil 2.19 Enerji bant yapısı ile elektron ve boşluk merkezleri	21
Şekil 3.1 Lüminesans oluşum şeması	22
Şekil 3.2 Farklı yollarla oluşan lüminesans	23
Şekil 3.3 Floresans ve Fosforesans	24

Şekil 3.4 Fosforesans olayına bir örnek	24
Şekil 3.5 Radyolüminesans oluşum şeması	25
Şekil 3.6 Termolüminesans oluşum şeması	26
Şekil 3.7 TL ışımaya eğrisi	27
Şekil 4.1 Doğal sitrin kristali.....	29
Şekil 5.1 Celal Bayar Üniversitesi Lüminesans Araştırma Laboratuvarında bulunan Perkin Emler Lambda 950 UV/VIS/NIR Spektrofotometre Sistemi	31
Şekil 5.2 Perkin Elmer Lambda 950 Spektrofotometre Sisteminin iç yapısının şematik Gösterimi.....	32
Şekil 5.3 Celal Bayar Üniversitesi Lüminesans Araştırma Laboratuvarında bulunan Radyolüminesans Sisteminin genel görünüşü.....	34
Şekil 5.4 Örnek odasının genel görünümü	35
Şekil 5.5 X ışını kontrol ünitesi	35
Şekil 5.6 RL Sisteminin Ayrıntılı Şeması	36
Şekil 5.7 RA'94 TLD Reader-Analyser Sistemi	37
Şekil 6.1 Sitrinin 200-800 nm arası soğurma spektrumu.....	41
Şekil 6.2 Sitrinin 200-2000 nm arası soğurma spektrumu.....	42
Şekil 6.3 Sitrinin 200-800 nm arası geçirgenliği	42
Şekil 6.4 Sitrine ait RL grafiği	43
Şekil 6.5 Sitrine ait TL spektrumu.....	44
Şekil 6.6 Sitrinin 5 °C/s lik ısıtma hızındaki TL spektrumu	45
Şekil 6.7 Sitrinin 10 dakika X-ışınına maruz bırakıldıktan sonra farklı ısıtma hızlarındaki TL spektrumu	46
Şekil 6.8 Sitrinin 20 dakika X-ışınına maruz bırakıldıktan sonra farklı ısıtma hızlarındaki TL spektrumu	46
Şekil 6.9 Sitrinin 30 dakika X-ışınına maruz bırakıldıktan sonra farklı ısıtma hızlarındaki TL Spektrumu.....	47

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 4.1 Sitrinin özellikleri.....	30
Çizelge 5.1 Perkin Elmer Lambda 950 UV/VIS/NIR Spektrofotometre Sisteminin teknik Özellikleri	33
Çizelge 6.1 Sitrin örneğinin element analiz sonuçları.....	40

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesinde ve tezimin oluŐma aŐamasında s¼rekli destek olan, deneyim ve bilgilerini hiğbir zaman esirgemeyen danıŐman hocam Sayın DoÇ. Dr. Rana KİBAR'a ve yine bilgi ve birikimlerini her an paylaŐan ve yorumları ile her zaman destek olan Sayın DoÇ. Dr. Ahmet ÇETİN'e teŐekk¼r¼ bir borĐ bilirim.

TL ve soğurma ¼l¼mlerinin alınması ve yorumlanması aŐamasında değerli vaktini ayırıp bana yardımcı olan arkadaŐım doktora ¼Đrencisi Murat T¼REMİŐ' e çok teŐekk¼r ederim.

Hayatımın her anında yanımda olan, maddi ve manevi desteklerini hiğbir zaman esirgemeyen değerli aileme sonsuz teŐekk¼rler...

T¼rkan ERTİK

ÖZET

FARKLI LÜMİNESANS TEKNİKLERİ KULLANILARAK SİTRİNİN LÜMİNESANS ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ERTİK Türkan

Yüksek Lisans Tezi, Fizik Bölümü

Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Rana KİBAR

Bu çalışmada doğal sitrin mineralinin fiziksel özellikleri lüminesans ve diğer teknikler kullanılarak incelenmiştir. Bu amaçla, ICP analiziyle sitrini oluşturan elementler tayin edilmiştir. Ayrıca elektromanyetik spektrumun görünür bölgesinden yakın kızılötesine kadar olan bölgedeki optik davranışlarını incelemek amacıyla optik soğurma ve geçirgenlik spektrumları alınmıştır. 200-1000 nm arasında radyolüminesans (RL) spektrumu alınmıştır. 50-400 °C sıcaklık aralığında termolüminesans (TL) spektrumları alınmıştır.

Sitrinin soğurma spektrumunda 322 nm ve 506 nm de iki soğurma piki bulunmaktadır. Sitrinin 200-1000 nm arasında oda sıcaklığında alınan radyolüminesans (RL) spektrumu incelendiğinde 440 nm de geniş bir lüminesans piki gözlenirken, 704, 791 ve 947 nm de de pikler elde edilmiştir. Bununla birlikte, sitrinin termolüminesans (TL) spektrumunda 135 °C, 175 °C, 208 °C ve 286 °C'de belirgin pikler elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sitrin, Optik Soğurma, Radyolüminesans, Termolüminesans

ABSTRACT

INVESTIGATION OF LUMINESCENCE PROPERTIES OF THE CITRINE BY USING DIFFERENT LUMINESCENCE TECHNIQUES

ERTİK Türkan

M.Sc Thesis in Department of Physics

Supervisor: Associate Prof. Dr. Rana KİBAR

In this thesis, the physical properties of the natural citrine mineral are investigated by luminescence and other techniques. For this purpose, the elements forming citrine are detected by ICP analysis. Furthermore, in order to examine the optical behavior in which from visible region to infrared region of the electromagnetic spectrum, optical absorption and transmittance spectra are taken. Radioluminescence (RL) and thermoluminescence (TL) spectra were taken in between 200-1000 nm and in the range of temperature 50-400 °C respectively.

There are two absorption peaks in the absorption spectrum of citrine for the values of 322 nm and 506 nm. When the radioluminescence (RL) spectrum of citrine taken in between 200-1000 nm is examined at room temperature, it is observed that there is a broad luminescence peak at 440 nm besides the peaks obtained at 704, 791 ve 947 nm. Nevertheless, significant peaks have been observed in the thermoluminescence (TL) spectrum of citrine for the temperature values of 135 °C, 175 °C, 208 °C and 286 °C.

Keywords: Citrine, Optical absorption, Radioluminescence, Thermoluminescence

1. GİRİŞ

Bu çalışmanın amacı doğal sitrin mineralinin optik ve lüminesans özelliklerinin incelenmesidir.

Bir kristale verilen enerjinin kristal tarafından anında veya belli bir süre sonra, kendiliğinden ya da uyarma sonucu elektromanyetik ışınım olarak geri verilmesi olayına "Lüminesans" denir.

Lüminesans olayında, kristale herhangi bir yolla verilen enerji, değerlik bandından elektron veya boşlukların bağına kırar ve bunların daha üstteki tuzak adı verilen ara enerji seviyelerine çıkmasına sebep olur. Tekrar bir uyarma ile elektron veya boşluklar bu ara seviyeden iletkenlik bandına çıkarılır. Kararsız durumdan ilk durumuna (daha kararlı duruma) geçerken elektronlar ve boşluklar aldıkları enerjini foton olarak dışarı yayarlar. Kristalden salınan ışık miktarı tuzaklardaki elektron ve boşlukların sayısı ile orantılıdır (Gökçe, 2008).

Lüminesans belli materyallerden, enerji soğurulmasını takiben veya soğurma boyunca, yayınlanan görünür radyasyon emisyonu için kullanılan genel bir terimdir. Genellikle, yalıtkanlar ve yarıiletkenlerdeki kusurların varlığı lüminesansa neden olan yeni optik soğurma bantları oluşturur. Bu yüzden malzemenin lüminesans özellikleri incelenerek, malzemede bulunan değişik tür kusurların özellikleri hakkında bazı yararlı bilgiler elde edilebilir. Kusurlar materyallerin yararlı özelliklerini etkilediği ve bazı durumlarda da değiştirdiği için, kusur incelemeleri modern bilim ve teknolojinin gerekli bir parçasıdır. Metalik olmayan malzemelerdeki kusur durumlarını belirlemek için kullanılan en hassas tekniklerden biri de radyolüminesanstır. Buna ilaveten, optik soğurma ve geçirgenliğinin de incelenmesi yine malzemede kusurların oluşumunun incelenmesi açısından büyük önem taşır (Çetin, 2007).

Termolüminesans teoremi ilk kez Robert Boyle (1664) tarafından gözlenmiştir. Boyle, elması avucunun içerisinde ısıttığı zaman, parlaklığı karanlık bir odada kolaylıkla görülen ışık biçiminde dağıldığını gözlemlemiştir. Uygulamalı fizikteki etkinin günümüzdeki kullanımı Wisconsin Üniversitesi'nde Farrington Daniels'in çalışmaları sonucunda ortaya çıkmıştır (Yüksel, 2008).

Günümüzde radyoaktivite ile ilgili uygulamalar yaşantımızın birçok alanında yaygın olarak yer almaktadır. Radyoaktivite uygulamaları ve radyasyon ölçümü, fizik, kimya, biyoloji, tıp, metalurji, tarih, arkeoloji ve jeoloji gibi birçok bilimsel ve teknik alanda kullanılmaktadır. Doğada, doğal halde bulunan materyallerin bazıları radyasyon yayarlar. Çevresel radyasyonun ölçümü,

bilimsel araştırmaların çoğunda önemli ve vazgeçilemez bir yere sahiptir. Yapılan çalışmalarda ölçümü yapılacak olan radyasyon dozu, radyasyona maruz kalan canlı organizmanın veya bir malzemenin aldığı radyasyon miktarının ölçümü ile belirlenmektedir. (Yüksel, 2008)

Bu çalışmada kullanılan sitrinin ait olduğu minerallerden biri olan kuvars, hem doğada kolay bulunabilmesi hem de yapısının uzun zaman yük tuzaklama ve depolamaya uygun olması bakımından çevresel dozimetrede kullanılabilir mükemmel bir mineraldir. Tarihleme çalışmalarının yanı sıra radyasyon kazalarında alınan doz miktarının belirlenmesinde bir radyasyon dozimetresi olarak da kullanılır (Kibar, 2007; Schilles v.d., 2001).

2. MİNERALLER

2.1 Mineral Bilimi

Mineral, doğada homojen halde bulunan belirli bir kimyasal formülü olan çoğunlukla bir, ender olarak iki kristallik sistemi bulunan, bazen de herhangi bir kristallik sistemi olmayan inorganik bileşiklerin ortak adıdır. Mineraller birçok gruba ayrılır. (Kibar, 2007)

Doğal Elementler	Sülfidler	Sülfatlar
Halitler	Oksitler ve Hidroksitler	Arsenatlar
Nitratlar	Karbonatlar	Silikatlar
Boratlar	Fosfatlar	Vanadatlar

Mineraller belirli bir kimyasal birleşime sahiptirler. Buradan her mineralin belli bir kimyasal formüle sahip olacağı anlaşılmaktadır. Kimyasal formülleri genellikle sabittir. Ancak belli sınırlar içinde belirli kurallarla değişebilir. Çok ender olarak saf elementler (altın, gümüş, bakır, vs.) şeklinde oluşan mineraller, yer kabuğunda meydana gelen doğal fizikokimyasal olayların ürünleridir.

Minerallerin diğer bir özelliği inorganik olmalarıdır. Yer kabuğunda bulunan petrol, kömür, fosil ve reçine gibi maddeler mineraller sınıfına girmez. Ancak nadir de olsa organik mineraller vardır (örneğin: kehribar).

Minerallerin katı olmaları düzenli bir atomik iç yapıya sahip olduklarını gösterir. Mineral kristallerin dış yapısı incelendiğinde düzgün bir geometrik şekle sahip oldukları görülür. Yine aynı şekilde iç yapılarının da düzgün olduğu görülür. Minerallerin civa gibi sıvı olan tipleri de vardır. Katı mineral kristalleri homojen bir yapıya sahiptirler. Alınan bir mineral örneğinin her zerresi aynı mineralden ibaret olmalıdır. Ancak her mineralde az veya çok yabancı mineral varlığı bulunmaktadır. Yabancı madde oranının fazlalığı, minerallerin özelliklerini değiştirir.

Mineralleri inceleyen bilim dalına mineroloji denir. Mineraloji sözcüğü mineralis kelimesinden gelir. Latince, "yer kabuğundan çıkarılan cisim" anlamındadır. Mineraloji başlıca Özel Mineraloji ve Kristalografi olarak ikiye ayrılır. Özel mineralojide; minerallerin fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmektedir. Kristalografide ise; minerallerin büyümeleri, dış şekilleri ve iç yapılarını oluşturan kurallar incelenir (url-1).

2.2 Minerallerin Fiziksel Özellikleri

Minerallerin fiziksel özellikleri, yöne bağlı (vektörel) ve yöne bağlı olmayan (skaler) özellikler olarak ikiye ayrılır.

2.2.1 Skaler Özellikler

Özgül ağırlık gibi her yönde aynı olan yani yönlere bağlı olmayan özelliklerdir.

2.2.2 Vektörel özellikler

Sertlik, dilinim gibi minerallerin yönlere bağlı olarak değişen özellikleridir. Fiziksel özellikleri yönlere göre değişmeyen minerallere 'izotrop mineraller' denir. Özellikleri yönlere göre değişen minerallere "anizotropik mineraller" denir.

Yoğunluk

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 hegzagonal sistemde kristalleşen grafitin yoğunluğu 2,1 dir. Minerallerin yoğunlukları 1 - 23 arasında değişir.

Sertlik

Sertlik; dıştan gelen kuvvetlerle minerallerin çizilmeye karşı gösterdiği dirençtir. Mineralleri sertlikleri yardımıyla tanıma kolaylığı vardır. Bir mineral diğeri tarafından çizdirilerek izafi sertlik değeri belirlenebilir. Bunun için Mohs tarafından 1'den 10'a kadar sıralanan ve her biri bir öncekini çizebilen minerallerinin oluşturduğu bir cetvel kullanılır (Şekil 2.1). Sertlik yönlere bağlı olan bir vektörel özelliktir. Mohs sertlik cetveli,

- 1 Talk Tırnak ile çizilir
- 2 Jips Tırnak ile çizilir
- 3 Kalsit Çakı ile çizilir
- 4 Florit Çakı ile çizilir
- 5 Apatit Çakı ile çizilir
- 6 Ortoklas Camı çizer-çelik ile çizilir
- 7 Kuvars Camı-çeliği çizer
- 8 Topaz Camı keser
- 9 Korund Camı keser
- 10 Elmas Herşeyi çizer



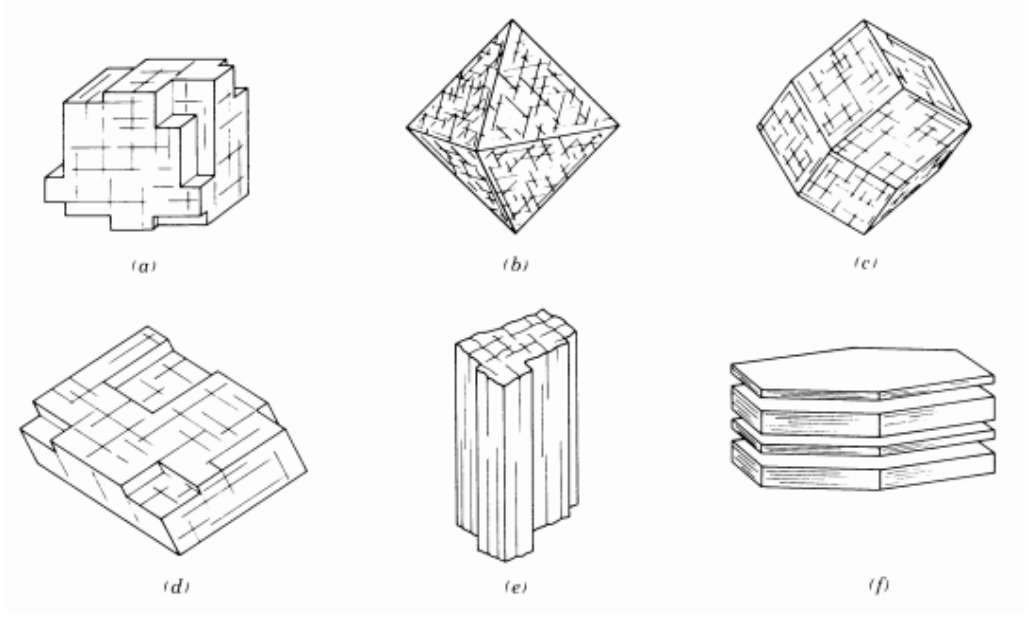
Şekil 2.1 Mohs Sertlik Skalasının Şematik Resmi (url-3)

Bu cetvelde en sert mineral elmas, en yumuşak mineral ise talktır. Bunlardan her biri kendinden öncekini çizer, sonraki tarafından ise çizilir. Diğer minerallerin sertliği bu cetvele göre belirlenir. (Bayraktar, 2010)

Dilinim

Minerallerin atomik düzlemlerine paralel olarak gösterdikleri düz yüzeyli levhalara ayrılma eğilimine dilinim denir. Kristalin iç yapısına bağlı olup sadece atomik düzlemlere paralel olarak meydana gelir. Dilinim, bir grup paralel atomik düzlem arasında bulunan zayıf bağlardan, daha büyük kafes mesafesinden veya her ikisinin varlığından kaynaklanabilir. Dilinim, bazı minerallerde tek yönde olabildiği gibi (mikalar), iki yönde (ortoklas) veya üç yönde de (galenit) olabilir. Bazı minerallerin ise dilinimi yoktur (kuvars). Dilinimi tanımlarken, kalitesini ve kristalografik yönlerini de vermek gereklidir. Dilinimin kalitesi için; mükemmel, iyi ve zayıf gibi terimler kullanılır (url-4).

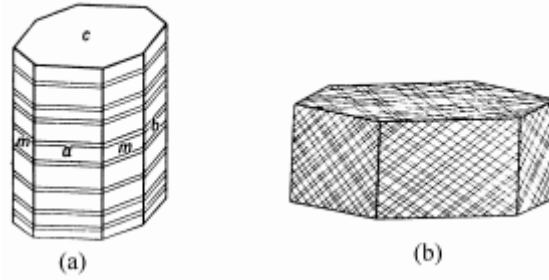
Buna göre dilinim; mineralin iç yapısının sebep olduğu fiziksel bir olaydır. Dilinim minerallerin tanınmasında kullanılan belli başlı özelliklerden birisidir (Kibar, 2007).



Şekil 2.2 Dilinimler. (a) kübik, (b) oktaedral, (c) dodekaedral, (d) romboedral, (e) prizmatik ve pinakoidal, (f) bazal (url-4).

Yarılma

Minerallerde zayıf yapısal düzlemler boyunca görülen ayrılmaya yarılma denir. Bilinen başlıca yarılma örnekleri, magnetitin oktaedral yarılması, piroksenlerin bazal yarılması ve korundun romboedral yarılmasıdır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 (a) Bazal yarılma (piroksen). (b) Romboedral yarılma (korund) (url-4).

Kırılma

Bazı minerallerdeki bağlar tüm yönlerde yaklaşık olarak aynı dayanımdadırlar. Bu kristallerde kopma ve ayrılma belirli kristalografik yönleri izlemez. Bir mineralin dilinim ve yarılma yüzeyleri dışında kalan yüzeyler boyunca ayrılmasına kırılma denir.

Minerallerin kırılması esnasında yüzeylerinde meydana gelen şekiller mineral tanınmasında önemli rol oynar. Mesela çakmaktaşı ve obsidyen kırıldığı zaman midye kabuğu şekilli (konkoidal) kırıklı karakteristik yüzeyler meydana gelir. Farklı kırılma çeşitleri şöyledir:

(a) Konkoidal (midye kabuğu biçimli) kırılma. Kırık yüzeyi bir midye kabuğunun içini andıran düz, kavisli bir yüzeydir. Tipik olarak cam ve kuvarsta görülür.

(b) Lifsel ve kıymıklı. Lifli minerallerde görülen kırılma tarzı.

(c) Çengelli. Dişli ve keskin kenarlı kırık yüzeyi.

(d) Pürüzlü veya düzensiz. Pürüzlü veya düzensiz yüzeyler meydana getiren kırılma(ırl-4).

Renk

Minerallerin makroskopik görünüşlerinden birisi olup, ilk bakışta hemen göze çarpan bir özelliktir. Fakat minerallerin tayininde faydalanılabilecek kesin bir kriter değildir. Ancak bazı mineraller için renk özelliği çok tipiktir.

Mineraller, renk özelliği dikkate alındığında 3 gruba ayrılırlar:

- **Renksiz Mineraller:**

Gelen ışığın dalga boyu ile emilen ışığın dalga boyu aynı ise; diğer bir deyişle, mineral üzerine gelen ışığın tamamı mineral tarafından emiliyorsa bu mineral renksiz görünür. Renksiz mineraller şeffaf olur. Bu tip minerallere örnek olarak; kaya tuzu, kalsit, barit, elmas verilebilir.

- **Renkli Mineraller:**

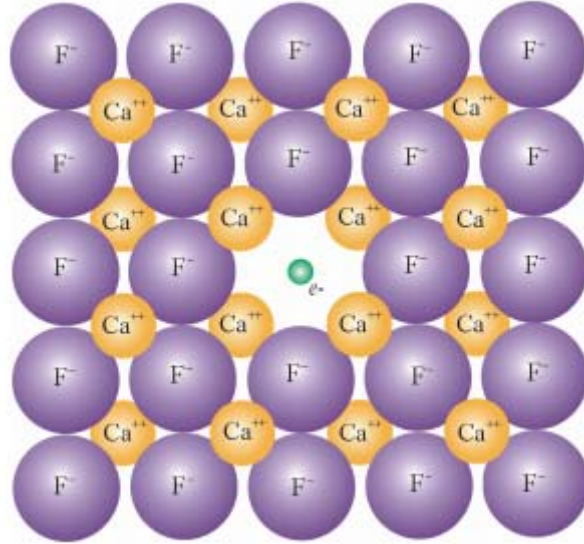
Mineral üzerine gelen ışıkla, emilen ışık eşit miktarda olmazsa yani ışığın bir kısmı mineral yüzeyinden yansarak göze gelirse, mineral kendine özgü rengini verir. Mineral renkleri, mineralin kendi maddesine veya kimyasal yapısına bağlı olduğundan önemli bir özelliktir. Mesela; kükürt sarı, zinober kırmızı, malakit yeşil, magnetit ise siyahtır. Renkli mineraller ışığı farklı yönlerde, farklı olarak emiyorlarsa "pleokroizma" denilen çok renklilik ortaya çıkar. Bu optik özellikleri bakımından anizotrop olan renkli veya renklenen mineraller için geçerlidir.

- **Renklenen Mineraller:**

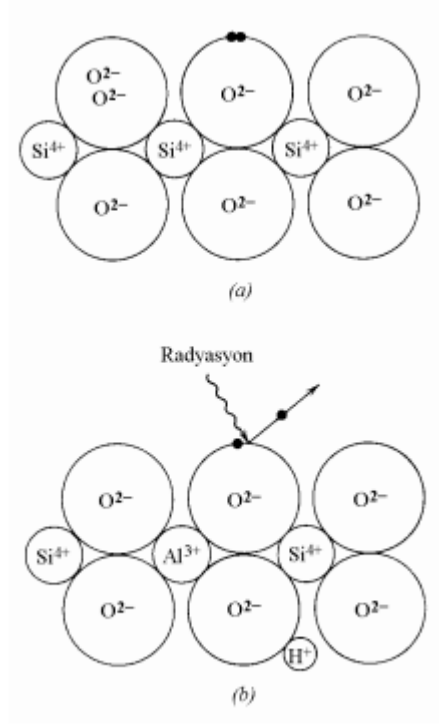
Mineral bünyesine, renk veren yabancı maddelerin (pigment) veya izomorf bir cismin karışması nedeniyle, karakteristik renginden farklı renk gösteren minerallere "renklenen mineraller" denir. Örneğin saf sfalerit (ZnS) beyaz renklidir. Ancak izomorf FeS etkisi ile koyu renk alır. Renksiz olan kuvars beyaz görülünce "süt kuvars", sarı renkli görüldüğünde ise "sitrin" adını alır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Süt kuvars ve Sitrin (url-8-9)



Şekil 2.5 Florit (CaF_2) yapısının şematik görünüşü. Yapıdan çıkan bir F iyonunun yerini bir elektronun almasıyla renk merkezi meydana gelir (url-4).



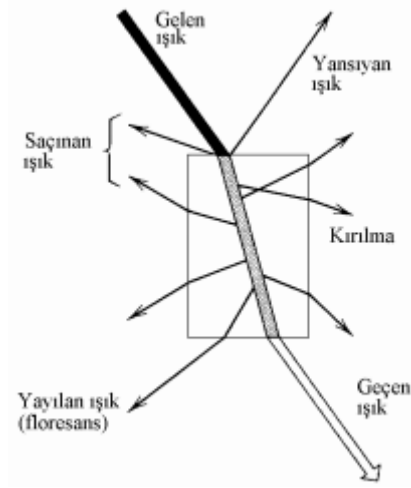
Şekil 2.6 Kuvars yapısının şematik görünüşü. (a) Saf SiO₂'nin normal yapısı. (b) Yapısında Si⁴⁺'ün yerine Al³⁺ ve H⁺ iyon çiftinin yer aldığı dumanlı kuvarsta radyasyon etkisiyle O²⁻'deki elektron çiftinden bir elektronun çıkartılması ve renk merkezinin meydana gelmesi.

Renk, mineral yapısındaki kusurların bir sonucu olabilir. Bazı yapısal kusurlarda hapsedilen ve herhangi bir birey atoma bağlı olmayan bir elektron, renk meydana getirebilir (Şekil 2.5). Bunun yanında bir elektronun eksik olması, yani bir deliğin varlığı da aynı etkiyi yapar. Bu tipteki yapısal özelliklere renk merkezleri denir. Bazı kuvars kristallerinde görülen duman rengi bir "delik renk merkezi" ile ilgilidir. Radyasyon, Al³⁺ iyonuna bitişik olan oksijen atomunun elektron çiftinden bir elektronu çıkarır ve yörüngede tek bir elektron kalır (Şekil 2.6). Eksik elektrona delik denir. Geride kalan elektron da florit örneğinde olduğu gibi komşu yörüngelere sıçramalar yapar (url-4).

Hızlandırılmış elektronlar veya X-ışını ve γ -ışını gibi radyasyona maruz kalan minerallerde örgü hataları oluşmaktadır. Yapıda meydana gelen bu değişiklikler lüminesans spektrumları sayesinde belirlenebilir. Noktasal hata kombinasyonları hata merkezleri oluşturdukları için minerallerin farklı renkte görünmesine sebep olmaktadır. Bu yöntem kullanılarak mineraller renklendirilmekte ve değerli taşlar olarak kullanılabilir (Sawakuchi v.d., 2004).

Fluoresans

Bazı mineraller ışıklandırıldığı zaman, kendi renginden farklı bir renk gösterirler. Bu olaya “fluoresans” denir. Seelit mavimsi beyaz ışığa gösterirken, zirkon sarımsı ışığa gösterir. Işık etkisi kaldırıldığı zaman ışımının hala devam etmesi olayına da “fosforesans” denir. Buna örnek olarak fosfor verilebilir. Floresan mineraller UV, X-ışını veya elektron demeti ile ışınlanınca görünür ışık yayan minerallerdir. Minerallerdeki bazı elektronlar bu radyasyon kaynaklarından enerji soğurur ve daha üst enerji seviyelerine çıkar. Bu elektronlar daha düşük enerji seviyelerine geçtiğinde floresan ışık yayınlanır. Floresans özelliği gösteren bazı mineraller elmas, fluorit, apatit, kalsittir (Kibar, 2007).



Şekil 2.7 Işığın yoğun bir madde ile etkileşmesi sonucunda meydana gelen yansıma, kırılma, yayılma ve emilme (absorbsiyon). Emilen ışığın bir kısmı floresans olarak yeniden yayılabilir (url-4).

Çizgi Rengi

Sertliği 7 den düşük olan renkli mineraller ile üzeri sırlanmamış bir porselen üzerine bir çizgi çizilirse; bu mineral porselen levha üzerinde bir çizgi meydana getirir. Bu şekildeki renkli çizgiler minerallerin tanınmasında önemli bir rol oynarlar (Kibar, 2007).

Parlaklık

Mineral cilası, kristal yüzeyinde görülen parlalıdır. 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 (Kibar, 2007).

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,

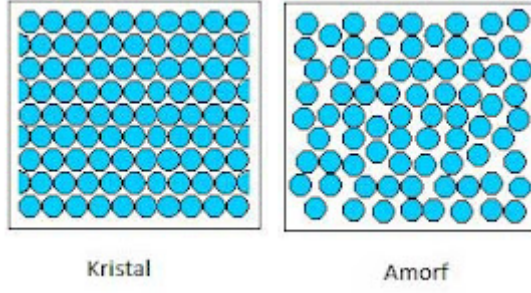
Elektrik

Mineraller iletken, yarıiletken veya yalıtkan olabilirler. Altın, gümüş ve bakır gibi element halinde bulunan mineraller elektriği iyi geçirirken, sülfidler iyi iletmezler. Silikat mineralleri yalıtıcıdır. Bazı mineraller sürtünme sonucunda elektriklenirler. Mesela kehribar veya kükürt sürtünmeyle negatif yükü elektriklenirken kuvars pozitif yükü 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 yükü 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 (Kibar, 2007) (url-2).

2.3 Kristalografi

Bu bilim dalı çok geniş bir çalışma alanına sahiptir. 1912'den bu yana başlıca amacı organik ya da inorganik orijinli kristalin maddelerin iç yapılarını araştırmak olmuştur. Modern kristalografik tekniklerin en önemli amacı kristal yapıyı belirlemek, bütün atomların yerleri, bağlanma şekilleri ve bağlanma pozisyonları, iç simetrisi ve hücrenin kimyasal içeriği hakkında bilgi sağlamaktır. (Durukan, 2008)

Malzemelerin iç yapısı atomların diziliş biçimine bağlıdır. Kristal yapılarda atomlar düzenli olarak dizilirler ve temel niteliği tekrarlılıktır. Amorf yapıda atomlar düzensiz ve rastgele dağılmışlardır (Şekil 2.8).




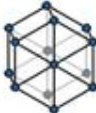
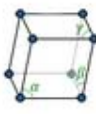






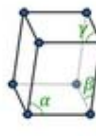

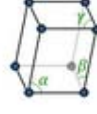


Şekil 2.8 Atomların düzenli kristal yapısı ve rastgele amorf yapı

Doğada 7 kristal sistemi vardır. Kristal sistemleri şunlardır; kübik, hegzagonal, triklinik, monoklinik, tetragonal, ortorombik, rombohedral. Bu yapıların herbiri, üç boyutlu atom düzeninin indirgenebildiği en küçük simetriyi tarif eder. Bu indirgenmiş yapılara birim hücre adı verilir.

7 Kafes Sistemi

14 Bravais Kafes Yapı

	Temel yapılar	Hacim merkezli yapılar	Yüzey merkezli yapılar	Taban merkezli yapılar
Kübik				
Hegzagonal (altgen)				
Rombohedral				
Tetragonal				
Ortorombik				
Monoklinik				
Triklinik				

Şekil 2.9 7 Kafes Sistemi ve 14 Bravais Kafes Yapı

Bu tasvir atomların yapısını her ne kadar çok basite indiriyor olsa da, kristal yapıları kolay bir şekilde tarif edebilmemiz açısından büyük kolaylık sağlar ve atomlar birer küre olarak resmedilir. Bu yedi kristal sistemden bazıları kendi içlerinde de ufak varyasyonlar gösterebilir. Bu varyasyonlara, bu yapıları ilk tarif eden Fransız fizikçi Auguste Bravais'e ithafen Bravais kafes yapı adı verilir. Yukarıdaki resimde yedi ana kristal sistemi ve ondört Bravais kafes yapısı görülmektedir (Şekil 2.9).

2.4 Kristal Kusurları

Kristal yapı birbirine özdeş yapıların ard arda eklenmesi ile oluşur. Bu yapıtaşları tek atomlar veya atom grupları olabilir. Bir kristal bu atom ve atom gruplarının yerleştiği varsayılan üç boyutlu örgüden oluşur ve kristaller bu üç boyutlu örgü noktalarına yerleşen atomların periyodik dizilisi ile meydana gelir (Gür, 2007).

Kristal kusuru; bir kristaldeki üst üste katmanlara ilişkin istifin normal dizisinde görülen sapmadır. İdeal yani kusursuz bir kristal yalnız mutlak sıfırda vardır. Diğer bütün sıcaklıklarda ısı, elektronsal yada atomsal kusurların varlığı, kristal katının özelliklerinin büyük bölümünü belirler. (Çetin, 2007)

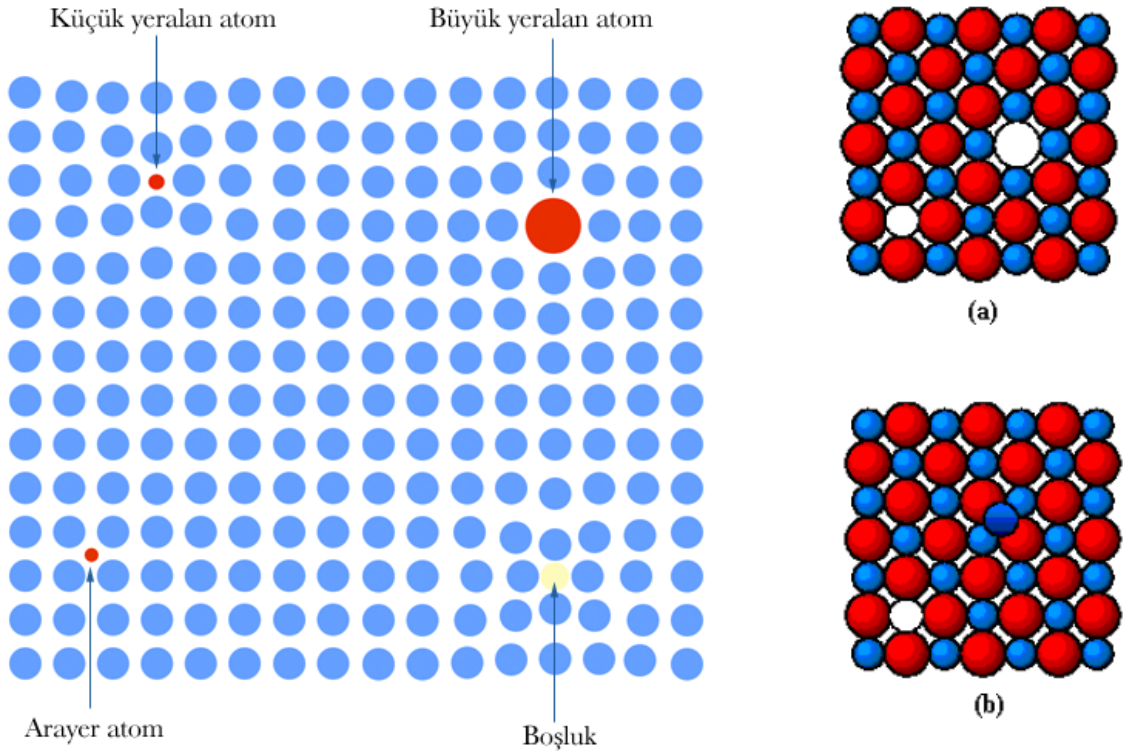
- Isıl kusurlara fonon denir. Bunlar atomların denge konumları çevresindeki titreşimlerini belirler.
- Elektronlarla ilgili kusurlar üç tiptir; elektron, boşluk ve eksitonlardan kaynaklanan kusurlar. Kimi cisimlerin yarıiletken özelliklerini açıklamayı sağlayan bu kusurlar bir elektronun yüksek bir enerji durumuna gelişinin, aynı anda bir boşluk oluşumuna bağlı olmasına dayanır. Elektron ve buna karşılık gelen boşluk bir yere bağlı kaldığında bu kusura eksiton denir.
- Atomsal kusurlar iki tiptir, kimyasal kusurlar ve örgüsel kusurlar. Örgüsel kusurlar; noktasal kusurlar, çizgisel (doğrusal) kusurlar ve iki boyutlu (düzlemsel) kusurlar olarak sınıflandırılırlar. Kristal kusurları, kristallerin birçok özelliğini etkiler ya da kaynağını oluşturur (Çetin, 2007).

Enerji seviyeleri kusurun ve örgünün yapısına bağlı olarak tek veya dağılmış olabildikleri için kristal kusurları lüminesans olayları için önemlidir (Yüksel, 2008).

2.4.1 Noktasal Kusurlar

Noktasal kusurlar; normal olarak dolu olması gerektiği halde boş olan yerler (atom boşlukları), normal olarak dolu olan konumların dışında bulunan atomlar ya da iyonlar (arayer atomu), bir atom veya iyonun yerine başka bir elemente ait atom veya iyonun bulunması durumu (yeralan atomu) olarak özetlenebilir. Bazı noktasal kusurlara ait örnekler Şekil 2.10 da görülmektedir.

Pozitif ve negatif iyonlardan oluşan iyonsal bir kristalde, kusurların oluşumu sırasında elektriksel dengenin korunmuş olması gerekir. Bu durumda belirli bir işaretin bir iyonundan bir atom boşluğunun oluşmasıyla birlikte, kaçınılmaz olarak, ya karşıt işaretin iyonundan başka bir atom boşluğu (Schottky kusuru Şekil 2.10a) ya da aynı işaretin bir arayeri (Frenkel kusuru Şekil 2.10b) oluşur.



Şekil 2.10 Bazı noktasal kusurlar ve (a) Schottky kusuru, (b) Frenkel kusuru (url-5; Çetin, 2007)

2.4.2 Çizgisel Kusurlar

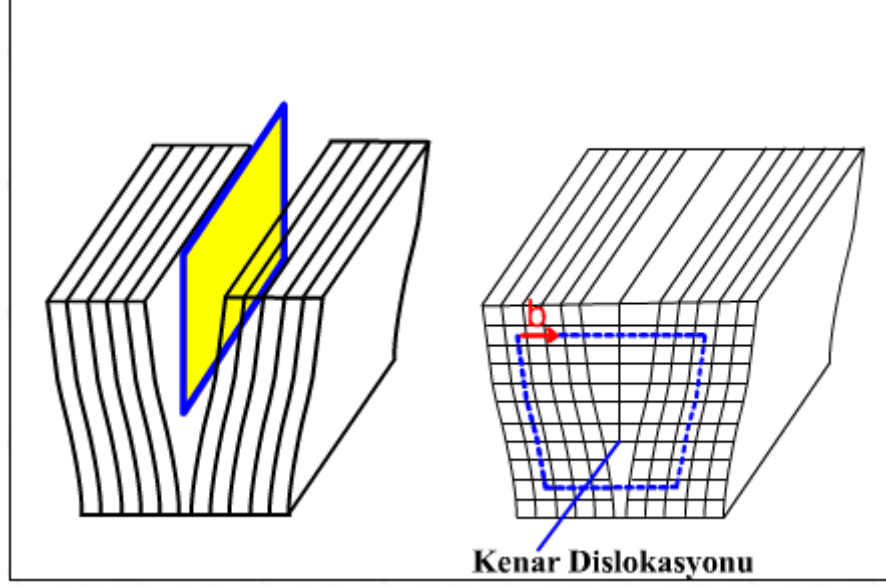
Kristallerde düzensizlik merkezi bir çizgi boyunca yer almaktadır ve çizginin her iki tarafında kristal kusursuz olabilir. Fakat kafes noktaları birbirlerinin devamı değildir. Başka bir deyişle; kristalin bir bölgesi bu bölgeyi alt ve üst kısımlara ayıran bir düzlem üzerinde kaymaya uğramışsa, alt ve üst noktalar birbirlerine göre belirli bir miktar ötelenmişse kaymaya uğramış ve uğramamış bölgeleri ayıran çizgi bir kristal hatadır ve dislokasyon denir. Bu kusurlar metallerin ve alaşımların mekanik özelliğini açıklamayı sağlar. Dislokasyon kusurları elektron mikroskopların görüntü ekranlarından izlenebilir (Türemiş, 2011).

Dislokasyonlar; kenar, vida ve karışık olmak üzere üç çeşittir:

- **Kenar Dislokasyonu**

Bir kenar dislokasyonu, hatasız kristali yarisına kadar dilimleyerek, kristali ikiye ayırarak ve kesimi fazla bir atom düzlemi ile kısmen doldurarak gösterilebilir. Araya sokulan bu düzlemin alt kenarı, kenar dislokasyonunu temsil eder. Eğer her doğrultuda, eşit sayıda atom aralığında gidilirse, kenar dislokasyonu etrafında saat doğrultusundaki bir çevrim,

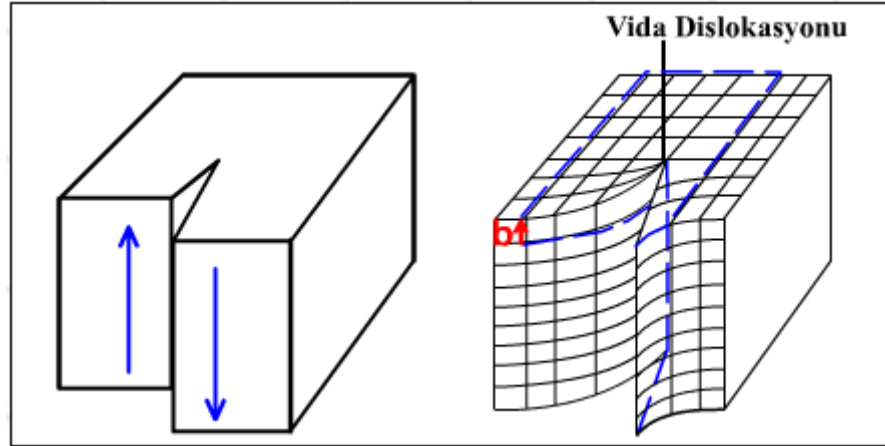
başlangıç noktasından bir atom aralıkta bitirilir. Çevrimi tamamlamak için gerekli vektör Burgers vektörüdür. Bu durumda Burgers vektörü kenar dislokasyonuna diktir (url-6).



Şekil 2.11 Hatasız kristalin kesilmesi ve fazla bir atom düzleminin araya sokulması. Fazla düzlemin alt kenarı bir kenar dislokasyonudur . Kenar dislokasyonu etrafında bir atom aralığına eşit bir çevrimi kapatmak için bir Burgers vektörü b , gereklidir.

- **Vida Dislokasyonu**

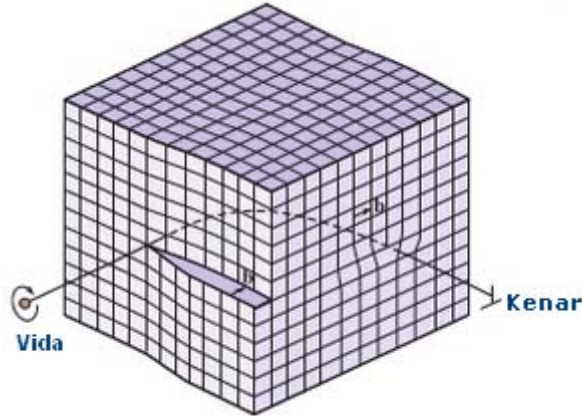
Vida dislokasyonu, hatasız kristali yarısına kadar kesmekle, sonra kristali bir atom aralığı kadar eğmekle gösterilebilir. Eğer kristalin eğildiği her doğrultuda, bir atom aralıklı eşitlikte hareket ettiği eksen etrafında bir tür dönülerek kristalografik düzlem takip edilirse, başlangıç noktasından bir atom aralığı aşağıda bitirilir. Çevrimi tamamlayan ve başlangıç noktasına geri getiren vektör Burgers vektörü " b " dir. Dönülmeye devam edilseydi bir spiral yolun krokisi çizilebilirdi. Etrafında bu yolun krokisinin çizildiği eksen veya çizgi vida dislokasyonudur. Burgers vektörünün, vida dislokasyonuna paralel olduğu görülür (url-6).



Şekil 2.12 Hatasız kristalin kesilmesi ve bir atom aralığı kadar kayması. Kırılma boyunca oluşan çizgi bir vida dislokasyonudur. Vida dislokasyonu etrafında bir atom aralığına eşit bir halkayı kapatmak için bir Burgers vektörü, b gereklidir.

- **Karışık Dislokasyon**

Vida ve kenar dislokasyonunun beraber bulunduğu haldir. Gerçekte dislokasyonlar kristalde karışık dislokasyonlar halindedir (Türemiş, 2011). Dislokasyon çizgisi, eğri seklindedir. Ön tarafta bulunan vida dislokasyonu, yan taraflara doğru yavaş yavaş kenar dislokasyonu özelliği kazanır (Aydemir, 2012).

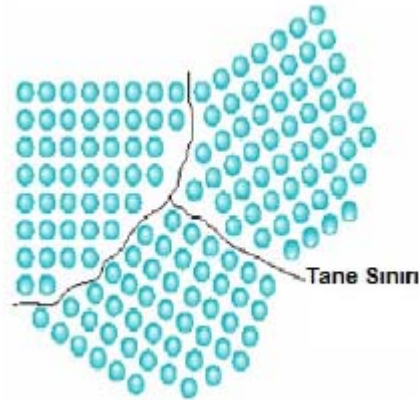


Şekil 2.13 Karışık Dislokasyon

2.4.3 Düzlemsel (Yüzeysel) Kusurlar

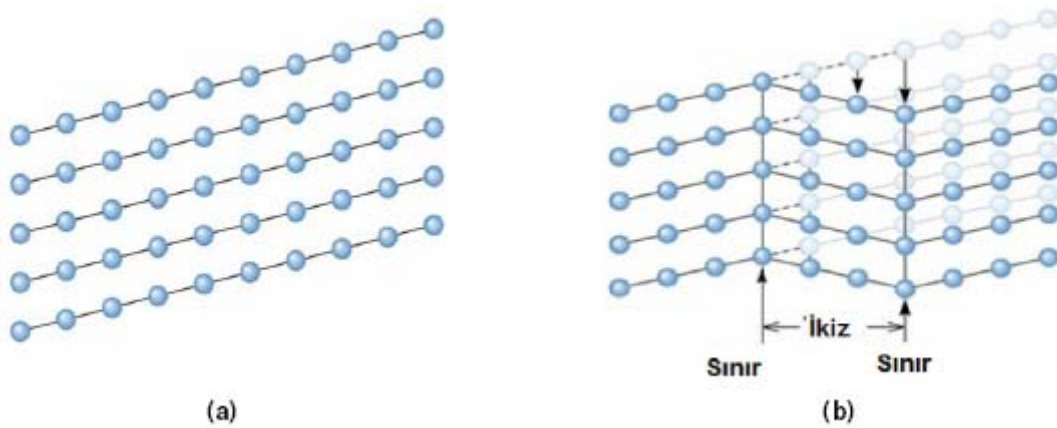
Yüzey hataları, malzemeleri bölgelere ayıran sınırlardır. Her bölge aynı kristal yapıya fakat farklı yönlenmeye sahiptir.

- **Tanecik Sınırı:** Tane, içerisinde atom dizilmelerinin özdeş olduğu malzemenin bir kısmıdır. Buna karşın atom diziliş yönlenmesi veya kristal yapı, her bitişik tane için farklıdır. Ancak her tane içinde kafes yapısı aynıdır fakat kafes yönlenmeleri farklıdır. Tane sınırı, bireysel taneleri birbirinden ayıran yüzeydir ve atomların düzgün yerleşmediği dar bir alandır. Tane sınırının bazı bölgelerinde birbirlerine çok yakın olan atomlar bir basma bölgesi oluştururken, diğer bölgedeki atomlar çok uzak kalarak, bir çekme bölgesine neden olurlar (url-6).



Şekil 2.14 Taneler arasındaki sınır

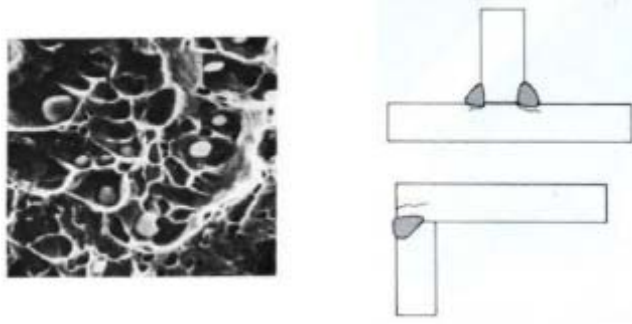
- **İkizleme sınırları:** İkizleme sınırı, kristal kafes yapısındaki atom düzenlerinin simetrik olarak farklı doğrultularda yönlenmesi sonucunda birbirinin ayna görüntüsü şeklinde oluşan iki bölge arasındaki düzlem olarak tanımlanır (Türemiş, 2011).



Şekil 2.15 (a) Kusursuz kristal (b) Kristalde burkulma ile oluşan ikizleme sınırları

2.4.4 Hacimsel Kusurlar

Hacimsel kusurların oluşması için gereken enerji miktarı oldukça fazladır. Bu kusurlar üç boyutlu olup, malzemenin üretimi sırasında ve malzemenin döküm, dövme gibi madde şekillendirmesi esnasında ortaya çıkar. Örnek olarak, döküm kusurlar, biçimlendirme, dövme kusurları ve kaynak kusurları verilebilir (Türemiş, 2011).



Şekil 2.16 Hacimsel kusurlar

2.5 Katılarda Enerji Bantları

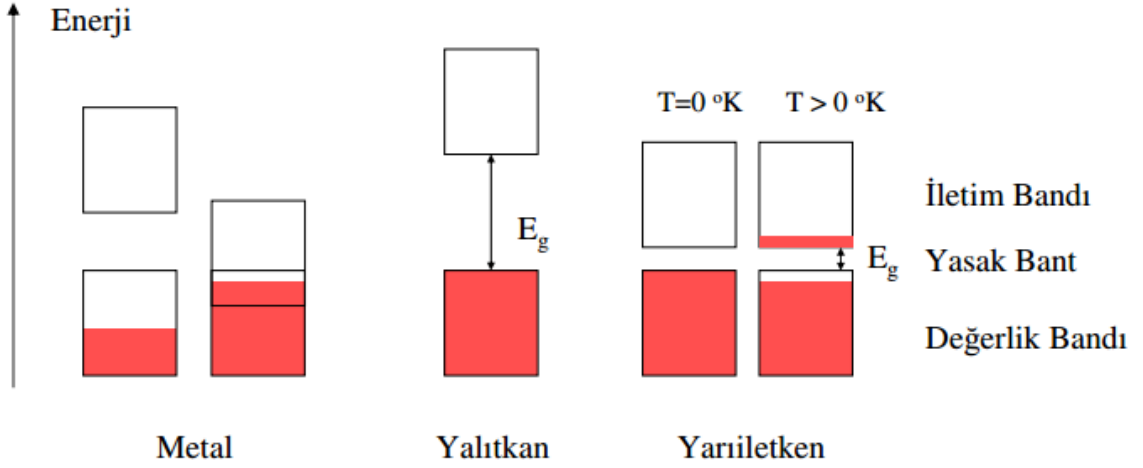
Yukarıda anlatıldığı gibi, bir araya gelen atomlar katıyı meydana getirirler. Katı içerisinde bulunan atomlar ve bunların çevresindeki elektronlar ise bu katıyı bir arada tutan en önemli etkenlerdendir. İzole edilmiş atomlar bir katıyı oluşturmak üzere bir araya geldiklerinde komşu atomlar arasında değişik etkileşimler meydana gelir. Atomlar arasındaki itme ve çekme kuvvetleri kristal için, uygun atomlar arası boşlukla, bir denge sağlar. Bu işlemde, elektron enerjisinde katıların birçok farklı cinsinin elektriksel özelliklerinde değişimle sonuçlanan önemli farklılıklar meydana gelir (Çetin, 2007).

Atomlar arasındaki mesafe azaltılırsa, dış elektronik yörüngeler üst üste gelmeye başlar ve artık atomlar bağımsız olarak düşünülemez. Uygun bir mesafede, yörüngelerin üst üste gelmesi daha büyük oranda olur ve bütün dış yörüngeler bir enerji bandı oluşturmak için birleşirler. Bu band yeteri kadar çok sayıda elektrona sahip olacaktır. Kristallerdeki elektronlar enerji bandlarında bulunurlar. Bu bandlar, elektronların bulunmadığı bölgelerle birbirinden ayrılır. Bu bölgeler enerji aralığı veya band aralığı olarak adlandırılır. En düşük boş banda iletkenlik bandı ve elektron seviyeleriyle doldurulmuş en yüksek banda değerlik bandı denir (Şekil 2.17).



Şekil 2.17 Katılarda enerji bant yapısı

Değerlik bandı, kristaldeki her bir atom tarafından verilen değerlik elektronlarının sayısı ve bant içinde mevcut olan elektron seviyeleri arasındaki orana bağlı olarak, tamamıyla veya kısmen dolu olabilir. Değerlik bandının doldurulması ve değerlik bandı ile iletkenlik bandı arasındaki enerji aralığının büyüklüğü, bir kristalin iletkenlik, yarıiletkenlik veya yalıtkanlık karakterini tanımlar (Şekil 2.18) (url-12).

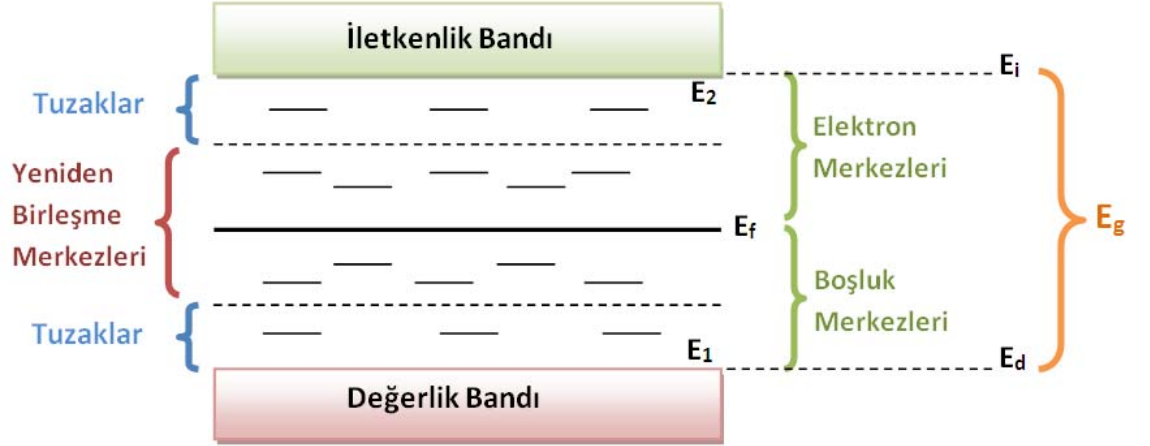


Şekil 2.18 Yalıtkan, Yarıiletken ve İletken malzemelerin enerji bant yapısı (url-13).

Aralarında E_g enerji aralığı (bandı) olarak isimlendirilen yasak enerji bölgesi bulunan, değerlik ve iletim bantları olarak isimlendirilen en yüksek iki enerji bandı bu açıdan bakıldığında oldukça önemlidir. Farklı katılarda değerlik bandı hemen hemen tam veya yarıya kadar elektronlarla dolu olabilirken, iletkenlik bandı asla çok az doluluktan öteye geçemez. Bu bantların doluluk miktarı ve enerji aralığının boyutu verilen bir katının doğasını belirler (Çetin, 2007).

Yarı iletkenler kristal yapıya sahiptirler. Yani atomları kübik kafes sistemi denilen belirli bir düzende sıralanmıştır. Bu tür yarı iletkenler, yukarıda belirtildiği gibi ısı, ışık, etkisi ve gerilim uygulanması ile belirli oranda iletken hale geçirildiği gibi, içlerine bazı özel maddeler katılarak da iletkenlikleri artırılmaktadır (url-11).

Genellikle, yalıtkanlar ve yarıiletkenlerdeki kusurların varlığı lüminesansa neden olan yeni optik soğurma bantları oluşturur. Bu yüzden malzemenin lüminesans özellikleri incelenerek, malzemede bulunan değişik tür kusurların özellikleri hakkında bazı yararlı bilgiler elde edilebilir (Çetin, 2007).

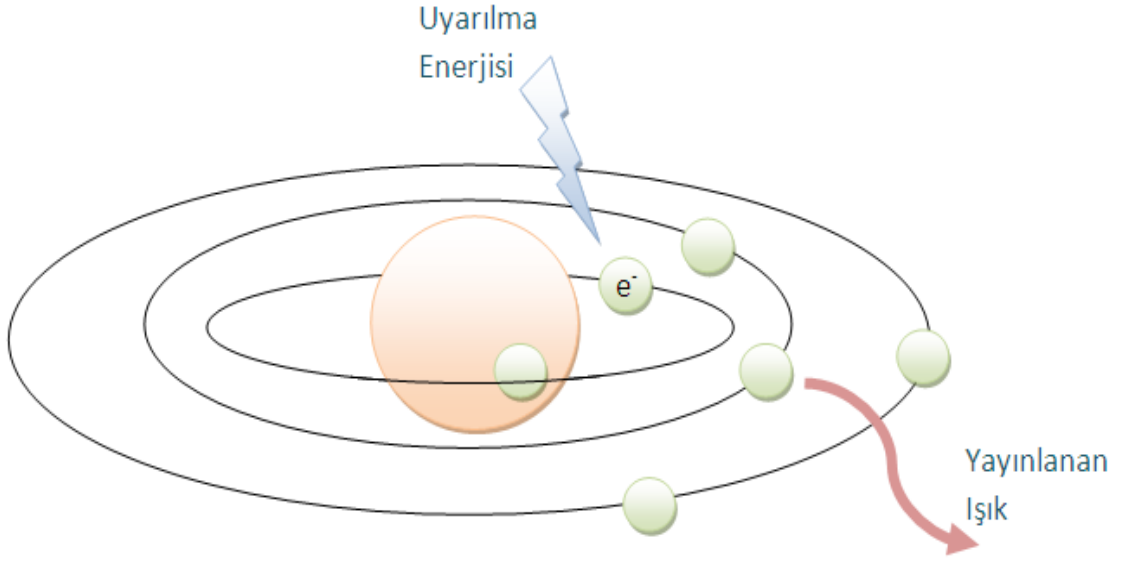


Şekil 2.19 Enerji bant yapısı ile elektron ve boşluk merkezleri

3. TEMEL KAVRAMLAR

3.1 Lüminesans Nedir?

Bir malzeme herhangi bir şekilde radyasyona maruz kaldığında, gelen enerjinin bir kısmı soğurulur ve daha uzun dalgaboylu bir ışık olarak geri yayılır (Stokes Kanunu). Bu işlem lüminesans olarak isimlendirilir. Yayınlanan ışığın dalgaboyu gelen radyasyona değil malzemeye özgüdür. (Kibar, 2007)

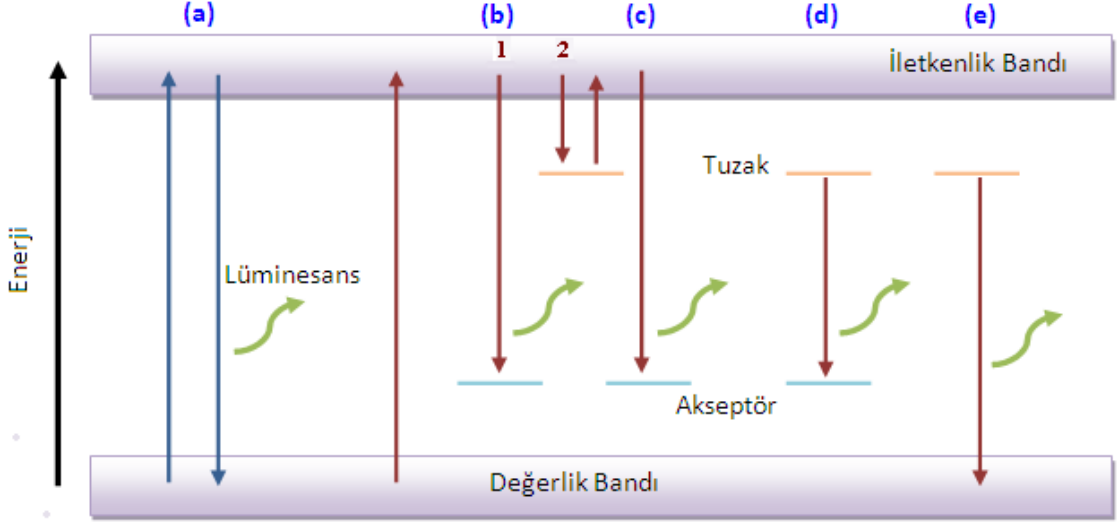


Şekil 3.1 Lüminesans oluşum şeması

Radyasyon ile ışınlama boyunca kristal örgüye aktarılan enerji kristaldeki elektronları uyaracak ve lüminesans merkezlerinde tuzaklanmasına sebep olacaktır. Bazı malzemelerde bulunabilecek olası lüminesans merkezleri:

- Geçiş metal iyonları (Mn^{+2} , Cr^{+3} , Fe^{+3} , ...)
- Nadir toprak elementleri (Tb^{+3} , Eu^{+3} , ...)
- Ağır metaller (Pb^{+2} , Tl^{+} , ...)
- Elektron-boşluk merkezleri (S_2^- , O_2^- , F – merkezleri)
- Dislokasyonlar, cluster, ...

Lüminesans merkezinin türüne ve bulunduğu konuma göre şekildeki gibi, farklı yollarla lüminesans oluşabilir (Şekil 3.2).



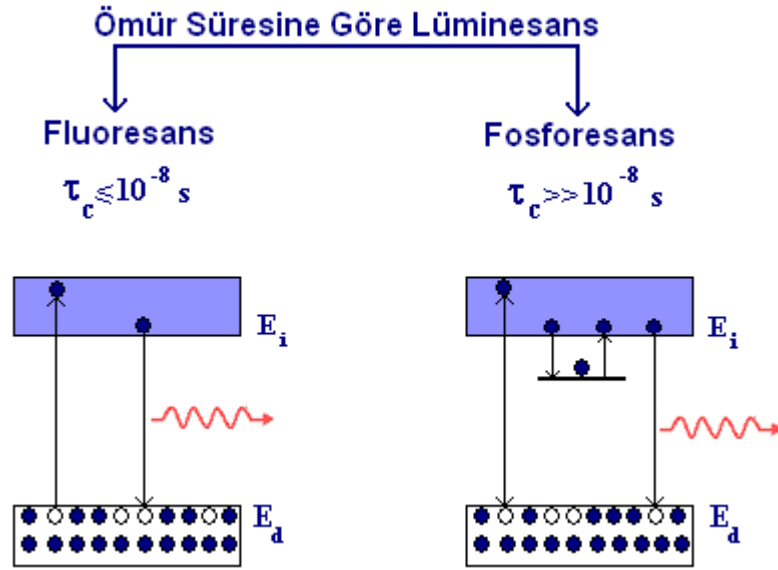
Şekil 3.2 Farklı yollarla oluşan lüminesans

- Uyarma enerjisinin soğurulması sonucunda elektronun önce iletkenlik sonra da değerlik bandına geçerken oluşan lüminesans
- Uyarılma enerjisinin 1 ve 2 durumlarından yeniden birleşme merkezleri (akseptör) seviyelerine geçişinde ışın yayınlanması
- Tuzak seviyelerinden iletkenlik bandına ve yine oradan yeniden birleşme merkezlerine (akseptörlere) geçişte ışın yayınlanması
- Tuzaklardan akseptörlere geçişte ışın yayınlanması
- Tuzaklardan direkt değerlik bandına geçiş ile oluşan lüminesans (Vij, 1998; Çetin, 2007)

Lüminesans işlemi özellikle malzeme içerisindeki elementlerin enerji seviyeleri hakkında bilgi vermektir. Bu bilgi sayesinde örneklerin kristal yapısı hakkında da bilgi edinilmektedir. Lüminesans geniş bir terimdir; atomların uyarıldığı metotlara ve uyarılan seviyelerin ömür sürelerine göre gruplandırılabilir.

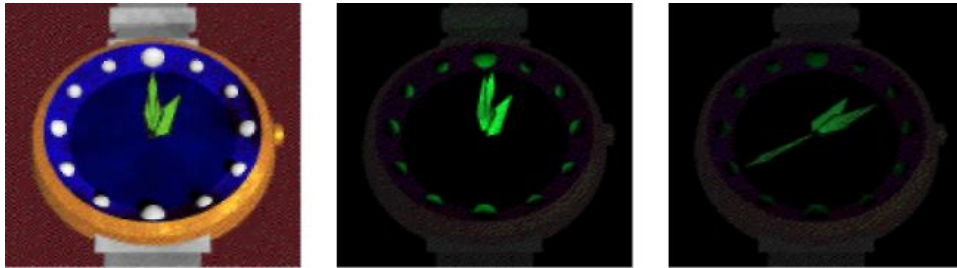
3.2 Ömür Sürelerine Göre Lüminesans Türleri

Lüminesans yayımlanması, uyarılma ardından yayımlanma ömrü olarak bilinen bir τ_c zamanda meydana gelir ve malzemeye özgüdür. Bu parametreye göre lüminesans iki alt sınıfa ayrılabilir: $\tau_c \leq 10^{-8}$ s ise "floresans" ve $\tau_c \gg 10^{-8}$ s ise "fosforesans" olur (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Fluoresans ve Fosforesans

Fluoresansta foton emisyonu uyarılmış bir seviyeden taban duruma olan direkt bir geçişten kaynaklanır ve 10^{-8} s veya daha kısa sürer. Fosforesansta ise uyarma durdurulduktan sonra lüminesansı dakikalar hatta saatler sürebilir (Şekil 3.4).



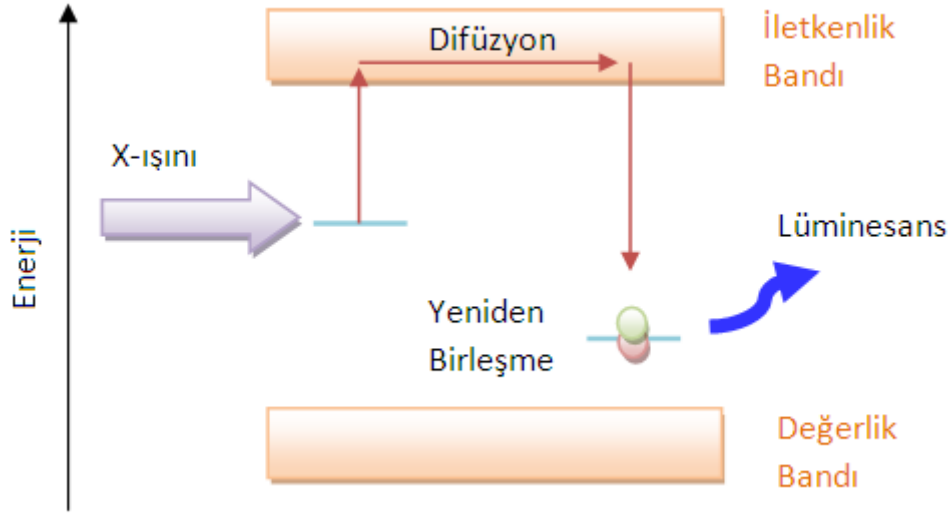
Şekil 3.4 Fosforesans olayına bir örnek

3.3 Uyarılma Şekillerine Göre Lüminesans Türleri

Radyolüminesans (RL): Uyarılma γ veya X ışını kaynağı kullanılarak sağlanıyorsa bu lüminesans türü radyolüminesans adını alır. Diğer lüminesans türlerinden farklı olarak radyolüminesansta deney boyunca uyarılma kesilmez. Radyolüminesansta gelen X ışını demeti tüm numuneyi ışınladığı için numunenin tamamı hakkında bilgi sağlar.

Foton kaynakları ve hızlı parçacıklarla oluşturulan bu olay katodolüminesans olayına benzemektedir. CL oluşturmak için kullanılan alfa ve beta parçacıklarına göre daha büyük nüfuz etme derinliğine sahiptir. (Çetin, 2007)

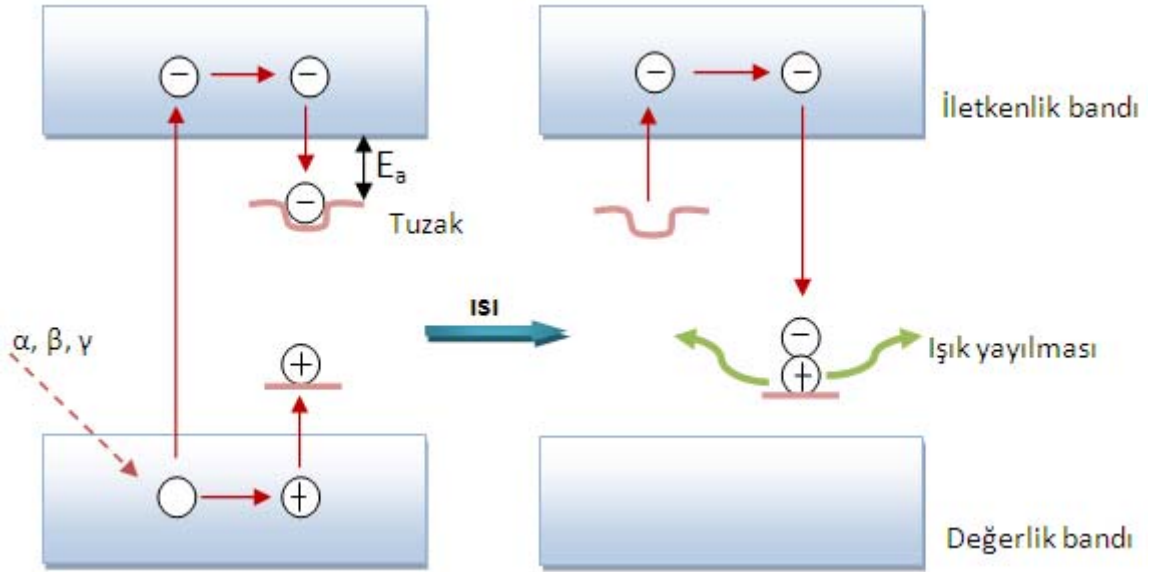
Malzemenin X-ışınları ile ışınlanması ile meydana gelen radyolüminesans, aynı zamanda Sr90 gibi bir radyoaktif kaynaktan yayınlanan betalar kullanılarak da elde edilebilir. (Kibar,2007)



Şekil 3.5 Radyolüminesans oluşum şeması

Şekil 3.5 de görüldüğü gibi X-ışınları ile uyarılan bir malzemedeki elektronların iletkenlik bandına geçmesi sağlanır ve iletkenlik bandına geçen elektron tekrar değerlik bandına geçerken bir ışıma yapar. Bu ışıma radyolüminesans adı verilir. Işıma yapan bu elektronlar sayesinde kristalin yapısı, bant aralığı, hangi dalga boylarında ışık yayınladığı gibi o kristale özgü bilgiler edinilebilir. Bu sayede kristal hakkındaki bilgiler şekillendirilir (Kibar, 2007).

Termolüminesans (TL): Radyasyona maruz kalmış ve bu enerjiyi soğurarak depolamış bir malzemenin ısıtma ile uyarılarak ışıma yapmasına Termolüminesans (TL) veya Termal Uyarılmalı Lüminesans(TSL) denir.

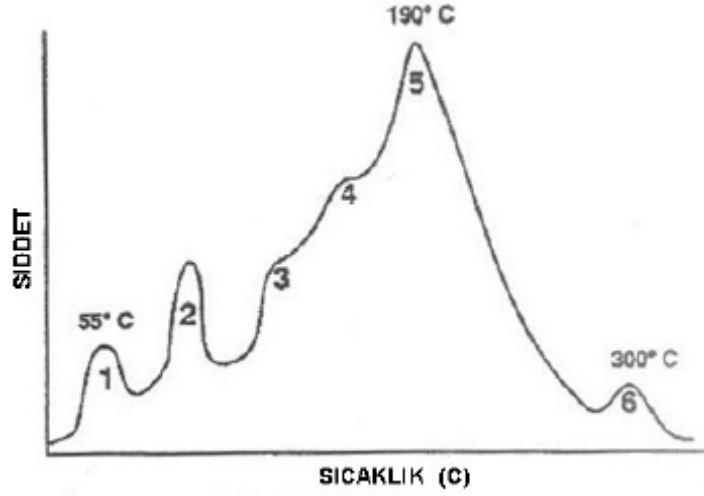


Şekil 3.6 Termolüminesans oluşum şeması

Yalıtkan ve yarı iletken maddeler içlerinde ve çevrelerinde bulunan uranyum (U), toryum (Th) ve potasyum (K) gibi radyoaktif elementlerin yaydığı alfa (α) ve beta (β) parçacıkları ile gama (γ) ışınları gibi radyasyonlar etkisiyle, enerji soğururlar. Yani radyasyona maruz kalan kristalin valans bandındaki elektron uyarılarak iletkenlik bandına geçer. İletkenlik bandında çok kısa bir süre kalıp iki band arasındaki yasak bölgede bulunan tuzaklar tarafından hapsedilir. Tuzaklanan bu taşıyıcı elektronlar eğer kristalin sıcaklığı sabit kalır yada azalırsa bu tuzaklardan kurtulamaz ve uzun süre burada kalabilir. Yasak bölgede bulunan bu tuzaklar ya kristalin kendi yapısından kaynaklanan hatalardır yada sonradan kristale sokulan safsızlıklardan kaynaklanır. Bu tuzaklarda hapsedilmiş elektronlar, tutulu kaldığı sürece depolanmış olan radyasyonu temsil eder. Eğer kristal ısıtılırsa tuzaklarda tutulan elektronlar tuzaklardan kurtularak iletkenlik bandına geçer oradan da valans bandına yani ilk konumuna dönerken ışık emisyonu yaparlar. Bu ışık emisyonuna "Termolüminesans" denir (Ishii v.d., 2004)

Tuzaklar ise farklı enerji değerlerinde bulunmaktadır. İletkenlik bandına olan uzaklığa göre bir isimlendirme yapılırsa, yakın tuzaklar sığ, uzak olanlar derin şeklinde ifade edilebilir. Tuzak derinliği önemli bir faktördür. Çünkü elektronun tuzakta kalma süresini belirlemektedir. Derin tuzakları boşaltmak için daha fazla enerjiye ihtiyaç vardır ve bu tür derin tuzaklar zaman süresince sığ tuzaklara göre çok daha kararlı yapıda olurlar (Vandenbergh 2004, Güneş 2009).

Eğer ışınım şiddetinin sıcaklığa veya zamana bağlı olarak grafiği çizilirse elde edilen eğri ışınım eğrisi olarak adlandırılır. Işınım eğrileri farklı enerji seviyelerindeki tuzaklara karşılık gelen birden fazla ışınım tepelerine sahip olabilir (Doğan, 2010). Eğrinin altındaki kısım malzemenin depoladığı radyasyonun miktarını verir.



Şekil 3.7 TL ışıma eğrisi

Şekil 3.7 de numaralandırılmış pikler birbirinden farklı özellikteki tuzakları ve doz miktarlarını temsil eder. 1 ve 2 numaralı pikler derin olmayan tuzakların hapsedtiği radyasyon miktarını, 3,4 ve 5 numaralı pikler biraz daha derin ve en fazla dozun hap solunduğu tuzakları gösterir. 6 numaralı pik ise en derin tuzağın hapsedtiği dozu belirtir.(Keser, 2005)

Aynı zamanda TL ışıma eğrisinin şekli kullanılan ısıtma hızına da bağlıdır. Isıtma işleminin sonunda örnek hızlı bir şekilde soğutulur (Akın, 2009) (Yüksel, 2008).

Genelde termolüminesans olarak adlandırılan termal uyarmalı lüminesans, yaygın olarak yarıiletken malzemelerdeki ve yalıtkanlardaki kusurları çalışmak için kullanışlı ve güvenilir bir teknik olarak kabul edilir (Cruz v.d., 2005).

Optiksel olarak uyarılmış lüminesans (OSL): Radyasyona maruz kalmış malzemenin UV (mor ötesi) veya IR (kızılötesi) ışık ile uyarılmasıyla elde edilen lüminesanstır. Malzeme, ışığa maruz kaldığında, ışınlama sonucu oluşan tuzaklanmış elektronlar serbest kalırlar.

Fotolüminesans (PL): malzemenin optik veya mor ötesi ısı ile uyarılmasıyla elde edilen ışıma seklidir. Malzemenin ışık ile etkileşmesi sonucu meydana gelen fotolüminesans, gelen ışık demeti sayesinde oluşan elektron-boşluk çiftlerinin yeniden birleşmesi ile meydana gelir. Yüksek uyarma enerjilerine sahip CL ile karşılaştırıldığında fotolüminesans daha küçük enerjilere ve lüminesans şiddetine sahiptir. CL sistemindeki elektron enerjisi 20 keV e kadar çıkabilirken, bir UV lambasından elde edilen foton enerjileri 2-5 eV civarındadır. Malzemedeki belli kusur bölgelerini uyarmak için kullanılan fotolüminesans, bu özelliğinden dolayı CL tan elde edilen sinyallerin bir alt kümesi olan spektrumu oluşturur (Kibar, 2007).

Katodoluminesans (CL): Uyarılmanın bir elektron demeti (katot ışınları) kullanılarak gerçekleştirildiği lüminesans türüdür. Diğer uyarılma metotlarından farklı olarak, katot ışınları malzemenin belirli bölgesinde tüm kristal örgüyü bozabilir.

Elektrolüminesans (EL): Malzemenin bir elektrik alana maruz kalmasıyla meydana gelir. Katı, sıvı, veya gaz malzemeye bir elektrik alan uygulanmasıyla malzeme içindeki elektronlar uyarılma enerjisine kadar hızlandırılabilir. Elektrik alanının neden olduğu elektrolüminesans olayına dayanılarak, modern floresans tüplerinin çalışma prensibi, elektrik boşalması nedeniyle fosforların içinde ışığın yayılması olayının geliştirilmesine dayanır (Can, 1995; Ege, 2002).

Triboluminesans: Tribo kelimesi Yunanca bir kelimedir ve sürtmek, ovalamak anlamındadır. Kırılarak, esnetilerek veya kopararak ayrılan yüzeylerde, ayrılan yüzeyler arasında ince hava tabakası içinde iki yüzey üzerinde zıt yüklerin üretilmesi nedeniyle bir elektrik boşalması oluşur. Malzemenin parçalanması yöntemi içinde, harcanan mekanik enerji uyarılma enerjisini sağlar ve karanlık içinde gözlenebilen bir kızarıklığa neden olabilir. Bu ilsem "triboluminesans" olarak bilinir. Bazı yapışkan bantların, karanlık içinde atmosfer azotunun içinde elektrik boşalması nedeniyle mavi bir ışık yayması buna bir örnektir (Kibar, 2007).

Biyoluminesans: Yasayan veya ölü doğal organik maddelerin lüminesansı kimyasal lüminesans kategorisine girmektedir. Bu süreçte, maddenin havadaki oksijen veya su ile kimyasal reaksiyonu uyarılma için gerekli olan enerjiyi sağlayacaktır.

Sonoluminesans: Yüksek frekanslı ses dalgaları veya fononlarla uyarılmanın gerçekleştiği lüminesans türüdür.

4. SİTRİN



Şekil 4.1 Doğal sitrin kristali

Ametist, sitrin ve dumanlı kuartz demir içeren doğal kuartz çeşitlerindedir. Fe^{3+} merkezli Al^{3+} merkezli ile aynıdır, ancak demir kuartzın içinde Fe^{2+} veya Fe^{4+} olarak da bulunabilir (Weil, 1984). Doğal olarak nadir bulunan bir kuvars çeşidi olan sitrinin renginin kaynağı yapısındaki demir katışıkları; hematit (Fe_2O_3) veya limonittir ($FeO(OH).nH_2O$). Ticari kullanımdaki sitrinlerin çoğu aslında suni olarak fırınlanmış ametist veya dumanlı kuvarstır. Bu şekilde suni olarak üretilmiş olan sitrinlerin rengi, genellikle açık/soluk sarı renginde olan doğal sitrinlerden farklı olarak, daha çok turuncu veya kırmızımsıdır. Doğal sitrinin en büyük ve önemli üreticisi ise Brezilya'dır.

Özgül ağırlığı $2,65 \text{ g/cm}^3$, sertliği 7 olan kuvarsa doğada çok rastlanır. Heksagonal sistemde kristalleşen kuvars, doğada kristal ya da amorf halde bulunabilir. İçindeki yabancı maddelerin cins ve miktarına göre, saydam, renkli, ya da yarı saydam durumdadır. Kumlarda bolca bulunan kuvarsin saf olmayanları içinde demir vardır. Beyaz kum olarak bilinen oldukça saf kuvarslar camcılıkta kullanılır.

Çizelge 4.1 Sitrinin Özellikleri

Kimyasal Özellikleri	
Formül	SiO ₂
Element	Si, O
Genel safsızlıklar	Fe, Ti, Mn, Al,...
Fiziksel Özellikleri	
Parlaklık	Camsı
Geçirgenlik	Geçirgen
Renk	Renksiz, Mor, Pembe, Siyah, Sarı, Kahverengi, Yeşil, Turuncu,...
Sertlik	7
Optik Özellikleri	
Türü	Tek eksenli (+)
RI değerleri	$n_{\infty} = 1.543 - 1.545$ $n_e = 1.552 - 1.554$
Çift kırılım	$\delta = 0.009$ 
Yüzey kabarıklığı	Düşük
Kristal Yapısı	
Kristal sistemi	Trigonal
Örgü parametreleri	$a = 4.9133\text{Å}$, $c = 5.4053\text{Å}$
Oran	$a:c = 1 : 1.1$
Birim hücre hacmi	$V=113.00 \text{Å}^3$

5. DENEYSEL SİSTEMLER

5.1 OPTİK SOĞURMA SİSTEMİ

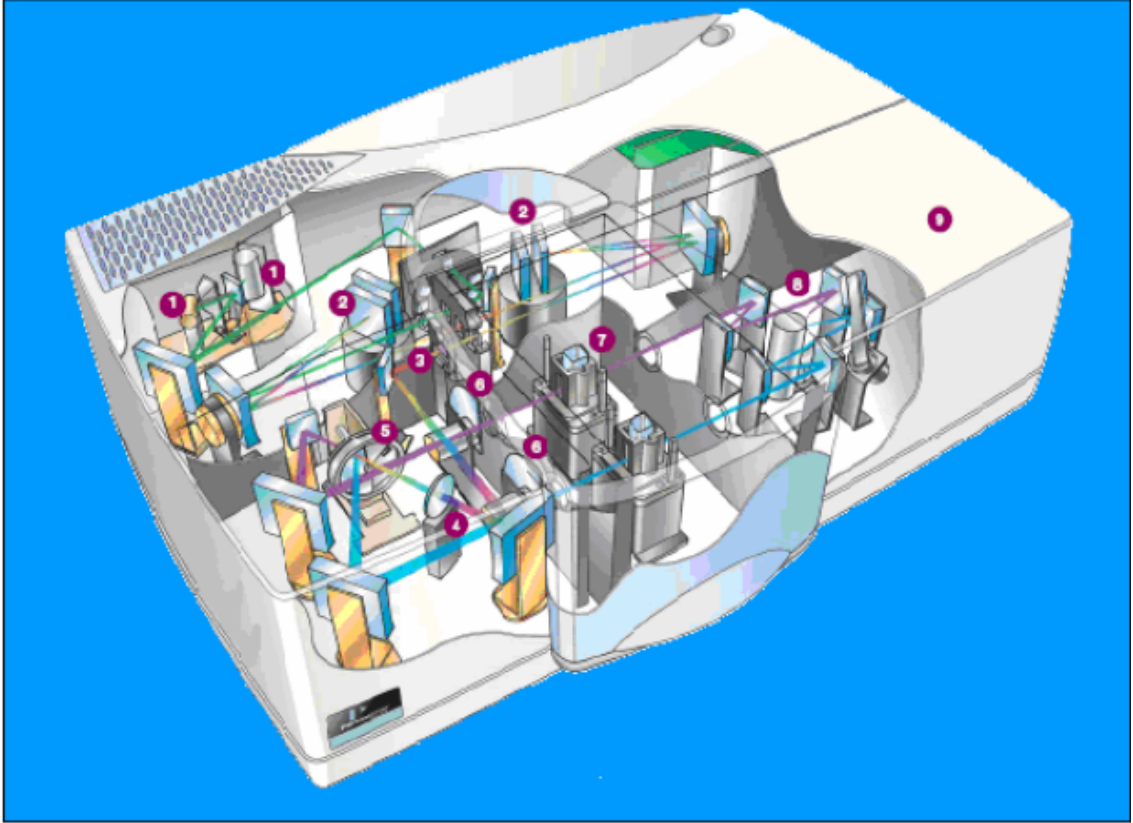
TBAG-2324 (103T048) nolu proje kapsamında TÜBİTAK desteği ile alınan Perkin Elmer Lambda 950 UV-VIS-NIR spektrofotometresi ile farklı malzemelerin optik özellikleri incelenebilmektedir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Celal Bayar Üniversitesi Lüminesans Araştırma Laboratuvarında bulunan Perkin Elmer Lambda 950 UV/VIS/NIR Spektrofotometre Sistemi

Lambda 950 spektrofotometre sistemi 175 nm den 3300 nm ye kadar olan UV/VIS/NIR dalgaboyu aralığında ölçüm yapma olanağı sağlayan bir sistemdir. Bu amaçla sistemde döteryum ve tungsten- halojen lambalardan oluşan iki adet ışık kaynağı (Şekil 5.2 de 1) ve UV/VIS için 240 nm 1440 çizgi/nm ve NIR için 1100 nm de 360 çizgi/mm kırınım ağına sahip iki monokromatör mevcuttur. Şekil de görüldüğü gibi lambalardan çıkan ısıık demeti ayna sistemi ile monokromatöre gelir (Şekil 5.2 de 2-3). Böylece demetin dalgaboyu belirlenir. Ardından monokromatörden çıkan ısıık demeti yine ayna sistemi yardımıyla depolarizöre aktarılır (Şekil 5.2 de 4). Lambda 950 spektrometresi kristaller ve lazer uygulamalarında kullanılacak materyaller için polarizasyona bağılı geçirgenlik ve yansıtma ölçümleri alabileceği gibi, polarizasyondan bağımsız ölçümler için depolarize sisteminin kullanılması gerekmektedir. Depolarizörden çıkan ışık demeti demet kesiciye (chopper) gelir (Şekil 5.2 de 5). Demet kesici 47 Hz lik bir frekansla dönen, yansıtıcı ve geçirici kısımları olan ve dört parçalı olarak dizayn edilmiş bir diskdir. Bu parça sayesinde ışık demeti spektrometre içindeki örnek ve referans odalarından ayrı ayrı geçecek şekilde yansıtılır ya da geçirilir yani örnek ile referans arasında bir anahtar görevi yapmaktadır. Şekil 5.2 de 6 ile gösterilen parça yüksek soğurma özelliğine

sahiptir, örneklerde daha hassas ve doğru ölçüm yapabilmek için kullanılır. Bu örnek ve referans demetini azaltma özelliğine sahiptir. Bu şekilde, ölçüm aralığındaki her dalgaboyu için, ışık demeti Şekil 5.2 de 7 ile gösterilen referans ve örnek odalarından geçerek detektöre ulaşır. Sistemde detektör olarak UV/VIS aralığı için R6872 fotoçoğaltıcı tübü ve NIR için Peltier soğutuculu PbS detektörü bulunmaktadır (Şekil 5.2 de 8). 185 nm altında ölçüm yapabilmek için N₂ soğutması gerekmektedir. Detektörde her dalgaboyu için referans ve örnek odalarından geçen ışığın karşılaştırılması ölçümü elde edilir. Şekil 5.2 de 9 ile gösterildiği gibi, sisteme ikinci bir örnek odası daha yerleştirme imkanı vardır. Toplam ve difüz geçirgenlik ölçümü yapmayı sağlamanın yanı sıra içerdiği 60 mm veya 150 mm lik küre ile son derece yüksek kararlılıkta yansımaya ölçümleri yapmayı sağlamaktadır.



Şekil 5.2 Perkin Elmer Lambda 950 Spektrofotometre Sisteminin iç yapısını şematik gösterimi

Çizelge 5.1 Perkin Elmer Lambda 950 UV/VIS/NIR Spektrofotometre Sisteminin teknik özellikleri

Teknik Özellik	Açıklama
Optik Sistem	Hepsi SiO ₂ ile kaplanmış yansıtıcı optik sistemlerden oluşmaktadır. UV/VIS için 240 nm 1440 çizgi/nm ve NIR için 1100 nm de 360 çizgi/mm kırınım ağına sahip iki monokromatör bulunmaktadır.
Demet Ayırma Sistemi	Kesici (Chopper) (46 Hz, Devir:Karanlık/Örnek/Karanlık)
Detektör	Tüm UV/VIS dalgaboyu aralığında yüksek enerji için R6872 Fotoçoğaltıcı tüp ve NIR için Peltier soğutuculu PbS dedektör.
Kaynak	Önceden hizalanmış Tungsten-halojen ve döteryum lamba
Dalgaboyu aralığı	175-3300 nm (185 nm nin altında sıvı azot (N ₂) soğutması gereklidir).
Ayırma Gücü	UV/VIS için ≤ 0.05 nm NIR için ≤ 0.20 nm
Dalgaboyu doğruluğu	+/- 0.08 nm UV/VIS +/- 0.30 nm NIR
Dalgaboyu Tekrarlanabilirliği	UV/VIS (Döteryum Lamba Çizgileri) ≤ 0.020 nm NIR (Döteryum Lamba Çizgileri) ≤ 0.080 nm UV/VIS için 10 ölçümün standart sapması: ≤ 0.005 nm NIR için 10 ölçümün standart sapması: ≤ 0.020 nm
Fotometrik Ekran	Sınırsız
Bant Geçirici	UV/VIS aralığında 0.01 nm lik artışlarla 0.05 nm- 5.00 nm NIR aralığında 0.04 nm lik artışlarla 0.20 nm- 20.00 nm
Çalışma Sıcaklığı	10-35 °C

5.2 RADYOLÜMİNESANS SİSTEMİ



Şekil 5.3 Celal Bayar Üniversitesi Lüminesans Araştırma Laboratuvarında bulunan Radyolüminesans Sisteminin genel görünüşü

Jobin Yvon TRIAX 552 spektrometre, örnek odası, vakum sistemi ve X-ışını ünitesinin birleştirilmesi ile kurulan RL sisteminin genel bir görüntüsü Şekil 5.3 de görülmektedir. RL spektrumu alınacak örnek 15x15x15 cm³ boyutlarında alüminyumdan yapılmış, her bir yüzünde 8 cm çapında delikler bulunan küp şeklindeki örnek odasındaki örnek taşıyıcıya yerleştirilir (Kibar, 2007).



Şekil 5.4 Örnek odasının genel görünümü



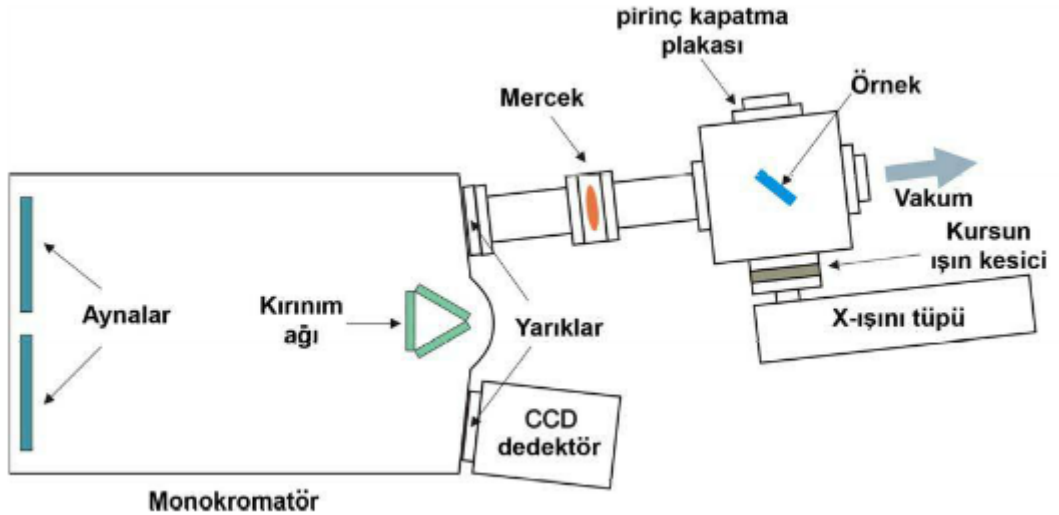
Şekil 5.5 X ışını kontrol ünitesi

Örnek odası X-ışını tüpünden gelen radyasyonu kabul edilebilir doz seviyesine düşürmek için yeterince kalın alüminyum malzemeden imal edilmiştir. X-ışınının örnek odasına geldiği pencereye yerleştirilen özel bir sistem sayesinde X-ışını, sistem kapatılmadan istenildiği zaman kesilmektedir (Kibar, 2007).

Örnekleri ışınlamak için, su soğutmalı, tek fazlı, 0,1 mm alüminyum filtre ve 1 mm berilyum pencereye sahip, tungsten hedef içeren Machlett OEG-50A X-ışını tüpü kullanılmaktadır. Maksimum 50 kV hızlandırma gerilimi ve 20 mA akım uygulanabilen bu tüp için, hem olası elektriksel boşalımla tüpe zarar vermemek hem de güvenli çalışma doz seviyesini asmamak amacıyla, bu çalışma sırasında 30 kV ve 15 mA değerleri seçilmiştir. Bu değerler ile elde edilen doz hızı (10 cm uzakta) ~30 Gy/dak dır. X-ışını tüpünün önüne bir kurşun blok yerleştirilmiştir. Bu herhangi bir şekilde tüpün açık unutulduğu bir anda özellikle numune değiştirirken deneyi yapan kişinin radyasyon almasını önlemek amacıyla son derece yararlı olmaktadır. Ayrıca diğer bir güvenlik sistemi, eğer suyun akış hızı dakikada 4 litreden daha az bir seviyeye inerse sistem gücünü otomatik olarak kesmekte ve X-ışını ünitesi çalışmamaktadır.

X-ışını ile ışınlanan örnekten yayınlanan ışık Jobin Yvon TRIAX 552 spektrometresi sayesinde incelenmektedir. Söz konusu bu ışığı spektrometrenin giriş yarığına (0,1-2 mm) düşürmek için bir optik sistem tasarlanmıştır. Bu sistemin bir ucuna, vakum yapılmasını sağlamak amacıyla, bir silika pencere, ortasına da 10 cm odak uzaklıklı bir silika mercek yerleştirilmiştir. Bu mercek sayesinde örnekten gelen ışımının giriş yarığı üzerine odaklanması sağlanmıştır. Burada kullanılan mercek ve pencerenin silika seçilmesinin sebebi ışımının minimum kayıpla iletilmesini sağlamak ve burada başka bir ışımının olmasını engellemektir.

Yarıklardan geçen ışık CCD dedektörlü bir spektrometre ile analiz edilmektedir. Maksimum verim ile çalıştığı dalgaboyu aralığı 200-1200 nm olan bu dedektör sıvı azot sıcaklığında kullanılmaktadır. Dışarıdan gelen gürültüyü de azaltabilmek amacı ile ölçümler karanlık bir ortamda yapılmaktadır.



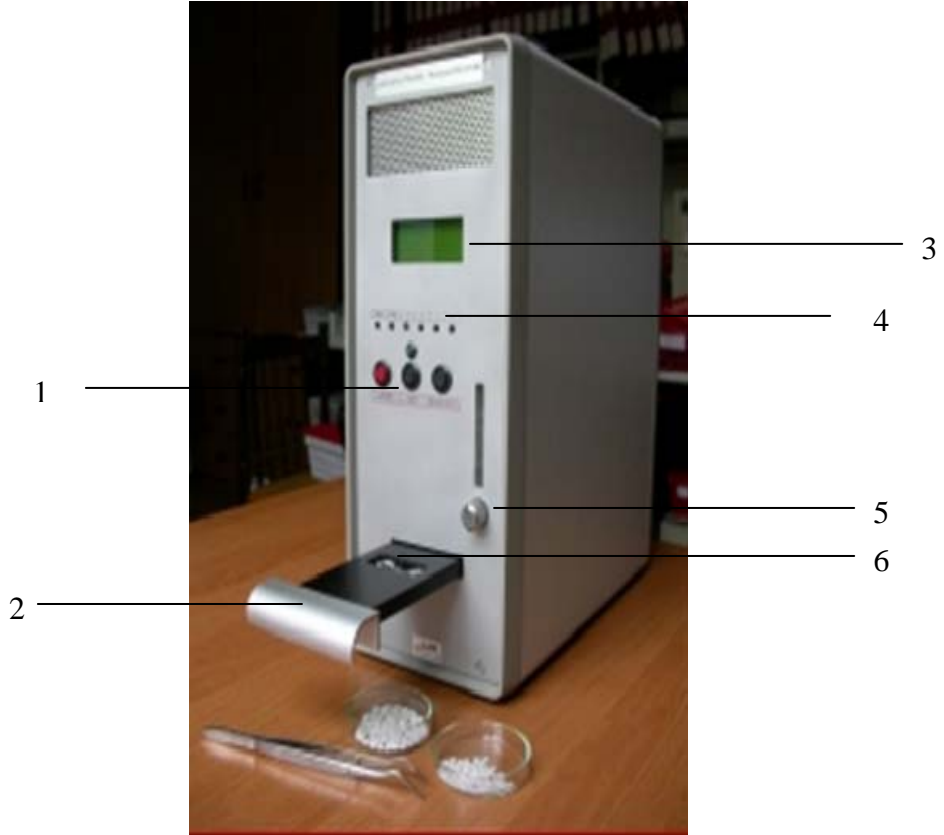
Şekil 5.6 RL Sisteminin Ayrıntılı Şeması

Şekil 5.6 da RL sisteminin ayrıntılı şeması verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere numune odası ve monokromatör arasında, numuneden gelen ışığı en yüksek şiddette monokromatörün içindeki aynalara götürmek için bir ara tüp içerisinde merceklerden oluşmuş bir optik sistem kurulmuştur (Keser, 2005).

CCD detektörden alınan veriler "SpectraMax32 Instrument Control/Data Acquisition" isimli bir program sayesinde spektrum halinde bilgisayarda görülebilmektedir. Dalgaboyu ile lüminesans şiddeti arasında çizilen bu spektruma ait veriler AXUM grafik programı ile düzenlenebilmektedir (Kibar, 2007).

5.3 TLD READER-ANALYSER

RA'94 TLD Reader-Analyser (Şekil 5.7) TL dozimetredeki incelemeler için kullanılan çok yönlü ve modern bir araçtır. Bu araç ya kendi mikroişlemcisi ile kontrol edilerek tek başına ya da bir bilgisayar sayesinde çalıştırılabilir. Tüm verileri gösterebilir ve dijital formda bir çıktı sağlayabilir. Böylece RA94 TLD Reader-Analyser orta ölçekli bir radyasyon koruma laboratuvarındaki rutin işlemler için veya TL etkilerinin bilgisayar destekli analizleri için kullanılabilir.



Şekil 5.7. RA'94 TLD Reader-Analyser Sistemi

1. Kontrol düğmeleri
2. Isıtma levhası, kontrol ısı kaynağı ve ısıtma güç birimi içeren çekmece.
3. LCD 4 haneli ekran
4. Mod kontrolü ve programlama anahtarları
5. İnert gaz akışı ayarları için kullanılan rotametre
6. Ölçüm alınacak numunenin konulduğu numune ısıtma levhası.

5.3.1 TLD Reader-Analyser Sisteminin Çalışma Prensibi

- RA94 TLD Reader-Analyser farklı fosforlardaki TL olaylarının incelenmesi ve toz veya küçük pellet şeklindeki bilinen tüm TL malzemeleri ile radyasyon dozunun ölçümü için dizayn edilmiştir. Bunların üstesinden gelmek için RA94 TLD Reader-Analyser ya el ile kontrol edilerek READER olarak ya da bir bilgisayarla birlikte programlanmış kontrol parametreleri ile READER-ANALYSER olarak çalıştırılabilir. Isıtılan TL malzemelerinden çıkan ışık sinyali uygun bir şekilde seçilmiş PM ile ölçülür. PM in çıkış akımı akım-puls dönüştürücüsünde standart pulslara dönüştürülür.
- READER modunda TL malzemelerinin özel bir ısıtma sistemi uygulanır ve bu şekilde ısıtma sıcaklığı üç farklı adımda arttırılır. Bu sistemin amacı sadece seçilen bir sıcaklıktaki TL sinyalini okumak ve başlangıçta daha sonraki kullanım için TL malzemesini hazırlamaktır. Her bir adımdaki sıcaklık ve zaman önce LiF:Mg,Ti için programlanır. TL sonucu (puls sayısı) ve sıcaklık sistemin ön kısmında bulunan LCD ekranda görülür ve paralel CENTRONICS çıkışı ile doğrudan bir yazıcıya veya RS232 seri zaman uyumsuz bir ara birim sayesinde bir PC bilgisayara gönderilebilir.
- Sisteme yerleştirilmiş olan kalibrasyon ışık kaynağı sistemin hassasiyetini kolayca ve otomatik olarak sabit bir seviyeye ayarlama imkanı sağlar.
- ANALYSER modunda ısıtma levhasının sıcaklığı önceden programlanmış bir hızla lineer olarak artar veya operatör ile ayarlanır ve sayısal hale getirilen ışımaya eğrisi bilgisayara kaydedilir. Pulsların toplam sayısı ve sıcaklık LCD ekranda da görülür.
- Sistem termoelektrik sistemin hassasiyetinin kararlılığını sağlamak için bir soğutucu, TL malzemelerinin düşük şiddetli sinyalleri için inert gaz akış devresi ve karanlık akımı azaltmak için otomatik olarak kontrol edilen PM karanlık akım kompensasyonu içermektedir.

- Isıtma levhaları için kullanılan özel bir platin alaşım çoklu ısıtma devrelerinden sonra kararmaz.
- Yüksek hassasiyetli düşük TL şiddetlerinin ölçülmesi için, %0.1 den daha az oksijen içeren sıkıştırılmış inert gaz (nitrojen veya argon) tüpü gerekir.
- RA94 TLD Reader-Analyser ın eşsiz özelliği ölçülen TL şiddetine karşılık değişebilir akustik bir sinyal üretilmesidir. Bu özellik özel uygulamalar için önemli bir amaç olduğunu kanıtlar.

5.3.2 Temel Özellikleri

- 1. Duyarlık:** Referans ısı kaynağı ile programlanabilir
- 2. Hassasiyet:** \pm %2 S.D. (bir pelletin multiple sonucu için)
- 3. Kararlılığı:** 8 saat çalışması boyunca \pm %2 den daha iyi
- 4. Okuma zamanı:** READER modunda : 3-180 s
ANALYSER modunda : 25-4000 s
XREADER modunda : max toplam zaman 45 s
- 5. Üç Adımlı Isıtma:** 20-400 °C arasında ayarlanabilir sıcaklıklar
Her bir döngü zamanı 1-60 s arasındadır.
- 6. Max. Isıtma Sıcaklığı:** 400 °C ye kadar ayarlanabilir.
- 7. Lineer Isıtma Hızı:** Saniyede 0.5-10 (6) °C arasında ayarlanabilir.
- 8. Veri Çıkışı:** LCD ekran
Paralel CENTRONICS çıkış (yazıcıya)
Seri RS-232 (bilgisayara)
- 9. Ölçüm Aralığı:** Elle ayarlanabilir modda 7...
- 10. Yüksek Güç Kaynağı:** Otomatik ayarlama
- 11. Isıtma Levhası:** Dayanıklı ve sağlam platin alaşım
- 12. TL Dedektör Büyüklüğü:** 12 mm den küçük
- 13. Güç Kaynağı Gerilimi:** 230 V / 60 Hz
- 14. Güç Tüketimi:** max 0 V A
- 15. Ortam Sıcaklığı:** 10-28 °C
- 16. Boyutları:** 365x155x372 mm
- 17. Ağırlığı:** Yaklaşık olarak 14 kg.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada incelenen doğal sitrin minerali Brezilya'dan çıkarılmıştır. Numunenin hem optik özellikleri incelenmiş, hem de termoluminesans ve radyoluminesans spektrumları alınmıştır. Tüm ölçümler sonucunda elde edilen veriler, AXUM grafik programı yardımıyla grafik haline getirilmiştir.

Malzemelerin Kanada-ALS Minerals laboratuvarında yapılan element analiz sonuçları aşağıdaki çizelgede verildiği gibidir.

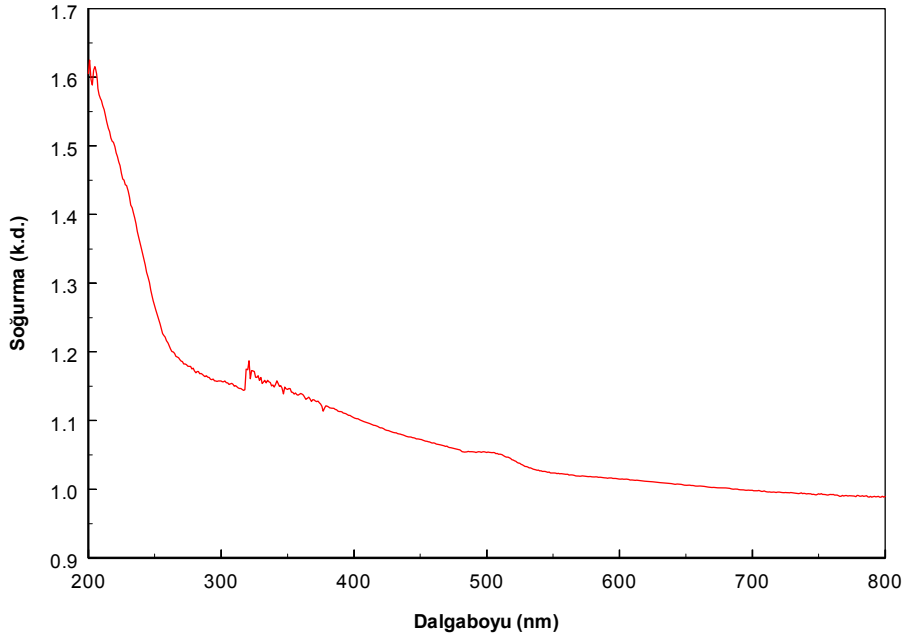
Çizelge 6.1 Sitrin örneğinin element analiz sonuçları

Element	Yöntem	ppm	Element	Yöntem	ppm
Ag	ME-ICP61	<0,5	Zn	ME-ICP61	<2
Al	ME-ICP61	0,01	Ba	ME-MS81	<0,5
As	ME-ICP61	<5	Ce	ME-MS81	3
Ba	ME-ICP61	<10	Cr	ME-MS81	<10
Be	ME-ICP61	<0,5	Cs	ME-MS81	<0,01
Bi	ME-ICP61	<2	Dy	ME-MS81	<0,05
Ca	ME-ICP61	0,01	Er	ME-MS81	<0,03
Cd	ME-ICP61	<0,5	Eu	ME-MS81	<0,03
Co	ME-ICP61	<1	Ga	ME-MS81	0,2
Cr	ME-ICP61	3	Gd	ME-MS81	<0,05
Cu	ME-ICP61	2	Hf	ME-MS81	<0,2
Fe	ME-ICP61	0,04	Ho	ME-MS81	<0,01
Ga	ME-ICP61	<10	La	ME-MS81	0,5
K	ME-ICP61	<0,01	Lu	ME-MS81	<0,01
La	ME-ICP61	<10	Nb	ME-MS81	<0,2
Mg	ME-ICP61	<0,01	Nd	ME-MS81	<0,1
Mn	ME-ICP61	238	Pr	ME-MS81	<0,03
Mo	ME-ICP61	<1	Rb	ME-MS81	0,2
Na	ME-ICP61	0,01	Sm	ME-MS81	<0,03
Ni	ME-ICP61	<1	Sn	ME-MS81	<1
P	ME-ICP61	10	Sr	ME-MS81	0,3
Pb	ME-ICP61	13	Ta	ME-MS81	<0,1
S	ME-ICP61	0,01	Tb	ME-MS81	<0,01
Sb	ME-ICP61	<5	Th	ME-MS81	<0,05
Sc	ME-ICP61	<1	Tl	ME-MS81	<0,5
Sr	ME-ICP61	1	Tm	ME-MS81	<0,01
Th	ME-ICP61	<20	U	ME-MS81	<0,05
Ti	ME-ICP61	<0,01	V	ME-MS81	<5
Tl	ME-ICP61	<10	W	ME-MS81	<1
U	ME-ICP61	<10	Y	ME-MS81	<0,5
V	ME-ICP61	1	Yb	ME-MS81	<0,03
W	ME-ICP61	<10	Zr	ME-MS81	<20

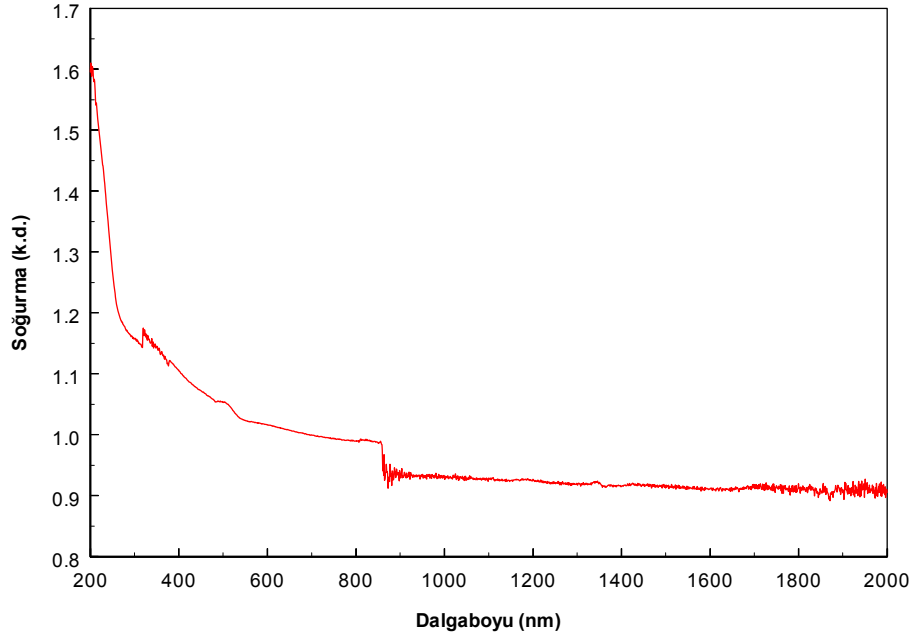
6.1 Optik Soğurma Ölçümleri

Sitrin numunesinin 200-800 ve 200-2000 nm aralığındaki optik soğurma spektrumları Celal Bayar Üniversitesi Lüminesans Araştırma Laboratuvarında bulunan Perkin-Elmer Lambda 950 UV/VIS/NIR spektrofotometre sistemi ile oda sıcaklığında alınmıştır.

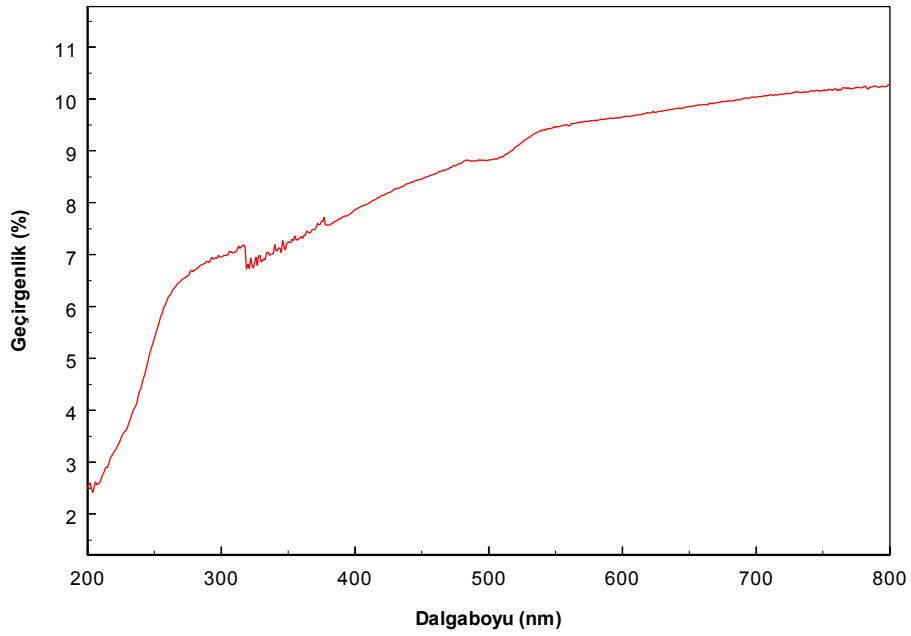
Şekil 6.1 de sitrinin soğurma spektrumu görülmektedir. 322 nm ve 506 nm de iki soğurma piki bulunmaktadır. Şekil 6.2 de 200-2000 nm arası soğurma spektrumunda görüldüğü gibi yakın kızılötesi bölgede sitrinin soğurma değerleri birden düşmektedir.



Şekil 6.1 Sitrinin 200-800 nm arası soğurma spektrumu



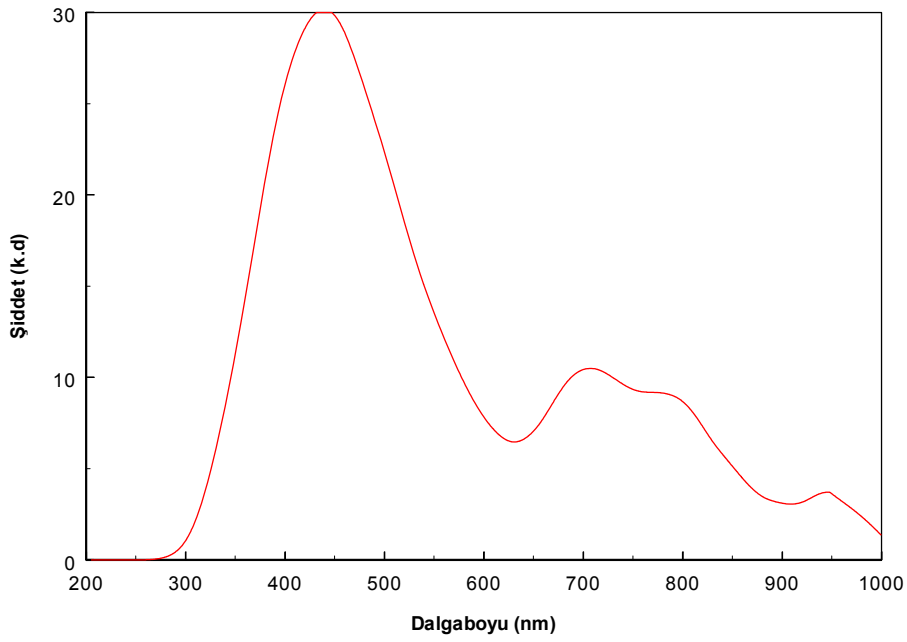
Şekil 6.2 Sitrinin 200-2000 nm arası soğurma spektrumu



Şekil 6.3 Sitrinin 200-800 nm arası geçirgenliği

6.2 Radyölüminesans Ölçümleri

Bir kristale ait radyölüminesans spektrumu, derin olmayan tuzaklardan ziyade yarı kararlı seviyeye tuzaklanmış elektronların eski seviyesine geçiş verimi hakkında bilgi verir. Celal Bayar Üniversitesi Lüminesans Araştırma Laboratuvarında bulunan RL sistemi ile alınan, sitrine ait radyölüminesans spektrumu şekil 6.4 te görülmektedir. Sistemde kullanılan mevcut X-ışını tüpünde uygulanan potansiyel 30 kV ve akım 15 mA dir.



Şekil 6.4 Sitrine ait RL grafiği

Şekil 6.4 de Sitrinin 200-1000 nm arasında oda sıcaklığında alınan radyölüminesans (RL) spektrumu incelendiğinde 440 nm de geniş bir lüminesans piki gözlenirken, 704, 791 ve 947 nm de de pikler elde edilmiştir.

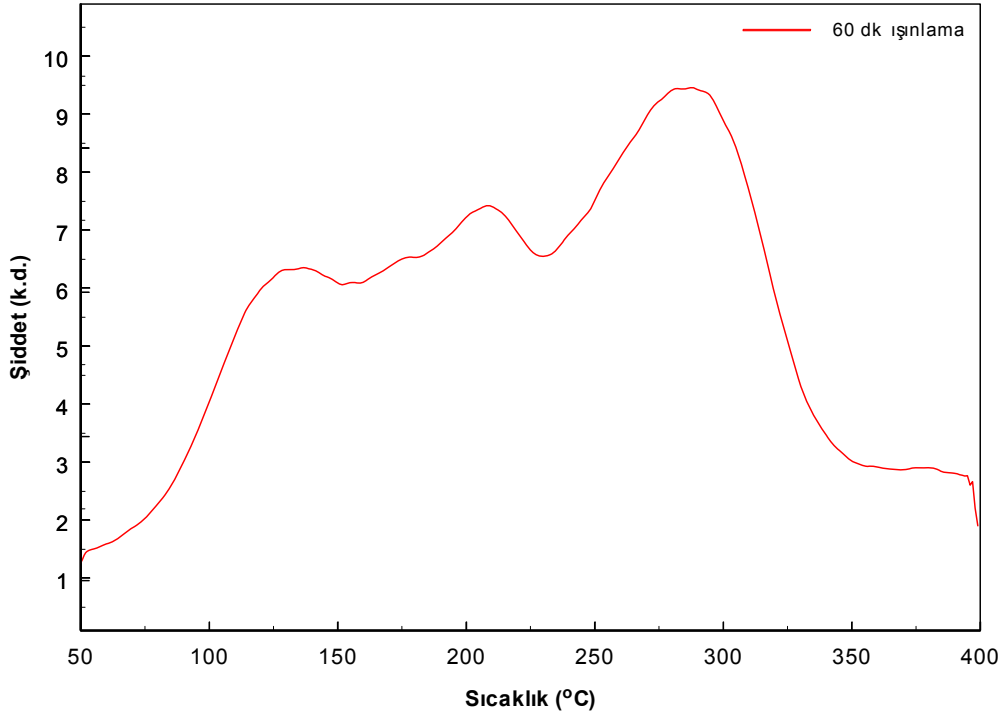
6.3 Termoluminesans Ölçümleri

Sitrin numunesi Celal Bayar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü Lüminesans Araştırma Laboratuvarında bulunan X-ışını tüpü kullanılarak 10, 20, 30 ve 60 dk süre ile X-ışınına maruz bırakılmıştır. Hem olası elektriksel boşalımla tüpe zarar vermemek hem de güvenli çalışma doz seviyesini aşmamak amacıyla, bu çalışma sırasında 30 kV ve 15 mA değerleri seçilmiştir. Bu değerler ile elde edilen doz hızı (10 cm uzakta) ~30 Gy/dk dır.

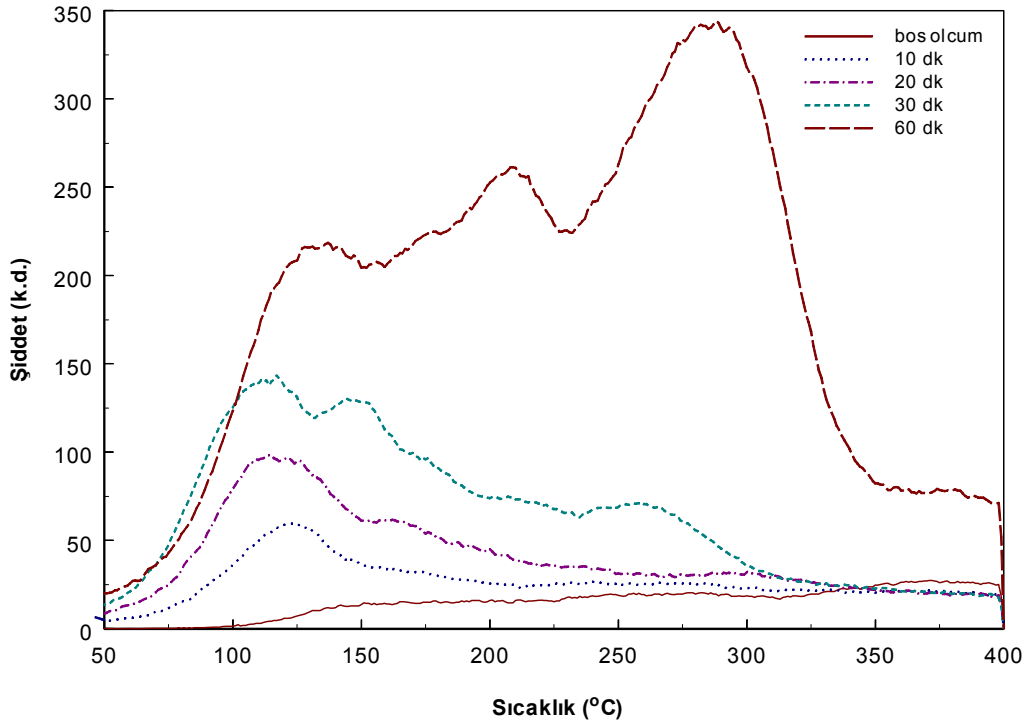
Tüm ışınlamalar karanlık ortamda gerçekleştirilmiştir. Işınlama sonrasında tuzaklara yakalanan elektronların optik yolla tuzaklardan kurtulmalarını önlemek amacıyla numune karanlık ortamda TL sisteminin örnek odasına taşınmış ve ölçümleri alınmıştır.

RA'94 Reader-Analyser TL sistemi sayesinde 50-400 °C sıcaklık aralığında TL spektrumları alınmıştır. Işınlanan numunenin, ısıtma hızının TL piklerine olan etkisini incelemek amacıyla, 1 °C/s, 2 °C/s, 3 °C/s, 5 °C/s, 7 °C/s ve 10 °C/s ısıtma hızları ile TL spektrumları alınmıştır. Ayrıca ışınlama dozunun etkisini görmek amacıyla da numune farklı sürelerde X-ışınına maruz bırakılıp incelenmiştir.

Şekil 6.5 de 60 dakika X-ışınına maruz bırakılan sitrinin 5 °C/s ısıtma hızı ile alınan TL grafiği görülmektedir. Sitrinin TL spektrumunda 135 °C, 175 °C, 208 °C ve 286 °C'de belirgin pikler elde edilmiştir.

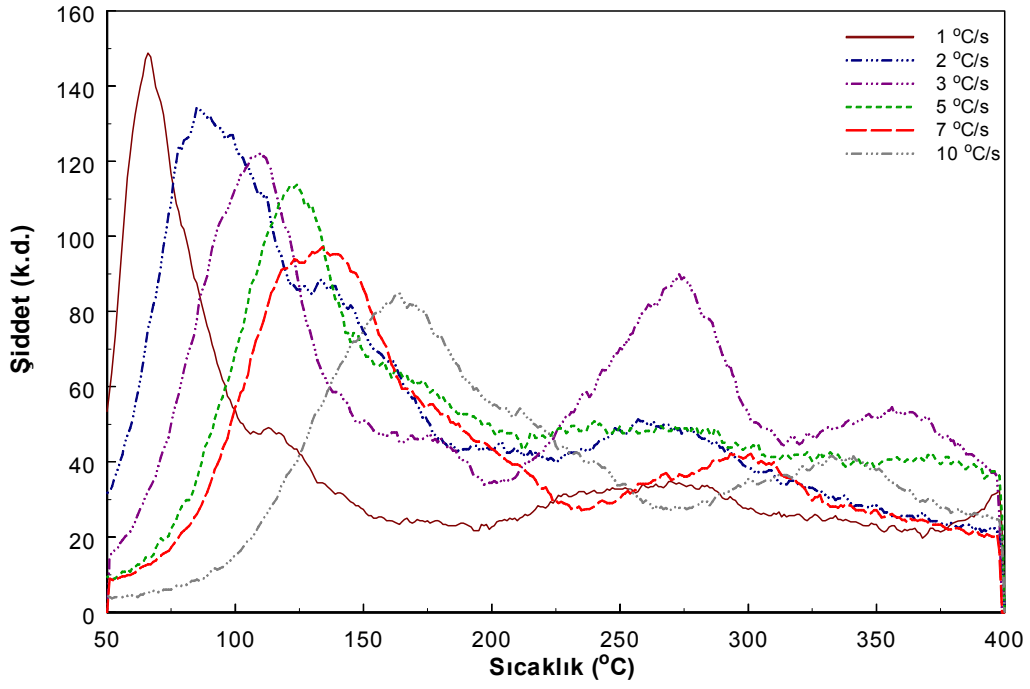


Şekil 6.5 Sitrine ait TL spektrumu

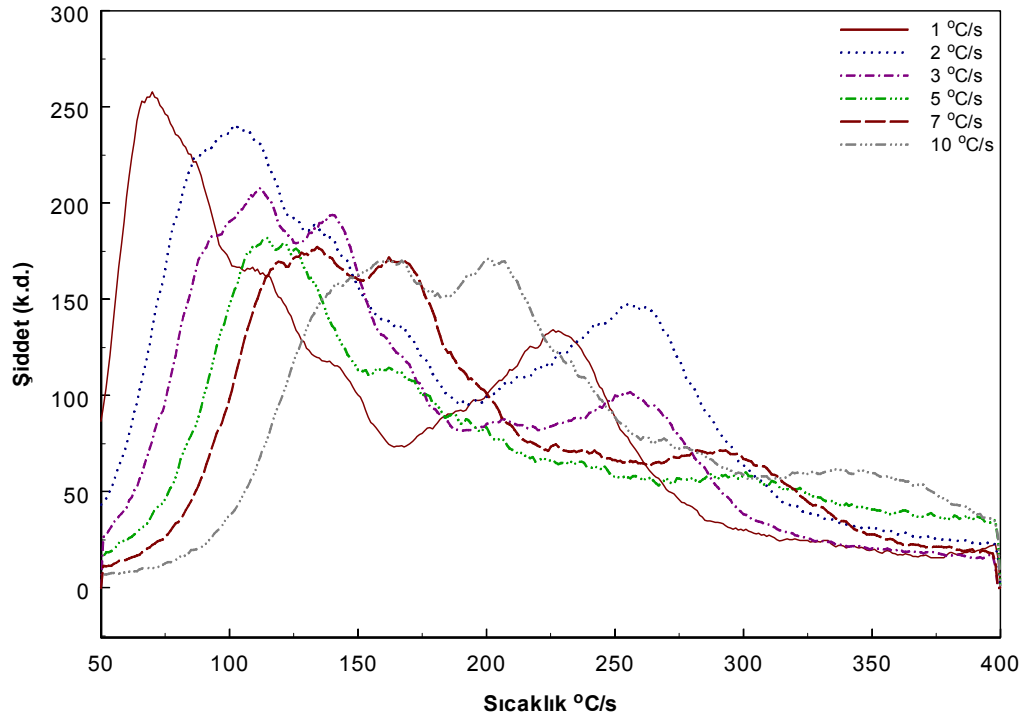


Şekil 6.6 Sitrinin 5 °C/s lik ısıtma hızındaki TL spektrumu

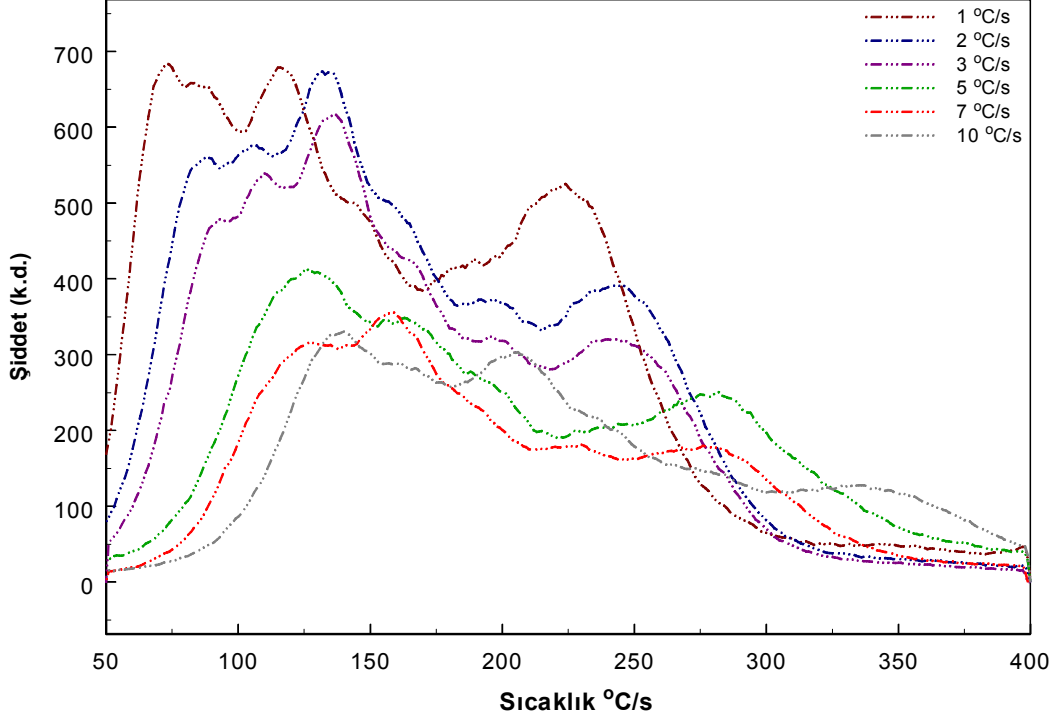
Sitrin numunesi üzerinde mevcut olabilecek radyasyonu boşaltmak amacı ile ışınlama yapılmadan önce TL spektrumu alınmıştır. Daha sonra farklı ışınlama sürelerinde aynı ısıtma hızı ile spektrumları alınmıştır. Işınlama süresi arttıkça mevcut tuzaklara daha çok elektron yakalandığı için TL spektrumunun şiddeti artmaktadır. Ayrıca uygulanan doz arttıkça pikler daha yüksek sıcaklıklara kaymaktadır.



Şekil 6.7 Sitrinin 10 dakika X-ışınına maruz bırakıldıktan sonra farklı ısıtma hızlarındaki TL spektrumu



Şekil 6.8 Sitrinin 20 dakika X-ışınına maruz bırakıldıktan sonra farklı ısıtma hızlarındaki TL spektrumu



Şekil 6.9 Sitrinin 30 dakika X-ışınına maruz bırakıldıktan sonra farklı ısıtma hızlarındaki TL spektrumu

Sitrinin ısıtma hızındaki değişiminin TL spektrumunda oluşturacağı farklılığı görebilmek amacıyla aynı ışınlama süresi için farklı ısıtma hızlarında (1 °C/s, 2 °C/s, 3 °C/s, 5 °C/s, 7 °C/s, 10 °C/s) TL spektrumları alınmıştır. Bu farklı ısıtma hızlarının arasındaki değişim farklı sürelerde (10 dk, 20 dk ve 30 dk) ışınlama yaparak incelenmiştir. Isıtma hızı arttıkça pikler sağa doğru kaymaktadır ve doz miktarı arttıkça şiddette de artış olmaktadır (Şekil 6.7, 6.8, 6.9).

7. TARTIŞMA VE YORUM

Sitrinin optik soğurma spektrumuna bakıldığında yaklaşık 500 nm civarında bir soğurma bandı görülmektedir. Bu spektrum bir başka kuvars çeşidi olan pembe kuvarsın soğurma spektrumu ile oldukça benzerlik göstermektedir ve bundan Fe ve Ti safsızlıkları sorumlu tutulmuştur (Kibar, 2007) Literatürde, Fe^{+2} iyonuna ait optik soğurma spektrumunda 425, 530 ve 575 nm civarında pik verdiği görülmüştür (Toptaş, 2008; Aydemir, 2012). Sitrindeki bu geniş soğurma bandından da aynı zamanda sitrine sarı rengini veren içindeki Fe safsızlıklarının sorumlu olduğu düşünülmektedir. Sitrinin kimyasal analizinde de 0,04 oranında Fe elementine rastlanmıştır.

Bazı çalışmalarda mavi/yeşil kuvars ve silikanın lüminesansının 450-480 nm civarında ışık veren içsel bir kusurda kendiliğinden tuzaklanmış bir eksitonun elektron-boşluk yeniden birleşmesinden kaynaklandığı ileri sürülmektedir (Götze, 2001; Kalceff, 1998). Sitrin numunemizin RL spektrumunda da 440 nm de pik yapan geniş bir bant görülmektedir. Bu bant literatürde söz edilen ile uyumludur ve aynı kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Sitrin numunesinin TL spektrumlarına bakıldığında X-ışını dozu arttırıldıkça TL şiddetinin arttığı görülmüştür (Şekil6.10). Bu da, ışınlama süresi arttırıldıkça daha fazla elektronun iletkenlik bandına uyarıldığını ve böylece daha yüksek lüminesans şiddetine neden olduğunu göstermektedir. Yine de çok büyük değerlere çıkmayan lüminesans şiddetine, uyarılma enerjisi fazla olabilen Mn elementinin kimyasal analizde yüksek miktarda bulunmasının neden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca ışınlama süresi arttırıldıkça farklı tuzaklardan kaynaklanan pikler ayrılmakta ve belirginleşmektedir.

Termal iletkenliğinin bir sonucu olarak numune ısıtıcı plaka üzerindeyken, plakaya temas eden bölgesi plaka ile aynı sıcaklıktayken örneğin üst kısmı ve içi henüz aynı sıcaklığa ulaşmamıştır, bu duruma termal gradiyent adı verilir ve farklı ısıtma hızlarında pik maksimumlarını yüksek sıcaklıklara doğru kaymasına neden olur (Aydemir, 2012). Yani yüksek ısıtma hızında numunenin tamamı aynı sıcaklığa ulaşmadan ve tuzaklardaki elektronlar tam boşalmadan sıcaklık arttırılmakta ve bu da piklerin gecikmesine neden olmaktadır. Farklı ısıtma hızlarının tek bir grafikte verildiği spektrumlara bakıldığında ısıtma hızının artışıyla piklerin sağa kaydığı görülmektedir.

Yapılan literatür taramasına göre, sitrin mineralinin lüminesans özelliklerini içeren çalışmalara rastlanamamıştır. Bu çalışmanın minerallerin lüminesans veri tabanının oluşturulmasına bir katkı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Akın A. "Dy ve Li Katkılanmış CaSO₄ ile Dy Katkılanmış CaB₄O₇ Termolüminesans Malzemelerin Kinetik Parametrelerinin İncelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, 2009

Bayraktar N.Ş. "Krizopnas Ve Rodonit'in Termolüminesans Özellikleri" Yüksek Lisans Tezi, Erzincan Üniversitesi, 2010

Can N. "Studies Of Ion Implantation Into Insulators Using Nuclear Methods, Luminescence And Waveguide Techniques", PhD.Thesis, The University of Sussex, UK, 1995.

Cruz-Va'zquez C., Bernal R., Burruel-Ibarra S.E., Grijalva-Monteverde H., Barboza-Flores M. "Thermoluminescence properties of new ZnO nanophosphors exposed to beta irradiation" Optical Materials 27 (2005) 1235–1239

Çetin A. "Farklı Metalik İyonlarla Bombalanan ZnO Örneklerinin Fiziksel ve Yapısal Özelliklerinin Nükleer, Lüminesans ve Diğer Teknikler Kullanılarak İncelenmesi" Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, 2007

D.R. Vij "Luminescence of Solids" Plenum Press, New York 1998.

Doğan T. "Optiksel Uyarılmayla Lüminesans (Osl) Tarihlendirme Yöntemini Kullanarak Doğu Anadolu Fay Sisteminin (Dafs) Paleosismolojik Analizi" Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, 2010

Donald R. Askeland, Pradeep P. Fulay, Wendelin J. Wright, The Science and Engineering of Materials, Sixth Edition, Cengage Learning, 2010

Durukan M. "Minerallerin Optiksel Soğurma Ve Lüminesans Özelliklerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, 2008

Ege A. "Yalıtıcıların Katodolüminesans Özelliklerinin İncelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, 2002.

G.O. Sawakuchi, E. Okuno "Effect of High Gamma Ray Doses in Quartz" NIM B 218 (2004) 217-221.

Gökçe S. "Termolüminesans Dozimetri" Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, 2008

Gür E. "Çinko Oksit Yarıiletkeninin Yapısal, Optik Ve Elektriksel Karakterizasyon Teknikleriyle İncelenmesi" Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, 2007

Ishii M, Kuwano Y, Asaba S, Asai T, Kawamura M, Senguttuvan N, Hayashi T, Koboyashi M, Nikl M, Hosoya S, Sakai K, Adachi T, Oku T and Shimizu H.M., 2004. Luminescence of doped lithium tetraborate single crystals and glass. *Radiation Measurements*, 38 (4-6), 571-574.

J. Götze, M. Plötze and D. Habermann "Origin, Spectral Characteristics and Practical Applications of The Cathodoluminescence (CL) of Quartz" *Min. Pet.* 71 (2001) 225-250.

Keser B. K. "Çeşitli Termolüminesans Dozimetre Malzemelerinin Işıma Eğrilerinin İncelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, 2005

Kıbar R. "Farklı Metal İyonları ile Bombalanan SrTiO₃ Kristalinin ve Bazı Minerallerin Nükleer ve Diğer Yöntemlerle İncelenmesi" Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, 2007

M.A.S. Kalceff "Cathodoluminescence Microcharacterization of The Defect Structure of Irradiated Hydrated and Anhydrous Fused Silicon Dioxide" *Phys Rev B* (1998) 57, 5674-5683.

Schmetzer, K., 1989. Methods for the distinction of natural and synthetic citrine and prasiolite. *Journal of Gemmology* 21, 368-391.

T. Schilles, N.R.J. Poolton, E. Bulur et. al. "A Multi- Spectroscopic Study of Luminescence Sensitivity Changes in Natural Quartz Induced by High-Temperature Annealing" *J. Phys. D: Appl. Phys.* 34 (2001) 722-731.

Türemiş M. "İyon Asılanmış Zno Kristalinin Termolüminesans Özelliklerinin İncelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, 2011

Yüksel M. "Orta Anadolu Fluoritlerinin (CaF₂) Termolüminesans (TL) Isıma TepelerineTavlamanın Etkisi" Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, 2008

(url-1) <http://tr.wikipedia.org/wiki/Mineraloji>

(url-2) www.odevsel.com

(url-3) http://www.allaboutgemstones.com/mohs_hardness_scale.html

(url-4) <http://www.istanbul.edu.tr/eng2/jeoloji/akademik/mp/myeniyol/mineraloji/fiziksel.pdf>

(url-5) <http://muhendishane.org>

(url-6) <http://www.teknolojikarastirmalar.com/e-egitim/malzeme/dislokasyonlar.htm>

(url-7) www.mindat.org

(url-8) <http://en.wikipedia.org/wiki/Citrine#Citrine>

(url-9) <http://crystal-cure.com/citrine-cluster.html>

(url-10) http://www.mineralminers.com/html/citrine_crystals.stm

(url-11) <http://w3.balikesir.edu.tr/~kahveci/dersler/te-04.pdf>

(url-12) <http://iys.inonu.edu.tr/webpanel/dosyalar/1259/file/bandyapisi.pdf>

(url-13) <http://80.251.40.59/eng.ankara.edu.tr/hsari/bolum-11-yariiletkenler-1.pdf>

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Türkan ERTİK

Doğum Yeri: İstanbul

Doğum Tarihi: 27.02.1980

EĞİTİM

Lise: 1997 Karabağlar Cumhuriyet Lisesi

Lisans: 2004 Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü