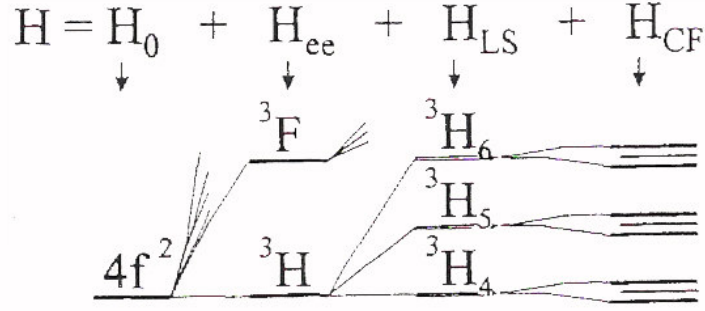


BÖLÜM 1. GİRİŞ

Lüminesansın çevresel radyasyon dozimetresi, ışıltılmış besin deteksiyonu, jeolojik ve arkeolojik tarihlemelerde kullanımının artması yer kabuğunun % 60'ını oluşturan feldsparların lüminesans yayımına olan ilgiyi artırmıştır. Feldsparların lüminesans araştırmaları ilk olarak Geake ve ortakları (1997) ve Tefler ve Walker (1978) tarafından ele alınmıştır. Genellikle, kuartz, Fleming (1970) tarafından TL tarihleme olarak, paleodosimetri maddeleri olarak kullanılmıştır. Ayrıca, M.R. Krbetschek ve arkadaşları tarafından, kuartz, TL tarihleme olarak kullanılmış yaklaşık olarak 360-440 nm, 450-500 nm ve 600-650nm lerde emisyon bandları gözlemlenmiştir. Zirkon, yine TL tarihlemelerde kullanılmış, 100 °C de 385nm de tepe gözlemlenmiştir (M.R. Krbetschek, J. Götze, A. Dietrich and T. Trautmann, 1997). G.A. Duller CLBR Albite ile yaptığı çalışmada (1997), 250 °C de 290-380-540 nm de merkezlenen TL tepesi gözlemlenmiştir. Yaptığı RL çalışmalarında ise 290-380-550 nm de RL tepeleri gözlemlenmiştir.

Lüminesans olayı uyarılmış durumdan daha düşük enerjili bir duruma bir elektronun ışık yayarak geçmesinin bir sonucu meydana gelir. Elektronun olası enerji seviyeleri birçok atom ve iyon için iyi bilinir. Serbest atom ve iyonlar durumunda bu seviyeler arasındaki geçişler fotonun yayılması (daha düşük enerjili seviyelere geçiş) ve soğurulması (daha yüksek enerjili seviyeye geçiş) ile mümkündür. Foton enerjisi farklı enerji seviyeleri oluşturur. Atom ya da iyon bir örgüye yerleştirilirse ışısız geçişler, örgü titreşimlerinin soğurulması ya da yayılması ile mümkün olur. Enerji seviyeleri, soğurulma ve yayılma spektrumları kullanılarak belirlenebilir ancak kuantum fiziği kullanılarak yorum yapılır. Enerji seviyelerinin hesaplanmasında en basit durum hidrojen atomudur. Burada bir tek elektron, çekirdek çevresindeki doldurulmuş orbitallerde hareket eder. E enerji seviyesi, $H\Psi=E\Psi$ Schrödinger denklemi çözülerek belirlenebilir. Burada H hamilton operatörü ve Ψ elektronun dalga fonksiyonudur. Her bir E değeri için Ψ^2 fonksiyonu E'ye karşılık gelen elektronun sonuçlarıyla orantılı olarak yorumlanabilir. Daha karmaşık sistemlerde hamilton operatörü elektronun(elektron-elektron, spin-orbital, kristal alan) olası etkileşmelerini tanımlayan terimlerden oluşur. Kristal alanla üç tür etkileşim söz konusudur (şekil 1.1).

Zayıf (4f ve 5f iyonları [Eu, Sm, Dy, Nd])	$H_{ee} > H_{LS} > H_{CF}$
Orta (3d iyonları [Ti, V, Mn])	$H_{ee} > H_{CF} > H_{LS}$
Şiddetli (4d ve 5d iyonları [Y, Zr])	$H_{CF} > H_{ee} > H_{LS}$



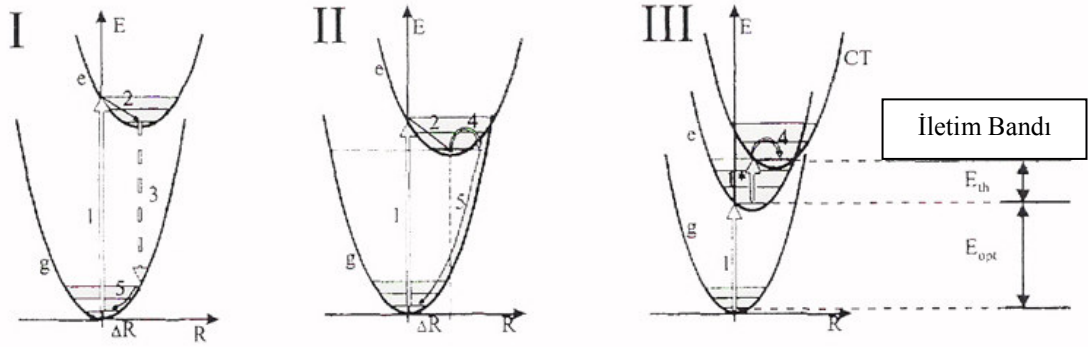
Şekil 1-1 Zayıf kristal alandaki enerji seviyelerinin bazı olası elektron etkileşimleri ve şematik yarılımları (Krebetschek M.R, Götze J, Dietrich A. Ve Trautmann T., 1997)

H_{ee} terimi elektronu, H_{LS} spin-orbital ve H_{CF} kristal alan etkileşimini tanımlar.

Yarıma seviyeleri arasındaki geçişler her zaman izinli değildir; bazen parite, spin, simetri ve diğer parametreler için seçim kurallarıyla yasaklanır.

1.1 Lüminesans (Işıma) Oluşum Mekanizması

Kristal, kusursuz bir örgüye sahip değilse farklı hata türleri oluşturur. Önemli nokta hataları; boşluklar(F merkezi gibi), intersitiyeller, safsızlık iyonları ve inorganik radikallerdir ve içteki ve yüzeydeki hatalar olarak ayrılabilir.



Şekil 1.2 Bir lüminesans merkezindeki elektronun olası geçişleri (Krebetschek M.R, Götze J, Dietrich A. Ve Trautmann T., 1997)

Özel bir lüminesans merkezinin yayınlama ve uyarılma yöntemleri gruplaşmalı koordinat diyagramı kullanılarak tanımlanır. Soğurma merkezinin potansiyel enerji diyagramı çekirdeğin

denge durumuna göreli uzaklığının bir fonksiyonudur. Şekil 1.2 taban duruma dönerken (I) ışımali ve uyarılması (II) ışımasız geçişi gösterir. Özel bir uyarılma durumu, iletkenlik bandı içindeki termal olarak desteklenmiş uyarılma (III) ve guruplaşmalı koordinat ve bant modeli arasındaki ilişkiyi gösterir.

Elektron, optiksel soğurmayla (I) taban durumdan uyarılmış durumun en yüksek titreşimsel seviyesine geçer. Elektron, uyarılmış durumun taban titreşimsel seviyesine indikten sonra lüminesans yayınlaması (I 'deki 3) ya da foton yayınlamasıyla radyasyonsuz bir geçiş ve II'deki 5 relaksasyonuyla taban durumuna geri döner. Elektron geçişleri örgü relaksasyonundan daha hızlı olduğundan soğurma dikey bir geçiş gibi oluşur. Soğurma ve yayınlama arasındaki enerji farkı Stoks kayması olarak bilinir.

Uyarılmasının özel durumu, iyonizasyonla (III) termal olarak desteklenir. Elektron yüksek bir seviyeye uyarıldıktan sonra foton soğurması ve diğer aktivatörlerle iletkenlik bandına geçebilir.

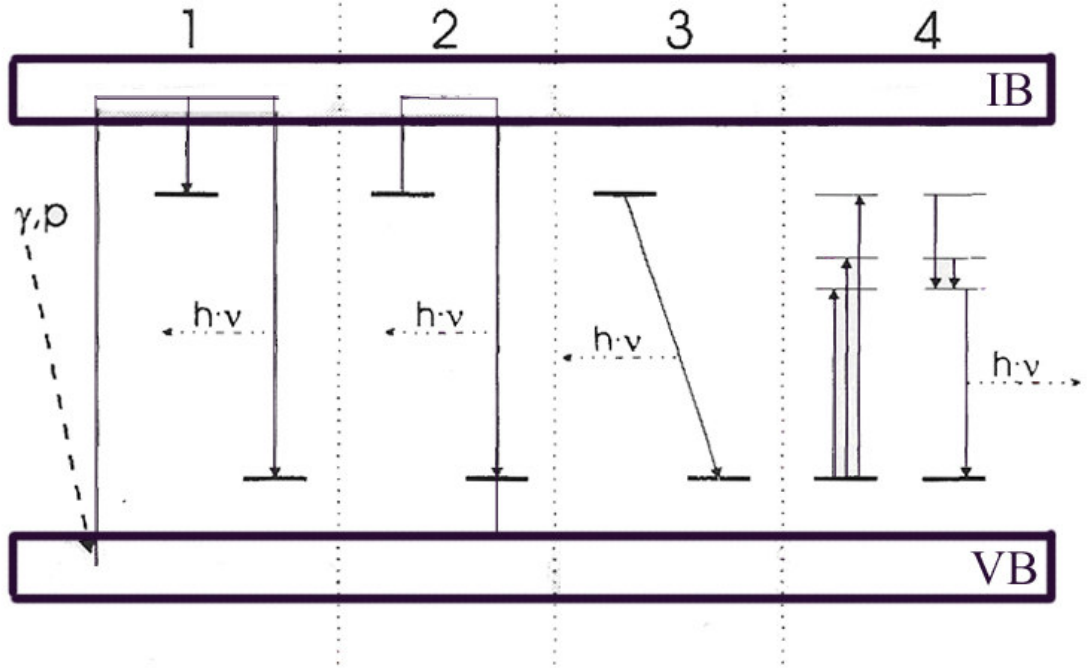
Yatay yer değiştirme ΔR çizgi genişlemesinden kaynaklanır. ΔR 'nin daha büyük değerleri yayınlama ve soğurma bandını genişletir. Yer değiştirme sıcaklığa bağlıdır ve bu nedenle taban duruma radyasyonsuz dönüş çok yüksek sıcaklıklarda daha önemli olmaya başlar.

En karmaşık yöntem yük transferiyle sonuçlanabilir. Elektron yük transferiyle yüksek enerjili bir uyarılma yaparak uyarılır ve bir tuzak tarafından tutulur. Tuzaklanma zamanı tuzağın derinliğine ve sıcaklığa bağlıdır ve Boltzman bağıntısı kullanılarak hesaplanabilir.

$$\tau = \frac{1}{s} e^{E/k_b T}$$

Burada s frekans faktörü (s^{-1}), T mutlak sıcaklık (K) ve E tuzağın derinliği (eV) .

Şekil 1.3 yük transferinin olası yöntemlerini göstermektedir.



Şekil 1. 3 Kristaldeki yük transferi ve lüminesansın şematik diyagramı (Krebetschek M.R, Götze J, Dietrich A. Ve Trautmann T., 1997)

Yüksek enerjili parçacıkları (katodölüminesanstaki e^- , radyölüminesanstaki α , β parçacıkları) ya da valans bandındaki bir elektronu kullanarak iletkenlik bandına (IB) geçilebilir. İki ana yöntem de ışıldayan ya da ışıldamayan olmayan merkezli uyarılmış elektron tuzaklanması için mümkündür (şekil 1.3 (1)). Işımalı geçiş durumunda $h\nu$ enerjili bir foton yayılır. Tuzaklanmış bir elektron ya termal ya da optiksel olarak iletkenlik bandına uyarılabilir (şekil 1.3(2)). Tuzak ve aktivatör arasında küçük bir mesafe olması durumunda, tekrar birleşme merkezli elektronun doğrudan geçi mümkündür (şekil 1.3(3)). Şekil 1.3(4)'te fotonların soğurulmasıyla birkaç enerji seviyesinin uyarılması ve tek bir aktivatörle sonuçlanan lüminesans görülmektedir. (Krebetschek M.R, Götze J, Dietrich A. Ve Trautmann T. , Spektral İnfomation from minerals relevant for Luminescence dating, 1997)

Katılarda termölüminesans, önceleri, radyasyon enerjisini soğurmuş bir katının, ısıtıldığı zaman ışık yayması (özellikle görünür bölge) olarak bilinirdi. Aslında TL; daha önce soğurulmuş enerjinin ışık şeklinde salınmasıdır ve yüksek sıcaklıklara kadar ısıtılan maddeden akkor ışık yayılmasından oldukça farklıdır. TL için temel koşul daha önceden radyasyona maruz kalmış materyalin bir yalıtkan ya da bir yarıiletken olmasıdır.

Mineral içerikli kayalar, inorganik yarıiletkenler (amorf tek kristal ve poli kristal) ve yalıtkanlar, seramikler, organik bileşikler, biyolojik materyaller ve biyokimyasallar olmak üzere

dielektrik materyallerin çoğunda TL ışması gözlenir. LiF, CaSO₄, CaF₂, BeO, Al₂O₃, Li₂B₄O₇ gibi materyaller dozimetrideki uygulamalar nedeniyle yaygın olarak incelenen TL materyalleridir. (D. R Vij 1998, Lüminesans of Solid,)

Yalıtkanların ışık yayınlaması karakteri doğal olarak oluşan minerallerin birden çok özelliği olduğunu göstermektedir. Lüminesans kristal örgü içindeki ikili oluşumların bir sonucudur. Minerallerin lüminesans incelemesinde büyük başarılar elde edilmesine rağmen minerallerde gözlenen lüminesans karakterleri yeterince anlaşılammıştır. Bunun temel nedeni minerallerdeki ışıldayan sistemlerinin katı halde incelenen sentetik kristallerden daha karmaşık olmasıdır. Lüminesans davranışları sadece lüminesans merkezlerinin türüne ve konsantrasyonlarına değil aynı zamanda soğurma, sesitizasyon ve kristal içindeki enerji transferlerine de bağlıdır. Bu nedenle minerallerde gözlenen yayınlama spektrumlarının çoğu birkaç lüminesans merkezinin üst üste binmiş karakterini içerir. (Krebetschek M.R, Götze J, Dietrich A. Ve Trautmann T. , Spektral İnförmatıon from minerals relevant for Luminescence dating,1997)

1.2 TERMOLÜMINESANS MODELLERİ:

Lüminesans sürekliliğine bağlı olarak floresans ve fosforesans olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Bu sınır ayrımı süresi yaklaşık olarak gaz durumunda uyarılmış atomların yaşam süresi olan 10⁻⁸ saniye civarındadır. Termolüminesans (TL) ve fosforesans hemen hemen aynı yöntemlerdir. Tek fark TL da ışmanın sürekliliği için sıcaklık artışı gereklidir ama fosforesansta ışıma başladıktan sonra hiçbir etki yapılmasa dahi olayın kendini uzun süre korur.

Genellikle, ana örgü içinde termal olarak indüklenmiş bir safsızlık (aktivatör) kalıntısının bulunması ve yapı hatalarının, lüminesansa katkı sağlayacak şekilde ışın yayararak yeniden birleşmenin olduğu materyalin, yasak enerji aralığında ayrık enerji durumları oluşturduğu söylenir. Bu hatalar lüminesans merkezleri olarak adlandırılır. Eğer ana örgü içinde örgü hataları ve/veya düzensizlikleri, boş örgü konumları yada diğer safsızlıklar varsa, tuzaklanmamış durumlar yük taşıyıcılarının (elektron/boşluk) lüminesans merkezleriyle ışıma yaparak yeniden birleşmeden tuzaklanacağından lüminesansı geciktirir.

1.2.1 Jablonsky modeli:

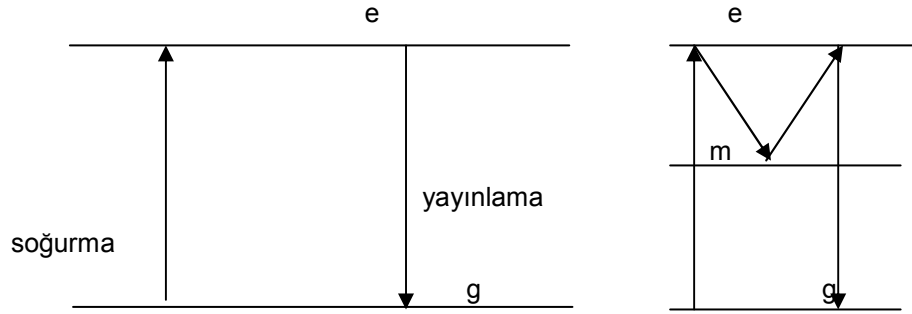
Jablonsky (1935) modeline göre katıların lüminesans merkezleri (ışıma sistemi) UV, görünür, x-ışınları, γ-ışınları, ağır iyonlar, kozmik ışınlar vb. radyasyon enerjisinin soğrulmasıyla katının uyarılmış (e kısmı) durumuna yükselir. Işığın yayılma yoluyla taban durumuna (g kısmı) geri dönmesi olayına floresans denir (Şekil 1.4.a). Uyarılmış durumdaki sistem tuzak olarak adlandırılan yarı kararlı bir duruma (m) da geçiş yapabilir. Burada yeterli optik ya da

termal enerji sağlanarak e durumuna gidene kadar kalabilir. Ve en sonunda da fosforesansa (gecikmiş ışımaya) katkı yapacak şekilde taban durumu olan g ye geri gelir. Bu olaya ise fosforesans denir. Floresans sıcaklığa bağlıdır oysa fosforesans sıcaklığa bağlı değildir. Fosforesans ışımaya yarı kararlı /tuzaklanmış durumdaki harcanan zamana eşit miktarda τ süresi kadar gecikmiş olur. Bu durumda sistemi m durumundan e durumuna çıkarmak için E kadar bir termal enerji gerekir. Gecikme zamanının enerjiye bağıllığını ifade eden eşitlik aşağıdaki gibidir.

$$\frac{1}{\tau} = s_0 \exp\left(\frac{-E}{kT}\right) \quad (1.1)$$

Burada ; s_0 :bir sabit, k : Boltzman sabiti, T : Mutlak sıcaklıktır.

Bu durumda $T \gg t$ dir. Burada t; uyarılmış durumdaki sistem tarafından harcanan zamandır ve 10^{-8} s civarındadır.



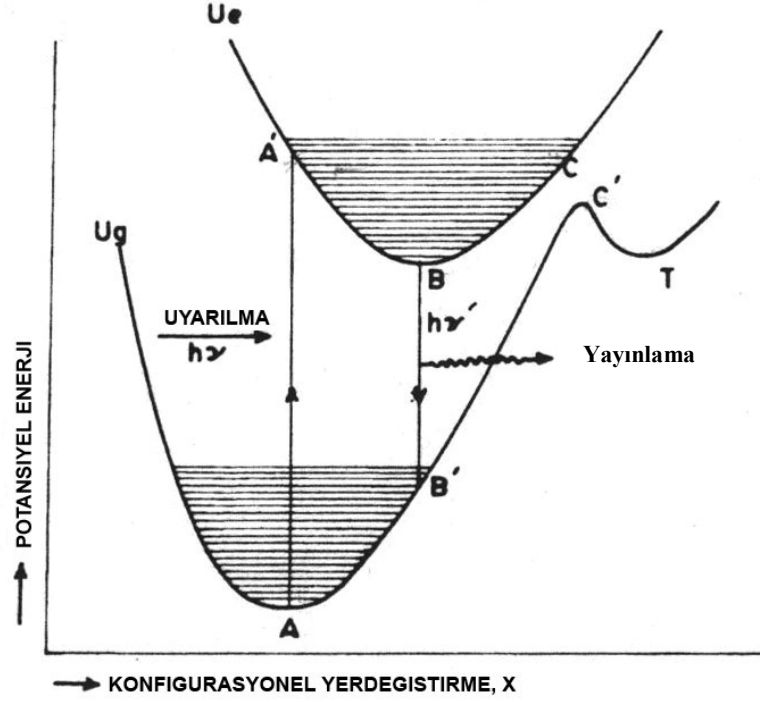
Şekil 1.4 a) floresans **b)** fosforesans için Jablonsky modelleri (D. R Vij ,1998)

1.2.2 Gruplaşmalı – Koordinat modeli:

Gruplaşmalı koordinat modeli ilk kez Von Hippel (1936) tarafından öne sürüldü ve Seitz (1938) tarafından uygulandı. Şekil 1.5 deki eğriler bir safsızlık atomu ve ona en yakın komşu atom arasındaki mesafenin bir fonksiyonu olarak lüminesans merkezlerinin potansiyel enerjisini göstermektedir.

Örneğin, Tl^+ iyonunun K^+ iyonunun yerine geçtiği KCl:TL fosforunda Tl^+ iyonu altı komşu Cl^- iyonu tarafından kuşatılır. Tl^+ iyonuyla etkileşen Cl^- iyonları tarafından bozulan bu sistem

durumu konfigürasyonel koordinat adını alan bir mesafe ile karakterize edilebilir. Konfigürasyon diyagramı x-koordinatının bir fonksiyonu olarak Tl^+ pozitif örgü sisteminin $U(x)$ potansiyel enerjisi ile tanımlanır. Şekil 1. 5 deki eğriler Tl^+ iyonlarının uyarılış durumu U_e (3P_1) ve taban durumu (1S_0) eğrileridir (Curie 1960). Işıma merkezlerinin taban ve uyarılmış durumdaki titreşimsel durumlarını gösteren eğrilerde organik moleküllerin titreşim seviyeleri de ortaya çıkarılıyor.



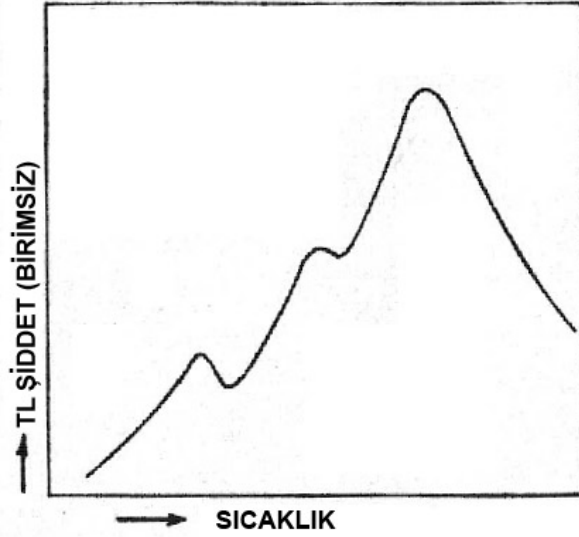
Şekil 1.5 Bir yarıiletken/yalıtkandaki bir safsızlık atomunun gruplaşmalı koordinat diyagramı (D. R Vij ,1998)

Işıma /uyarılma (enerjinin soğrulması) ile merkez, uyarılmış durum U_e (AA' geçişi) ye yükselecektir. Bu durumda sistem daha yüksek bir titreşim durumunda olacaktır ve fazla enerjyi örgüye ısı şeklinde aktararak kararlı B konfigürasyonuna geçecektir. Merkez BB' geçişi şeklinde ışık yayacak ve tekrar U_g taban durumuna dönecektir. Taban durumundaki yüksek enerjili titreşimsel seviyede bulunan merkez geriye kalan enerjisini de ışımsız bir şekilde salarak minimum enerjili A durumuna geçecektir. Uyarılmış merkez CC' geçişini yaparak T de tuzaklanabilir. Burada τ süresi kadar kaldıktan sonra $C'C$ uyarılması yolu ile kurtulabilir ve tekrar BB' geçişi yaparak ışık yayabilir.

Merkezin uyarılmış durumda $C'C$ geçişi yaparak T den tekrar sıçrama yapması konaklama zamanı τ ile ters orantılı olan p kurtulma olasılığına bağlıdır ve

$$P = \frac{1}{\tau} = s_0 \exp\left(\frac{-E}{kT}\right) \quad (1.2)$$

Burada s bir sabit ve E merkezin tuzaktan kurtulması için sağlanması gereken enerjidir. Işıma, taşıyıcıların tuzaklarda geçirdiği zaman olan τ kadar gecikir (fosforesans). Tuzakların çok derin olması durumunda oda sıcaklığındaki ısı enerjisi merkezleri uyarılmış durumuna çıkarmaya yeterli olmayabilir. Bu durumda ışımaya sonra lüminesans materyali (fosfor)nin ısıtılması C'C yoluyla tuzaklanmış merkezi yükseltecek ve BB' geçişi şeklinde ışımaya katkı sağlayacaktır. Isıtma esnasında oluşan bu ışıdamaya termolüminesans (TL) denir. Sıcaklığa karşı lüminesans şiddetinin bir değişimi *parıldama eğrisi* olarak adlandırılır (şekil 1.6).



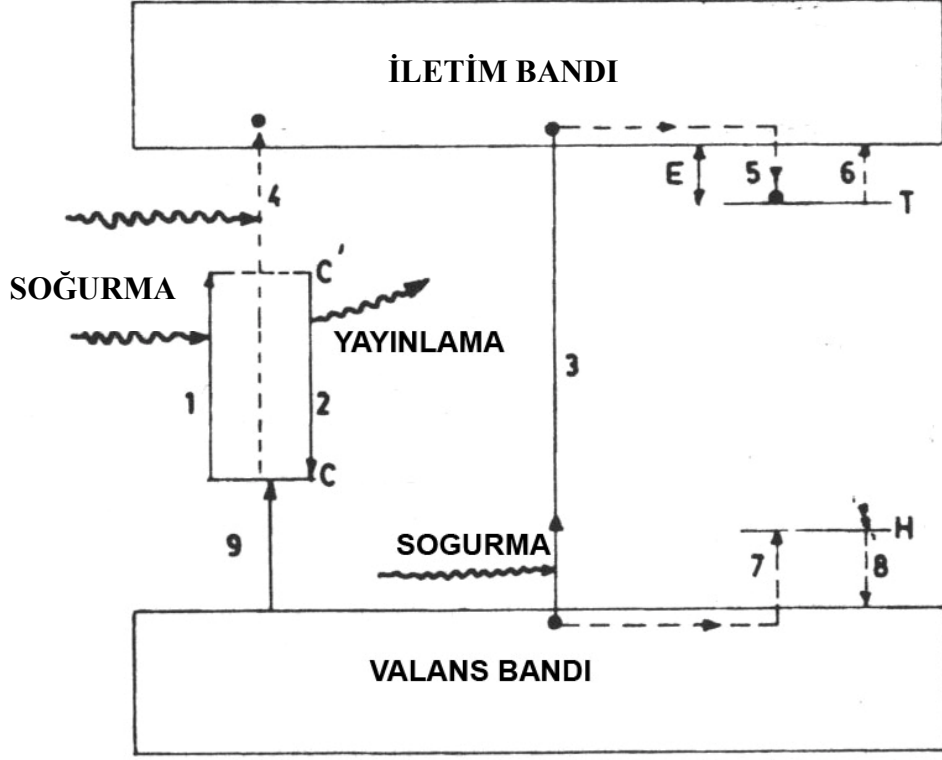
Şekil 1.6 Parıldama eğrisinin şematik şekli (D. R Vij ,1998)

Soğurulan enerjinin ışımsız geçişi ya da sönmülmesi Dexter ve arkadaşlarının (1955) modeli ile de yorumlanabilir. Merkez soğurulan enerjisi kristal örgüye titreşim enerjisi olarak aktararak daha düşük radyasyonlu bir geçiş yaparak CC'B'A yolunu izleyip taban duruma dönebilir. Williams(1955), soğurulma ve ışımaya spektrumlarını ölçerek lüminesansın sıcaklığa ne kadar bağlı olduğunu açıklayacak ve bozunma sabitlerini belirleyecek şekilde lüminesans merkezleri için gruplaşmalı koordinat eğrilerini başarılı bir şekilde belirledi.

1. 2.3 Enerji Bant Modeli:

Enerji bant modeline göre, tavlama ile ana materyalin örgüleri içine sokulan, katılardaki lüminesansanstan sorumlu yabancı safsızlıkların kalıntısı ve hatalarının yasak enerji bandında ayrık enerji seviyeleri (verici / alıcı seviyeler) ortaya çıkaracağı düşünülebilir. Bu nedenle yük

taşıyıcılarının lüminesans merkezleri ile yeniden birleşmesi sağlanmadan önce onları durdurma kabiliyetine sahip tuzaklanmamış enerji seviyeleri boşluk (tuzaklar) oluşmasını sağlayan, boş örgü hataları ya da diğer örgü hataları ve diğer safsızlıklar lüminesansı geciktirir (yani fosforesans). Bu tuzaklar, boşluk tuzakları ya da elektron tuzakları olarak adlandırılır.



Şekil 1.7 Enerji- bant modelinin şematik diyagramı (D. R Vij ,1998)

Şekil 1.7 de basitleştirilmiş bir enerji – bant modelinin şematik gösterimi görülmektedir. Isıtma esnasında eğer lüminesans merkezi C bir C' uyarılmış durumuna yükselirse, iletim bandına çıkmaksızın floresans ışınması yapacak şekilde taban duruma geri dönecektir (1 geçişi soğurmayı, 2 geçişi ışınmayı gösterir). Bir başka deyişle, eğer elektron 3 geçişiyle valans bandında ya da 4 geçişiyle lüminesans merkezi C den iletim bandına çıkarsa 5 geçişiyle tuzaklanmış durum T de oluşan tuzağın hareketiyle serbest kalacaktır. Elektron bu T tuzağında τ süresince geciktikten sonra 6 geçişiyle radyasyondan soğurduğu enerjiyle iletim bandına çıkacak ve lüminesans merkezine kayıp bir fosforesans gösterecek şekilde düşecektir. Boşluklar da elektronlarla aynı rolü oynar. Onlarda elektrona benzer olarak valans bandı üzerinde 7 geçişi tuzaklanmaları ve 8 geçişi salınmaları yaparak 9 geçişiyle lüminesans merkezlerine çıkarlar. Özellikle yalıtkanlar ve yarıiletkenlerde serbest elektronlar ve boşlukların bant aralığının içinde karşı tarafa geçerek doğrudan birleşmesi, bu dolaylı birleşim yöntemine göre daha az mümkündür.

Tuzakların yüzeysel olması durumunda fosferansa neden olan oda sıcaklığı civarında önemli oranda tuzaklanma ve yeniden birleşme oluşur. Fakat bu sıcaklıkta hiç TL gözlenmez. Eğer tuzaklar yeteri kadar derin ise yük taşıyıcıları (elektronlar / boşluklar) uzun bir süre tutulacak hatta ışımadan sonra bile yerini değiştirmeyecektir. Lüminesans materyali (fosfor) sürekli olarak artan ısı enerjisi ile doyurulursa, yük taşıyıcıları buldukları tuzaktan ayrılacak ve bir lüminesans merkezi ile birleşerek TL e katkı sağlayacaktır. Işıma şiddeti yoğunluğu sıcaklığın yükselmesiyle artar sonunda bir maksimuma ulaşır, tuzakların giderek boşalmasıyla azalmaya başlar ve tuzaklar tamamen boşaldığı an sıfıra düşer. Şekil 1.6 daki sıcaklığa bağlı parıldama eğrisinin bir maksimum göstermesi, iletim bandının E kadar altında ya da valans bandının E kadar üstünde bulunan tuzak derinliği ile ilgilidir. Parıldama eğrisinin altındaki bölge doldurulmuş tuzakların sayısı ile orantılıdır ve bu nedenle materyale uygulanan radyasyon miktarına bağlıdır.

Parıldama eğrisindeki tek maksimum iletim bandının E enerjisi kadar aşağısına bulunan elektron tuzaklarını ya da valans bandının E enerjisi kadar yukarısına bulunan boşluk tuzaklarının yerini teorik olarak belirler. Bir TL eğrisinde ilk maksimumdan daha sonrakiler de tuzakların farklı derinliklerde birkaç grupta dağıldığını açıklar. Her bir maksimum, tuzaklanma seviyelerinin özel bir takımını temsil eder. Tuzak derinliği TL ın maksimum olduğu sıcaklığın bilinmesiyle hesaplanabilir. TL iyonize olmuş radyasyon kullanan uyarılmasının bir sonucu olduğunda yüksek enerjili fotonlar oluşacaktır. Bazı deneysel ve teorik çalışmalar, TL ile eş zamanlı olarak oluşan iletkenlik karakterini incelemek için basitleştirilmiş enerji- bant modelini kullanmıştır (D. R Vij (1998), Lüminesans of Solid, Plenum Pres, New York and London).

BÖLÜM 2. TERMOLÜMINESANS METODLARI VE ANALİZLERİ

r kinetiklerin mertebesi, E tuzak derinliği enerjisi ve s frekans faktörü gibi tuzaklanma parametrelerinin bir fosforun TL özellikleri üzerine etkilerini anlamak mümkündür. Bu parametrelerin bilinmesi fosfordaki TL doğasının anlaşılması için oldukça önemlidir. Bu parametreleri deneysel olarak belirlemek için birçok teknik vardır.

Bu parametrelerin değişik teknikler kullanarak deneysel olarak belirlenebilmesine rağmen, başlangıç yükselmesi (initial – rise) metodu haricinde diğer metodlarda aşamaların tamamıyla yorumlanması oldukça zordur. Ama yine de TL kinetikleri denklemleri tam doğrulukla yazılabilir ve çözümleri ortaya çıkarılabilir. TL analizleri sadece katının yapı hatalarını değil mobilite, lüminesans verimi ve bant yapısı gibi sıcaklığa bağlı parametrelerinin oldukça iyi belirlenebilmesiyle anlamlı olur.

Genel olarak materyal bir tek lüminesans tepesi yerine çok tepeli bir eğri gösterir. Analizlerden herhangi birine başlamadan önce çalışmamızda gözlemek istediğimiz tepeyi bu tepeyle üst üste gelmiş komşu tepelerden izole ederiz. Bu izolasyon metodu değişik araştırmacılar tarafından temizleme tekniği (cleaning- technique) olarak adlandırılır. Bu teknikte çalışmada göz önüne alınan tepeden daha düşük tepeleri ortadan kaldırmak için uygun bir termal durum tercih edilir. TL tepesi yüksek sıcaklıkta ısıtma, oda sıcaklığında optik beyazlatma ya da yaklaşık frekanslı foto uyarım ile de izole edilebilir. TL parametrelerini ortaya çıkarmak için geliştirilen analizlerin değişik metotları hep ısıtma oranı, eğri altındaki bölge ölçümleri, parlaklık eğrisi şekli, eğri fit etme tekniği ve parlaklık eğrisinin başlangıç pozisyonu gibi parametreleri baz alır.

2.1 Isıtma Hızları Farkını Kullanma Metodu:

Isıtma oranı β , TL eğri maksimumu T_m nin konumu üzerinde kesin bir etkiye sahiptir. İki farklı β_1 ve β_2 lineer oranlarını alıp bunlara karşılık gelen T_{m1} ve T_{m2} pik sıcaklıklarını bularak ve $E = kT_m \log_e (s_0 k T_m^2 / BE)$ eşitliğini kullanarak

$$\frac{\beta E}{k T_m^2} = s_0 \exp\left(\frac{-E}{k T_m}\right)$$

bulunur. Buradan da tuzak derinliğini hesaplayabiliriz.

$$E = \frac{k T_{m1} T_{m2}}{T_{m1} - T_{m2}} \ln \left[\frac{\beta_1}{\beta_2} \left(\frac{T_{m2}}{T_{m1}} \right)^2 \right] \quad (2.1)$$

Birkaç ısıtma hızı kullanarak ve $\ln(T_m^2/\beta)$ nin $1/T_m$ e karşılık grafiğini çizerek düz bir çizgi halinde E/k eğimi elde edilir ve $\ln(E/sk)$ da kesişir. Bunlardan da E ve s hesaplanabilir.

Basit bir başlangıçtan öte, E değeri bulmanın bu metodu yeniden tuzaklanma etkilerine duyarlı değildir ve hesaplanması başlangıç yükseltme metodunda olduğu gibi termal sönümlenme problemlerinden etkilenmez. T_m nin değeri için β da ki değişim çok önemli değildir. Bu metot sadece % 20-30 hata olasılığıyla elde edilen bir yaklaşıktır. E , eğer sıcaklığın ölçümü 1 K lik bir hassasiyetle yapılabilirse % 5 yaklaşıklıkla bulunmuş olur. Bununla birlikte üst üste gelen pikler için güvenilir sonuçlar ortaya konulamaz. T_m , pikler temizleme yöntemi ile izole edildiği zaman hissedilir derecede etkilenir (Chen ve Winer 1970).

$$\frac{\beta E}{kT_m^2} = s_0 \left[1 + (r-1) \frac{2kT_m}{E} \right] \exp\left(\frac{-E}{kT_m}\right) \quad (2.2)$$

şeklinde bir eşitliği ortaya çıkarmak için genel mertebe kinetiklerini hesaba kattılar. Burada r kinetiklerin mertebesidir. $\ln(T_m^2/\beta)$ ile $1/T_m$ arasında çizilecek olan bir grafik E nin değerini iyi bir şekilde belirler. Bu olayın dezavantajı sadece r değerinin önceden bilinmesinin gerekmesidir. Kitis ve arkadaşları, ısıtma oranı β nın artması için farklı metotlarla hesaplanan tuzaklama parametrelerinin değerlerini gözlemişlerdir.

2.2 Yarı – Genişlik Metodu:

TL parlaklık eğrisinin şekli, kinetiklerin mertebesiyle sıkı bir bağlılığa sahiptir. Yarı genişlik metodunda T_m , T_1 , T_2 sıcaklıkları sırasıyla pik sıcaklıklarıdır ve bu sıcaklıklardan T_1 daha düşük, T_2 daha yüksek sıcaklıklardır. T_m ye göre bu sıcaklıklar pik şiddetinin yarısına karşılık gelirler, parlaklık eğrisinin biçimine bağlıdır ve bu sıcaklıkları biçim denkleminde yararlanarak E ye bağlı biçimde bulabiliriz (Şekil 2.1). E değeri, birinci derece kinetikleri için sadece parlaklık eğrisinin yükselen bölümü kullanılarak bulunur.

$$E = \frac{1.51kT_m T_1}{T_m - T_1} \quad (2.3)$$

Buna karşılık bir parlaklık tepesinin alçalan kısmını kullanarak ta E bulunabilir.

$$E = kT_m^2(T_2 - T_m) \quad (2.4)$$

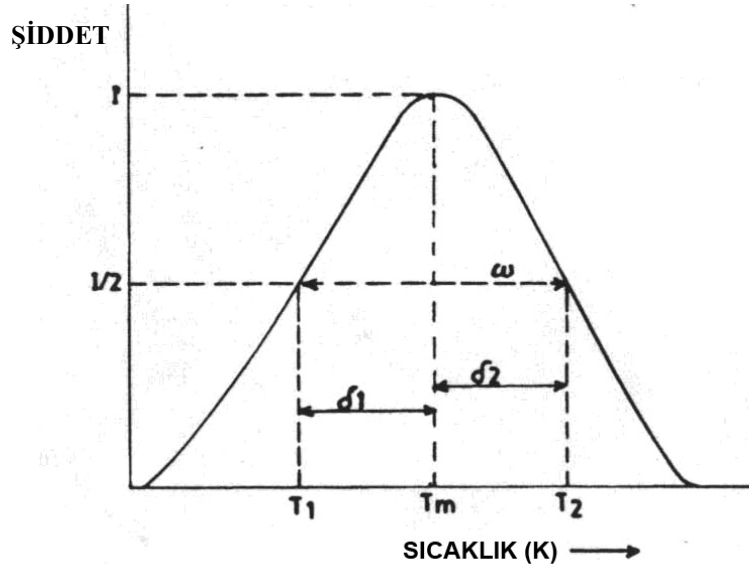
Chen, deneysel verilerin analizlerinden yarı deneysel olarak birinci mertebe kinetiklerin durumunda

$$E = \frac{1.52kT_m^2}{\delta_1} - 1.58(2kT_m) \quad (2.5)$$

ve ikinci mertebe kinetiklerin durumunda

$$E = \frac{1.81(kT_m^2)}{\delta_1} - 2kT_m \quad (2.6)$$

olduğunu gösterdi.



Şekil 2.1 Yarı genişlik metodu ile tuzak derinliği enerjisi E yi belirlemek için kullanılan bir parlaklık eğrisinin değişimini gösteren diyagram (D. R Vij ,1998).

(2.5) ve (2.6) eşitlikleri sıcaklıktan bağımsız frekans faktörü s yi hesaba katmamaktadır. Bu durumda s, T^α olarak sıcaklığa bağlıdır. Öyleyse düzeltme sonucu $E = \alpha kT_m$ olur. Burada E, (2.5) ve (2.6) eşitliklerinden bulunur. Her iki kinetik için E nin kesin bir değeri ve kinetiklerin mertebesi T_1 ve T_2 nin her ikisini birden kullanarak bulunabilir. Yarı genişlik metodu E ve s için daha düşük kesinlikte değer verir.

2.3. Başlangıç Yükselme (Initial Rise) Yöntemi:

Başlangıç yükselme metodu, örnek tek bir parlaklık eğrisine sahipse ya da farklı tuzaklanma durumlarına ait parlaklık piklerinin üst üste binmediği durumlarda kullanılabilir. Metot artışla başlayan bir parlaklık eğrisine dayanır. Tuzaklanmamış yeniden birleşme merkezlerinin ve tuzaklanmış elektronların yoğunluğu yaklaşık olarak sabit kaldığından TL şiddeti $\exp(-E/kT)$ ile orantılıdır.

Bu durumda s frekans faktörü, T^α faktörü ile sıcaklığa bağlıdır ve asıl tuzak derinliği $E - \alpha kT$ olacaktır.

2.4 DİĞER TEKNİKLER

2.4.1. İzotermal Bozunma Tekniği:

İzotermal bozunma s ve E yi belirlemede genel bir tekniktir ve herhangi bir özel ısıtım çevrim kullanmaz. TL materyali özel sabit bir sıcaklığa süratle ısıtılır ve zamanın bir fonksiyonu olarak exponansiyel olarak bozulan ışık yayılımı (yani fosforesans) izlenir. $\ln(I_t/I_0)$ ile t arasındaki doğrusal grafiğin eğimi $s \exp(-E/kT)$ ye eşit olacaktır. Bozunma çeşitli sıcaklıklarda gözlenir ve sırasıyla her bir sıcaklık için çizilecek grafiklerin eğimleri hesaplanır. $\ln(m)$ ile $1/T$ nin doğrusal grafiğinin eğimi E/k olacaktır ve E ve s den hesaplanan $\ln(s)$ ile kesişecektir.

2.4.2. Eğri Benzeşim Tekniği:

Eğri benzeşim, özel bir modeli ve E, s ve r nin belirli yaklaşık başlangıç değerlerini temel alarak yapılan sayısal hesaplamalar ile E, s ve r parametrelerini değerlendirmek için kullanılır.

Teorik bir eğri, daha öncede birinci mertebe ($r=1$) ve genel mertebe ($r \neq 1$) kinetikleri için tanımlanan analitik metotların birini kullanarak hesaplanmış olan parlaklık eğrisinin bir TL piki için E, r ve s nin değerlerinin kullanılmasıyla hesaplanır. Teorik eğri ve asıl deneysel eğri karşılaştırılır ve ikisi arasındaki ortalama karekök (rms) sapması hesaplanır. Uygulama rms sapmasının değeri bir minimum gösterene kadar E, s ve r değerleri değiştirilerek ardışık olarak devam eder. Minimum rms sapması için hesaplanan E, s ve r nin değerleri örnek için TL parametrelerinin değerlerini gerektirir.

2.4.3. Alan Ölçüm Tekniği:

Aslında alan ölçümü başlangıç yükselme yöntemi genişletilmiş halidir ve herhangi bir T sıcaklığındaki doldurulmuş tuzak yoğunluğunun parlaklık pikinin altında kalan A_T alanıyla orantılı olması temeline dayanır. Konveksiyonel Arrhenius diyagramı parlaklık pikinin altındaki toplam alan A_0 için her bir normalize I_{TL} değeri ile değişiklik gösterir. Artan $1/T$ değerleri için $\ln(I_{TL}/A_0) - 1/T$ grafiği

$$\ln(I_{TL}/A_0) = \frac{-E}{kT} + b$$

ile yönlendirilir. Burada b bir sabittir ve s nin değeri q_e^b ile verilir.

2.5. TERMOLÜMİNESANSA BAĞLI OLAYLAR

2.5.1 Termal Yolla Uyarılan İletim:

Örnek tabakaya uygulanan DC alanının etkisiyle göz önüne alınan katı örnekteki taşıyıcıların termal olarak salınması (tuzaklardan ayrılması), yük taşıyıcıları iletkenlik-bandı ya da valans-bandına geçerse numunenin iletkenliğini değiştirebilir. Bu aynı zamanda, taşıyıcılar yeniden birleşme merkezine radyasyon yayarak düşerse TL ışımada artışa neden olabilir. Böyle tuzaktan kurtulma durumlarında TL ve TSC (termal olarak uyarılmış iletkenlik yada akım) örnekte aynı anda meydana gelecekler ve bunlar arasında bazı etkileşimler olacaktır. Eğer TL ışımada taşıyıcıların valans bandına ya da iletkenlik bandına gitmeden tünellenmesi yöntemi ile radyasyon yayarak yeniden birleşmesiyle ve taşıyıcıların daha sonra bu tuzaklardan kurtulmasıyla oluşuyorsa TSC, TL den daha çok olmayacaktır. Bu durum TL ve TSC nin eşzamanlı olaylar olması halinde mümkündür.

TL ve TSC parlaklık eğrileri genelde benzer yollarla bulunur. TL için kullanılan metotlar TSC piklerinin analizi için de kullanılır. Aynı zamanda bir örnekteki dipol yönelimine karşılık gelen bir TSC piki de olabilir ve bu pik taşıyıcıların tuzaktan kurtulmasından dolayı ortaya çıkmadığından pikin TL piki ile ilişkisi olmayabilir. TL ve TSC nin eş zamanlı ölçümleri değişik araştırmacılar tarafından yapılmıştır. TSC ölçümleri yeniden birleşme merkezlerinin ve tuzak dinamiklerinin ve TL'i etkileyen hataların doğasını anlamada da kullanışlı bilgiler verir.

2.5.2. Termal Yolla Uyarılan Dış Elektron Işıması (TSEE):

Termal yolla uyarılmış dış elektron ışması, TL in temelinde yatan etkileri yorumlamak, bir örnek ısıtıldığı zaman serbest kalan elektronların tuzaklanma durumlarının dağılımı ve doğasını anlamak için etkili bir tekniktir. Dış elektronlar olarak adlandırılan bu serbest elektronlar iletkenlik bandına giderler. Yüzeydeki potansiyel engelini ve yüzeydeki yüklerin çekimini aşmak için yeterli enerjiyi aldıktan sonra örnekten ayrılırlar ve örneğin yukarısına yerleştirilecek olan pozitif potansiyelli bir elektrot yardımıyla bir detektörde toplanabilirler. Sıcaklığın bir fonksiyonu olarak elde edilen bu ışma verim eğrisi olarak adlandırılır. Aynı termal yolla tuzaklardan salınan elektronlar TL ışmasına neden olan bir yeniden birleşme merkezinde radyasyon yayarak birleşebilirler. Aynı sıcaklıkta TL ve TSEE arasındaki ilişki olması TL a katkı sağlayan elektron tuzakların olduğunu gösterebilir. TL-TSEE arasındaki ilişki değişik araştırmacılar tarafından çalışıldı. Genellikle TL ve TSEE nin son derece uyumlu olduğu durumlar için E, s ve pik pozisyonu gibi kinetiklerin parametreleri değerlendirildi. TL için başarılı tanımlar yapan Randall ve Wilkins teorisi (1945) TSEE yi açıklamak için de kullanılmış ancak araştırmacıların çoğu diğer modeller arasından TSEE teorisini daha iyi formüleştirmek için çalışmıştır. TL ve TSEE arasında herhangi bir ilişki olmaması TSEE nin hacim tuzakları olduğu kadar yüzey tuzakların da sonuçlanmasından kaynaklanabilir oysaki, TL ışmasında sadece hacim tuzakları etkilidir.

2.5.3. Elektron Spin Rezonansı (ESR):

Elektron spin rezonansı, TL'daki yük tuzaklarını ve bu tuzakların salınım mekanizmasını göz önünde bulunduran bilgiler sağlar. Tuzaklanan elektronlar karakteristik ESR çizgisine artış sağlar. ESR sinyalinin yüksekliği ve buna bağlı olarak tuzaklanmış elektronların sayısı (i) tuzakların sayısı, (ii) ışmanın süresi, (iii) doz oranı ile doğru orantılıdır. Pratikte ESR, tuzaklardaki elektronları ölçtüğünden kristal incelenmesinde TL dan daha iyi sonuç verir. TL örneklerinin ESR çalışmaları, lüminesans merkezlerinin mekanizması, çekirdeklerin yapısı ve ışma sırasında ortaya çıkan paramagnetik merkezlerin karakteristikleri hakkında bilgi sağlayabilir. İki metodun yoğunluk faktörleri 10^6 civarında bir orana olduğundan ESR den nitel bir sonuç elde etmek zordur (TL boşalması daha şiddetlidir). TL ve ESR arasında NaCl, CaF₂, CaSO₄ ve LiF gibi katı fosforlarda hataların varlığını destekleyen bir bağıntı vardır.

2.5.4 Optiksel Soğurma:

Optiksel soğurma ve TL korelasyon çalışmaları, merkez şekillenişinin tiplerini ve onların parlaklık pikleri ile ilişkisini belirlemek için önemli sonuçlar ortaya koyar. Pozisyon, bölge, sayı ve optik soğurulma bandı, değişik bileşiklerin görelî şiddetleri özel bir bant için hataların konsantrasyonu ve türünü belirlemeye yardımcı olabilir.

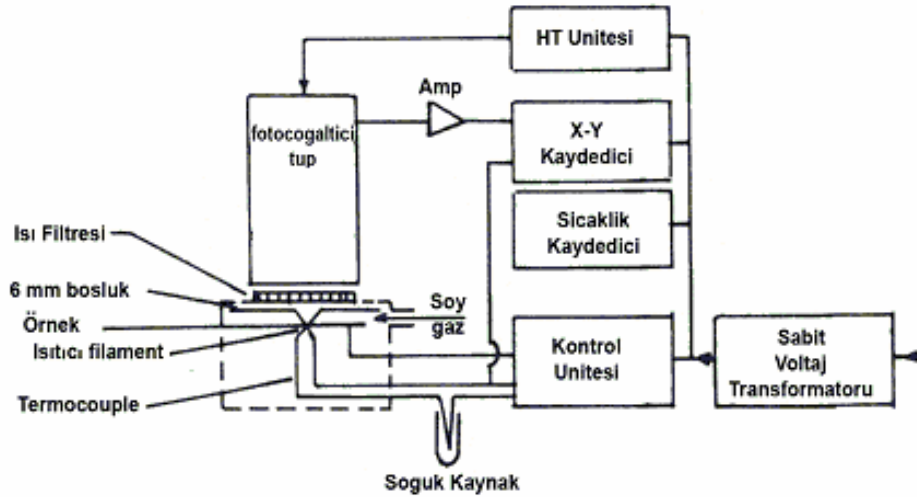
BÖLÜM 3 TERMOLÜMINESANS ÖLÇÜM METODLARI:

TL ölçümleri bir araştırma laboratuvarında kolaylıkla kurulabilen masrafı az deneysel aletlerle kolaylıkla yapılabilir. Bir fosforun TL şiddeti i) dalga boyuna ve ii) sıcaklığa bağlı olmak üzere iki yolla kaydedilebilir. İlk durum için, her bir parıldama pikine karşılık gelen TL ışığının spektral dağılımı metallerin band yapısı hakkında bilgi verir. Farklı mekanizmalar yardımıyla, bantlar arası geçişler, tuzaklar, elektronlar ve boşlukların hareketleri ve yeniden birleşme merkezleri gibi kavramlar yorumlanır. Bir parlaklık pikinin TL ışımaya spektrumu TL materyalinin sıcaklığını da ortaya koyar

TL şiddetinin sıcaklığa bağlı olarak belirlendiği ikinci yol ise radyasyon dozunu ölçmede kullanılır. Bu işi yapacak bir deneysel düzenek TL okuyucusu olarak adlandırılır. TL genel olarak TL numunesinin sıcaklığını kontrol etmek için kullanılan bir ısıtma sistemi, bir ışık toplayıcı dedeksiyon sistemi ve birde sinyalleri kaydeden bir sistem olan kaydediciden oluşur.

3.1 Temel Termolüminesans Aparatları

Şekil 3.1 de deneysel düzenlemenin basit bir şeması görülmektedir.



Şekil 3.1 Termolüminesans sisteminin basitleştirilmiş diyagramı (D. R Vij ,1998)

TLD örneği düzenek içine toz, disk ya da şerit şeklinde yerleştirilerek ölçüm alınması mümkündür. Materyalin ısıtılmasıyla oluşacak foton yayımlanması foto çoğaltıcı tüp yardımıyla, dedekte edilebilir hale getirilir. Deneysel düzenekte materyalin farklı

sıcaklıklarına karşılık TL şiddetleri ya da sinyallerle alınan piklerin karşılık geldiği dalga boylarına bağlı olarak kaydedilir.

3.1.1 Isıtma Sistemleri:

Isıtma işlemi parlaklık eğrisinin oluşumunda çok önemli bir rol oynar. TL materyallerinin ısıtma işlemi örneğin durumuna bağlı olarak (yani; mikrokristal, toz, tek kristal, şerit ...) farklı yollarla yapılabilir. Bu farklı ısıtma yöntemleri (i) elektrik rezistans ısıtması, (ii) gaz ısıtması, (iii) optik ısıtma yöntemleridir.

Elektrik rezistans ısıtması; genellikle en çok kullanılan yöntemdir. Materyale voltaj uygulanmasıyla ısıtma temeline dayanır.

Gaz ısıtması; materyalin sıcak gaz molekülleri arasına konularak ısıtma temeline dayanır.

Optik ısıtma da infrared, mikrodalga ve lazerler yardımıyla ısıtma temeline dayanır.

3.1.2 Işık Dedeksiyonu, Kaydetme ve Gösterim:

Bir fosfordan yayımlanan TL ışığını dedekte etmek için genel olarak fotoçoğaltıcılar kullanılır. TL sonucunda açığa çıkan radyasyonu çoğaltıp sinyaller haline getirir ve bir spektrum oluşturulmasının temelini oluştururlar. Bu sistem diğer radyasyon sayaçları ile aynı mantık üzerine kurulmuştur ve burada özel olarak genelde farklı TL materyalleri için farklı fotoçoğaltıcı tüpler kullanılır.

TL şiddetinin ölçülmesi için en uygun ve çok sık kullanılan yöntem X-Y grafik kaydedicilerinin kullanıldığı yöntemdir. Bu kaydedicinin kullanılmasıyla parlaklık eğrisinin TL şiddeti ile sıcaklığın bir fonksiyonu olarak kaydedilir.

3.2.MATERYALLERİN HAZIRLANIŞLARI ve KARAKTERİSTİKLERİ

El yapımı fosforların oldukça basit TL sistemleri olması ve laboratuarlarda kolaylıkla elde edilebilmesi nedeniyle bu fosforları kullanan TL dozimetrisi ile ilgili araştırmalarda doğal bir büyüme olmuştur. TL materyalleri ana materyallerde safsızlıkların miktarını izleyip kontrollü şekilde karıştırarak ya da uygun konsantrasyonda safsızlıkların olduğu bir çözeltideki ayırıcı çöktürerek hazırlanabilir. Karışım 1000C^o ye ya da daha yukarıya ısıtılması ana materyalin örgüsüne safsızlığın difüzyonuyla sonuçlanır. Ana materyal oldukça saf olmalı ve çoğunluk vakum distilasyonu ve bölgesel arıtma gibi

metotlarla hazırlanmalıdır. Safsızlıkların her ikisi de saf olmak şartıyla elementin kendisi ya da uygun bir bileşiği olarak seçilir.

3.2.1 Materyallerin Karakteristikleri:

Kayaların ve minerallerin yaşlarını tahmin etmek için TL karakteristikleri kullanılırken yapay olarak elde edilen materyallerin TL karakteristikleri radyasyon dozlarının farklı türlerinin ölçülmesi için kullanılır. Böyle TL materyalleri *termoluminesans dozimetresi* olarak adlandırılır (TLDs). TLDs hassastır, ekonomiktir ve kesin bilgiler sunar.

Burada özel TL materyallerinin karakteristiklerinin detaylarını incelemeden önce, TL spektral ışımaya tepe pozisyonları, dayanıklılık, termal davranış, doz karşılığı, enerji bağımlılığı ve fototransferli TL ve parlaklık eğrisi gibi bir fosforun incelenmesi için gerekli olan bazı özellikleri ele alacağız.

3.2.1.1. Parlaklık Eğrisinin Tepe Konumu ve TL Işık Yayımlama Eğrisi:

Bir TL dozimetresi seçildiği zaman birkaç faktöre dikkat etmek gerekir. İlk olarak, materyalin tek yada iyi ayrılmış bir parlaklık tepesi vermesi açısından kullanılan radyasyon için oldukça şiddetli bir TL yayımlama fosforu olması gerekir. Parlaklık tepesi, sönmülenmesinin önlenmesi için oda sıcaklığından daha büyük bir sıcaklık ($\approx 200-250C^0$)ta ortaya çıkmalıdır. İkinci olarak TL yayımlama spektrum pikinin dalga boyu, görünür spektrumunun mavi-yeşil bölgesinde oldukça belirgin olan fotoçoğaltıcı tüpün kuantum etki tepesi ile uyumlu olmalıdır. Bu genellikle ısıtılan fosfordan herhangi bir akkorkluk (IR) yayımlanması engellenerek yapılır. Yüksek sıcaklık parlaklık pikleri ($250C^0$ üzerindeki) düşük dozlar ölçülürken infrared yayımlanması karışması durumunda olduğu gibi arındırılmalıdır.

3.2.1.2.Sönümlenme ve Süreklilik:

Sönümlenme I_{TLt}/I_{TL0} şeklinde tanımlanır. Burada I_{TL0} fosforun bir önce ölçülen TL verimi ve I_{TLt} t periyodluk ışıklandırmadan sonra ölçülen TL verimidir. Bir TLD deki sönmülenme depolama süresince tuzaklanan taşıyıcıların sayısının azalmasına neden olur ve termal ya da optiksel uyarmadan da etkilenir (depolama süresi: ışıklandırmanın durması ile TL ın başlaması arasındaki zaman). Sönümlenme bir TLD için kaydedilen önemli karakteristiklerden biridir ve kontrolü zordur. Sönümlenme depolama ve çevre sıcaklığına bağlı olduğundan yüksek sıcaklık piklerinde düşük sıcaklık piklerine göre daha azdır. Özellikle, TLD si yüksek sıcaklıklı bir çevrede çalışıldığı zaman daha önemlidir.

Böyle bir durumda taşıyıcıların bir kısmı tuzaksız olabilir. Bu durumda tuzaklanan taşıyıcıların sayısı azalır ve depolanma sıcaklığı kadar depolanma zamanı da artar.

Işı tılan TLD nin optiksel sönümlenmesi doz denetiminin doğruluğunu etkilemesinden dolayı önemli bir faktördür. Bu, radyasyon dozuna ön ışımaya yapıldıktan sonra TLD fosforunun optiksel ışımından dolayıdır. Bu işlem renk merkezlerinin sayısını azaltır ve bundan dolayı TL kazancı da düşer.

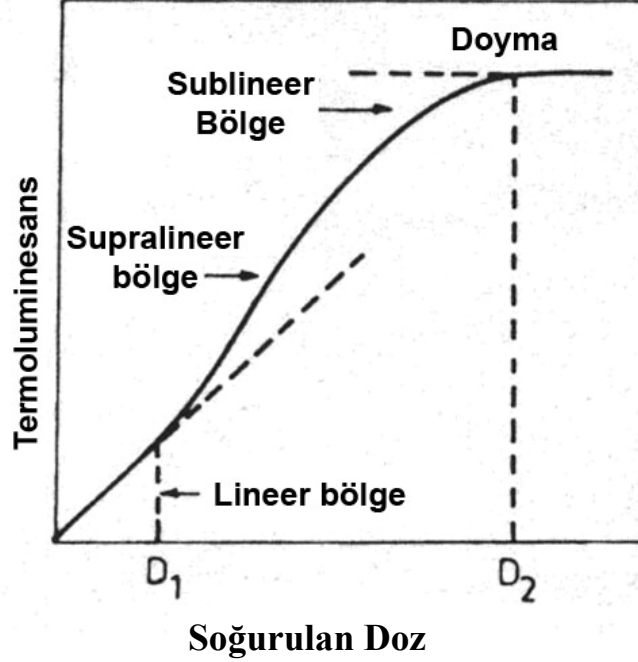
3.2.1.3. Doz Karşılığı ve Tavlama:

Doz karşılığı, TL fosforuna uygulanan radyasyon miktarı ile TL verimi arasındaki ilişkidir. İyi bir TLD nin alınan doz ile TL verimi arasında lineer bir ilişki göstermesi gerekir. Dozimetre aynı zamanda belli bir doz aralığında çok daha hassas olmalıdır ve bu bölgede herhangi bir doyma göstermemelidir. Genellikle, eğrilerinde birçok pik gösteren TL materyalleri doz ile sublineer den daha supralineer davranış sergilerler. Parlaklık eğrisinin tek bir pik olduğu durumda doz karşılığı orta doz bölgesine kadar hemen hemen doğrusal olmasına rağmen büyük doz bölgesinde sublineer olur. Radyasyonun soğurulmasını izleyen hassaslaştırma mekanizması (TL şiddetinde artma) TL fosforlarının çoğu ile gözlenir ve supralinearity ile ilgilidir. Hassaslaştırma ve supralinearity problemlerinin üstesinden gelmek için her bir ışımadan sonra fosfor (sabit yüksek bir sıcaklıkta) tavllanır. Hata dengesi tavlama sonrası tekrar elde edilir. Şekil 3.2 de soğurulan doza karşılık TL in davranışını gösteren bir eğri görülmektedir. Bu eğri bize önemli bir değişken olan tavlama sonrası soğurma oranını da göstermektedir. UV/termal tavlama ile hassaslaştırma işlemi, minimum algılanabilir doz ve maximum şiddet sağlamak için birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır. Supralinearity ve hassaslaştırma, radyasyonun doğrusal enerji transferi (LET) ne bağlıdır. Bir materyalin LET'i yüklü parçacıklar için $\frac{dE}{d\ell}$ dir.

Burada dE elektronlarla çarpışması esnasında geçilen bir d ℓ mesafesinde yüklü parçacıklar tarafından kaybedilen enerjidir. Aslında, bir ortamdaki radyasyonun iyonlaştırma kapasitesi genellikle ortama gelen enerji (keV / μm deki düşen LET) tarafından aktarılan enerji ile belirlenir. Genel olarak görece TL tepkisi yani:

$$\frac{\left(\frac{TL_{\xi}}{Sdoz} \right)_{LET}}{\left(\frac{TL_{\xi}}{Sdoz} \right)_{Co^{60}}}$$

ve supralinearity LET deki artış ile azalır fakat değişim daha karmaşıktır. Yüksek LET radyasyonundaki doza lineer tepkinin oranı düşük LET radyasyonundakinden daha azdır.



Şekil 3.2 Soğurulan doza karşılık TL in davranışını gösteren şematik diyagram (D. R Vij ,1998)

3.2.1.4. Enerji Tepkisi:

TLD nin geniş bir enerji aralığında sabit bir tepkiye sahip olması istenir. Aslında bir TLD fosforu fotonlarla özellikle x-ışınları ile ışındığında TL hassasiyetinin enerjiye bağlılığı (X-ışınları ve γ -ışınları için her bir ölçüm başına TL yoğunluğu ve yüksek enerjili elektronlar ve yüklü parçacıklar için doz başına soğurulan TL yoğunluğu) fosforun Z_{eff} (etkin atom numarası) den şiddetli biçimde etkilenir. β parçacıkları ve nötronlar için enerji tepkilerinin farklı olduğu görülebilir. Termal nötron ölçümü için bir çift Li^6F ve Li^7F kullanılabilir. Bu TLD leri fotonlar için aynı tepkiyi verirler. Ancak farklı tesir kesitlerine sahip olduklarından termal nötronlar farklı hassasiyetler sergilerler. Li^6F hem γ -ışınları hem de nötronlar için TL a duyarlıdır oysa, termal nötronları olmayan Li^7F γ -ışınlarına duyarlıdır. Bu yüzden termal nötron akıyı TL şiddeti gözlemlerindeki farklılıklardan belirlenebilir.

3.2.1.5 Fototransfer edilmiş Termoluminesans:

TL fosforlarının hemen hemen hepsi daima parlaklık tepesinin genel ölçümü alındıktan sonra TL artışı gösterirler. $300C^0$ nin üstünde ortaya çıkan bu artış TL (RTL, rise thermoluminescence) şiddeti, çok düşük olmaya başlar ve çoğunlukla da gözlenemez. Yüksek sıcaklık RTL pikleri özel ısı filtreleri ile kaydedilebilir. Yüksek sıcaklık artış piklerinin tuzaklanmış yükleri daha düşük TL piklerinin tuzaklanmış yüklerine de dönüşebilir. Bu şekilde oluşturulan yüklerle oluşturulacak TL a fototransfer olmuş TL denir.

3.3 TLD FOSFORLARI:

3.3.1 Lityum Florür(LiF):

LiF, klinik ve radyobiyojik dozimetride kullanımı açısından TL materyalleri arasında en kullanışlı ve popüler olanıdır.

LiF belirtecini ilk kez Daniel ve grubu araştırmış fakat ilk kullanan Cameron ve grubu olmuştur. LiF'ü TL-100 olarak adlandırmışlardır. Daha sonraları Li'un farklı izotopları kullanılarak değişik TLD leri de geliştirildi. İyi bir LiF fosforu ana katkı maddesi olarak Mg(100-300ppm) ve koaktivatör olarak ta Ti(10-20ppm) e sahip olmalıdır. Bir LiF: Mg: Ti fosforu koaktivatörlerin değişik bileşikleri (yani MgF_2 , LiCryolite ve LiTi Fluoride) ile karıştırılarak elde edilebilir. LiF fosforları için standart tavlama yöntemi $400C^0$ de bir saat süreyle ısıtmaktır.

Yüksek γ -dozu altında ışınlanmasıyla, TL tepkisi supralinear olur ve TL duyarlılığı radyasyon üreten duyarlılık olarak adlandırılır ve bu bölgede TL duyarlılığı sürekli olarak artar.

3.3.2.Kalsiyum Florür(CaF_2):

CaF_2 , kübik bir kristal yapısıyla florür gibi mineral şeklinde kullanılabilir ve şiddetli TL sergiler. CaF_2 kristalleri saf olarak TL göstermekle birlikte Mn, Sm, Ce, Tb, ve Dy gibi metal iyonları ile katkılandırıldığında TL gösterebilir.

Katkı maddesinin ve diğer yabancı atomun özelliklerine bağlı olarak TL ışınma spektrumunda farklı farklı tepe değerleri ortaya koyar.

3.3.3.Kalsiyum Sülfat(CaSO₄):

CaSO₄:Mn uzun bir süre iyonlaştırıcı radyasyon detektörü olarak bilinir ve roket uçuşlarında atmosferin üstündeki UV ve X-ışınlarının ölçümü için kullanıldı.

Bu fosfor, sentetik CaF₂ fosforuna kıyasla 100 kat daha hassastır ve düşük doz ölçümleri için oldukça sık kullanılır.

Belli bir miktar saf CaSO₄ ve MnSO₄ sulu H₂SO₄ te karıştırıp ısıtma yoluyla tamamen buharlaştırarak kurutup CaSO₄:Mn TLD fosfatı elde edilir.

3.3.4 Lityum Borat (Li₂B₄O₇):

1967 de Schulman ve grubu Li₂B₄O₇:Mn ın LiF ün yerine medikal terapi dozimetrisinde kullanılabileceğini öne sürdüler ve daha sonrada Li₂B₄O₇:Mn yanı sıra Li₂B₄O₇:Cu fosforu da geliştirildi.

Li₂B₄O₇:Mn , LiCO₃ ve H₃BO₃ ün belirli oranda karıştırıp MnCl₂.2H₂O ile nemlendirildikten sonra 12 saat süreyle 120 C⁰ de tutularak kurutulması ve 950 C⁰ ye ateşlenmesi ile elde edilir. Li₂B₄O₇:Cu fosforunda bir yapıştırma metoduyla türetilmiştir

Bu fosforların her ikisinin de γ ve termal nötronların dedekte edilmesinde hassaslık derecesi oldukça iyidir.

3.3.5 Alüminyum Oksit(Al₂O₃):

Al₂O₃ doğal şekilde bulunabilecek bir TLD fosfordur ve bu sebepten de değeri düşüktür. Mekanik olarak elde edilmesi de zordur ama kırılğan olmaması yıkanması ve temizlenmesinin kolay olması bakımından da diğer dozimetrelere üstündür.

Al₂O₃:Mn,Y dozimetresi γ ve nötron - γ karışım ışınlarını algılamada iyidir ama bozunma nötronları için hassaslığı düşüktür. Al₂O₃ Si, Ti, Y Li ile aşılaraq farklı fosforları da elde edilebilir. Bunlar arasından Al₂O₃:Si, Ti nin görünür bölgede hassas oldukları bulunmuştur.

3.3.6 Berilyum Oksit (BeO):

BeO γ ve X ışınları için TLD olarak kullanılabilir. Ticari kaynaklı olarak bulunması mümkündür.

3.3.7 Magnezyum Silikat (Mg_2SiO_4) :

Doğada bulunması mümkündür. Mg_2SiO_4 :Tb nin γ ve UV için hassas bir fosfor olduğu bilinir.

MgO , SiO_2 , ve HCl ve HNO_3 içindeki Tb_2O_3 ün karıştırılmasıyla oluşacak pasta $400-600\ C^0$ kadar ısıtılarak kurutulur ve toz haline getirildikten sonra tekrar platinum maden eritme kabı içinde $1700\ C^0$ ye kadar ısıtarak birkaç saat bu durumda tutmakla elde edilir.

3.4 UYGULAMALAR:

TL tekniği sağlık fiziği, radyasyondan korunma ve kontrolde ve biomedikal uygulamalarında kullanılmaktadır. Bu teknik ile jeolojik ve arkeolojik maddelerin yaşları da belirlenebilir.

3.4.1 Radyasyon Dozimetrisi:

Farklı laboratuvarlarda oldukça şiddetli ve ekonomik TLD üretmek mümkündür. TLD leri ile 10^{-4} - 10^2 Gy radyasyonların ölçümü mümkündür. TL dozimetresi insan bedeninin görüntülenmesinde kullanılır (deri, ciğer, terbezi, göğüs ...). Deri dozimetresi $5-10\ mg/cm^2$ lik bir derinlik için doz verilmesini gerektirirken vücut dozimetrelere $300-1000mg/cm^2$ lik derinlikte ölçüm yapar.

TLD leri çoğunlukla γ -ışınları , β -ışınları, nötronlar ve protonlar gibi ağır yüklü parçacıkları ölçerler.

3.4.2 Çevresel Gözlem:

Genel olarak kozmik ışınlar, radyoaktif materyaller, atomik patlamalar ve nükleer bölünmeler çevredeki radyasyonu artırıcı etkiler oluşturur. TLD ler yardımıyla bu olaylar sonucu açığa çıkan ışınlarla birlikte güneşten gelen UV radyasyonu ve evlerdeki radyasyon miktarı gibi çevresel doz ölçümleri yapmak mümkündür.

3.4.3 Termoluminesansla Yaş Tayini:

Arkeolojik ve jeolojik materyallerin yaşları TL tekniği ile başarılı bir şekilde belirlenebilmektedir. Karbon içerikli arkeolojik materyallerin yaşlarının belirlenmesi için

C¹⁴ metodu kullanılır fakat, karbon içeriği olmayan materyaller için bu tekniğin kullanılması hiçbir sonuç vermez.

Yaş ölçümü için toprak ve civarındaki radyoaktif elementlerden radyasyon yayımlanması esnasında numunede oluşacak TL verileri toplanır uygun ölçümleme teknikleri yardımıyla soğrulan doza bağlı olarak TL miktarı ölçülür. Alınan radyasyonla ortaya çıkan TL şiddeti arasındaki ilişkiden yaş belirlenir.

TL için çok düşük enerjili radyasyonların bile algılanabileceği göz önüne alınırsa numuneye gelen tüm ışımanın belirlenebileceği anlaşılır (D. R Vij 1998, Lüminesans of Solid).

BÖLÜM 4 SANADİN VE TURKUAZIN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

4.1 SANADİN



Şekil 4.1 Sanadin görünümü

Kimyasal Formülü: $KAlSi_3O_8$; Potasyum alüminyum silikat

Türü: Silikat

Alt Türü: Tectosilikat

Grup: Feldspar

Kullanım Alanları: Mineral örnekleme ve porselen sanayi

Sanadin farklı kristal yapılaraya sahip olmasına rağmen aynı kimyasal formülü paylaşan diğer minerallerin bir polymorphudur. Bu mineraller arasındaki pozitif tanımlama ilgili metotlarla yapılmazsa örnekler potasyum ya da sodyum feldspar olarak tanımlanabilir. Potasyumca eksik plagioclase renklidir ve genellikle yivlidir. Diğer potasyum feldspar mineralleri ortoclase ve microlinedir. Bu mineraller arasındaki farklılıklar eldeki örneklerde görülür.

Sanadin ve anortoclase'ler düzleştirilmiş kristal doğasına sahiptirler. Sanadin, kayaların çabuk soğuduğu riyolitler gibi volkanik kayaç kayalarında yaygın bir bileşendir. Ortoclaseler granit ve yavaş soğuyan syenitin temel K-feldsparlardır ve microline granit, pegmatit ve yavaş soğuyan syenitin K-feldspar bileşimidir. Sanadine K-feldsparın yüksek sıcaklıktaki halidir. Sanadine yaklaşık 900 °C'nin üstünde dengeli bir yapıdadır. Ortoclase 500 °C ve 900 °C arasında dengeli bir yapıya sahiptir. Microline, 400 °C'de ya da daha düşük sıcaklıklarda $KAlSi_3O_8$ için dengeli bir yapıya sahiptir. Yapılar arasındaki fark alüminyumlar ve silikonların rasgele diziliminden kaynaklanır. Alüminyum ve silikonun konumu yüksek sıcaklıklarda hata oluşturur ve ortoclase, son olarakta sanadine monoklinik simetrisini oluşturur.

İkili kristal oluşumu tüm feldsparlarda vardır ve Albite Law, Pericline Law, Carlsband Law, Manebach Law ve Baveno Law gibi belli ikili kristal kurallarını izler. Sanadinde sadece Carlsband Law görülür. Carlsband Law, zıt doğrultuda oluşan ikili ara oluşum kristallerini ortaya çıkaran oluşumdur. İki farklı ikili kanun, Manebach ve Baveno kanunları belli bir ayna düzlemi ve penetrat açılı kristaller oluşturur. İkili kristaller genelde sanadin için yaygın olmasına rağmen mükemmel bir ikili kristal oluşumu gösteren kristaller azdır.

Sanadin, saf $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ den saf KAlSi_3O_8 'e kadarki alkali yada K- feldspar serisinin son üyesidir. Bu seri, potasyumca zengin sanadin ve sodyumca zengin albite mineralleriyle yüksek sıcaklıklarda oluşur.

Fiziksel Karakteristikler

Renk: Açık beyaz ve diğer renklerin soluk tonudur.

Parlaklık: Camın aşınmış halidir.

Saydamlık: Kristaller saydam ya da yarı saydamdır.

Kristal sistemi: Monokliniktir.

Kristal doğası: Çizgisel kristaller içerir. Kristaller ufak eğimli ve pinacoid bağlantılı dikdörtgen şekle sahiptir.

Yarılma: İki doğrultudadır.

Sertlik derecesi: 6

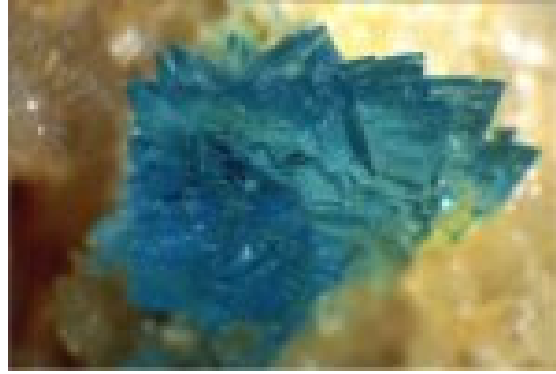
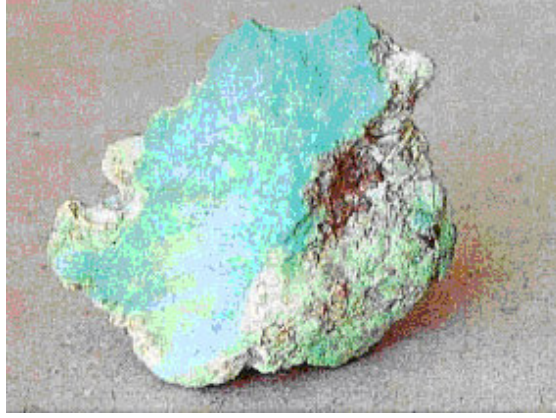
Spesifik ağırlığı: Yaklaşık olarak 2,56-2,53

Çizgileri: Beyaz.

Bileşimindeki mineraller: Mineraller plagioklaz feldsparlardır.

Yaygın safsızlıklar: Fe, Ca, Na, H_2O

4.2 TURKUAZ



Şekil 4.2 Turkuaz görünümleri

Kimyasal Formülü: $\text{CuAl}_6(\text{PO}_4)_4(\text{OH})^+(\text{H}_2\text{O})$, hidrat bakır alüminyum fosfor.

Sınıfı: Fosfat

Kullanımı: Kuyumculukta kullanılan bir taştır.

Turkuaz kumculukta kullanılan, saydam olmayan oldukça değerli bir mineraldir. İlk Mısırdaki yaklaşık olarak 6000BC'de bulunmuştur. Tarihte, Amerikan yerlileri ve İranlılar tarafından güzel süsler yapmak için kullanılmıştır. Popülerliğini günümüzde hala korumaktadır. Nadir bulunan bir kristal olmasına rağmen bazı küçük kristaller Virginia ve başka yerlerde bulunmuştur. Çoğu örnek, kristallerin mikroskopla gözlenebildiği boyutta olduğu kriptokristaldir.

Fiziksel Karakteristikler

Renk: Yeşile çalan maviden gökyüzü mavisine kadar değişir.

Parlaklık: Mattır, makrokristallerde camsıdır.

Saydamlık: Saydam değildir.

Kristal sistemi: Triklinitir.

Kristal doğası: Modül (küçük boğum) ve ince damar gibi kriptokristal şekilde görülen kristallerdir.

Yarılma: İki doğrultuda iyidir ancak çok sık gözlenmez.

Sertlik derecesi: Apatit ve ortoklazlarda 5-6

Spesifik ağırlığı: Yaklaşık olarak 2, 6-2,8

Yoğunluğu: 2.6-2.8 ortalama 2.7

Bileşimindeki mineraller: pyrite, limonite, kuartz ve killerdir.

Diğer karakteristikler: Rengi deri yağına maruz kaldığında değişebilir.

Çıktığı yerler: Arizona ve Meksika, Amerika, Avustralya, İnan, Afganistan ve diğer Ortadođu yerleşimleridir.

En iyi göstergeleri: Kristal özellikleri, sertliği, parlaklığı, rengi ve bileşimleridir.

Genel turkuaz bilgileri

Moleküler ağırlığı 813,44 gm'dir.

Alüminyum	19,90 %	Al	37,60 %	Al ₂ O ₃
Bakır	7,81 %	Cu	9,78 %	CuO
Fosforlar	15,23 %	P	34,90 %	P ₂ O ₅
Hidrojen	1,98 %	H	17,72 %	H ₂ O
Oksijen	55,07 %	O		
	100,00 %		100,00 %	= Toplam oksit

Deneysel formülü: CuAl₆(PO₄)₄(OH)₈4(H₂O)

Adının kökeni: Türkiye'de adlandırıldıktan sonra avrupaya getirildi.

Eş anlamlısı: Callaite

ICSD 21062

PFD 6-214

Kristolografisi

Eksenel ebatı: a:b:c=0,7517:1:0,7718

Hücre boyutu: a:7,48, b:9,95, c:7,68; alfa:111,65°; beta:115,383°; gama:69,433°;V:449,39

Den(calc):3,01

Kristal sistemi: triklinit-Pinacoidal. HM sembol (1), grubu: P1

X- ışını difraksiyonu: (I/I_0) şiddeti: 3.68(1), 2.91(0.8), 6.17(0.7)

Turkuaz Optiksel Özellikleri

Elektron yoğunluğu: Çift eksenli (+); a:1.61; b: 1.615; c:1.65; $2V(\text{calc}):44^\circ$; dispersiyon görelî olarak şiddetlidir.

Hesaplanan özellikleri:

Elektron yoğunluğu : $\rho_{\text{elektron}} = 3.01 \text{ gm/cc}$

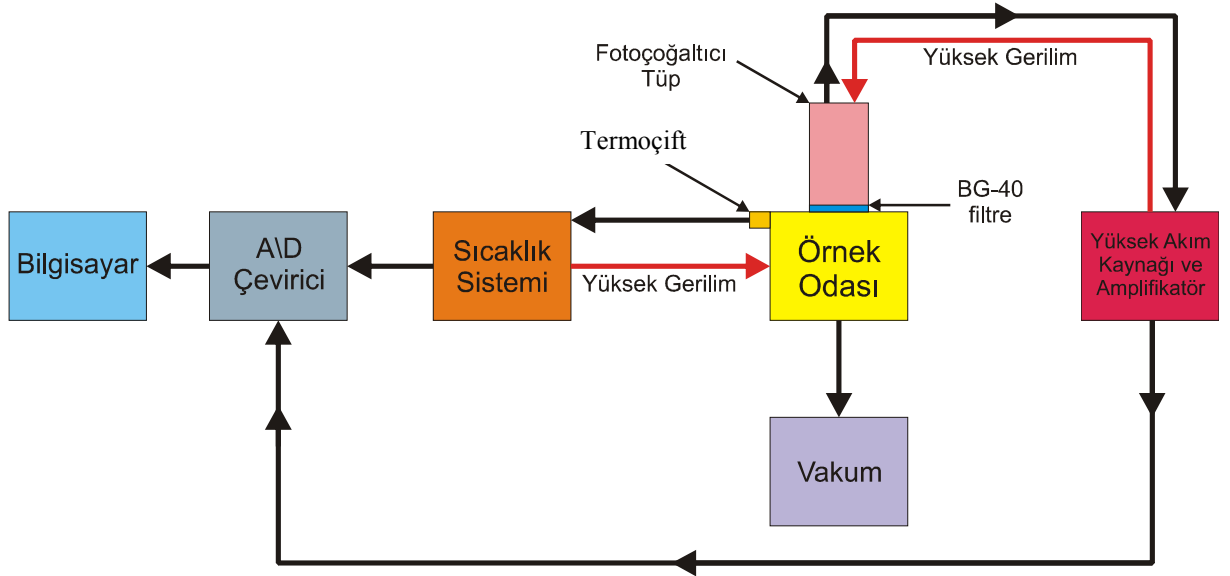
Fotoelektrikliği: $PE_{\text{turkuaz}} = 4.64 \text{ barns/ elektron}$

$$U = PR_{\text{turkuaz}} \times \rho_{\text{elektron}} = 13.99 \text{ barns/cc}$$

Radyoaktifliđi: Turkuaz radyoaktif değildir.

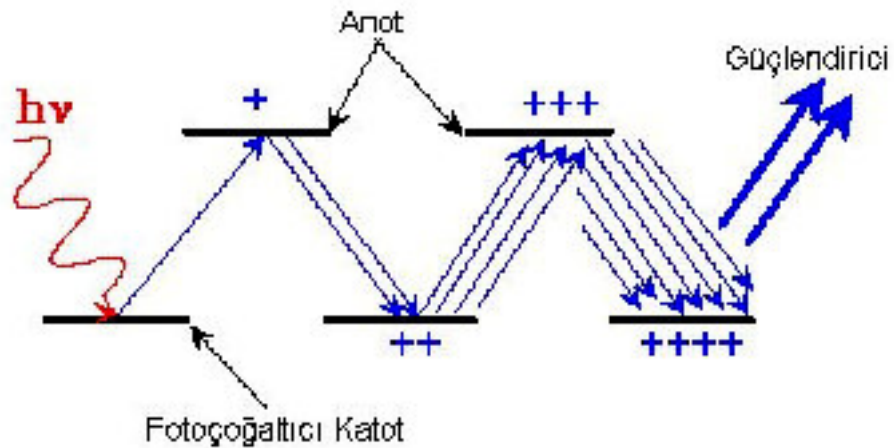
BÖLÜM 5 DENEYSEL YÖNTEM

5.1 DENEY DÜZENEGİ



Şekil 5.1 Termoluminesans ölçümleri için kullanılan, Celal Bayar Üniversitesi Fizik Bölümünde bulunan ölçüm Sisteminin şematik gösterimi.

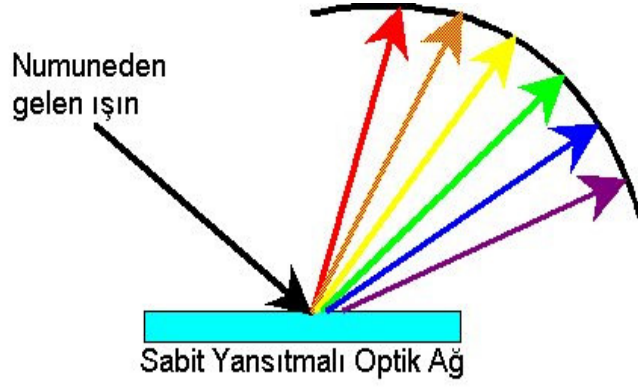
5.1.1 Fotoçoğaltıcı Tüp:



Şekil 5.2 Fotoçoğaltıcı tüp içeriği (Yrd.Doç.Dr. M. Şahin Dünder. 1999)

Işın enerjisini elektriksel sinyale dönüştüren cihazlara dedektör adı verilir. Dedektörlerin en önemli özelliklerinden birisi üzerine düşen ışın şiddetiyle elektriksel çıkışın doğrudan orantılı

olmasıdır. Buna ilaveten iyi bir dedektör üzerine düşen çok az sayıda foton içeren ışın demetini elektriksel sinyale dönüştürebilmelidir. Birçok dedektör dizaynı kullanılmasına rağmen bunlardan en çok kabul gören ve en yaygın olanı fotoçoğaltıcı tüptür. Bunun nedeni ise bu dedektörün çok duyarlı olması ve geniş dalga boyu aralığında kullanıma imkân vermesidir. En büyük dezavantajı ise şiddetli ışına maruz kaldığında hemen bozulmasıdır. Bu tür cihazlar sodyum, potasyum gibi kolay iyonlaşabilen elementlerden imal edilmiş katot ve anottan yapılmıştır. Katota gönderilen ışın elektronları koparır ve bu kopan elektronlar anot tarafından çekilir. Fotoçoğaltıcıdan amplifikatöre gelen zayıf sinyal yükü, amplifikatör tarafından yükseltilir, burada katoda gönderilen sinyalden, amplifikatör etkilenmez ve gürültü akımını da göz önünde bulundurarak temiz bir sinyal üretir.



Şekil 5.3 Gelen ışığın optik ağıdan yansımaları (Yrd.Doç.Dr. M. Şahin Dünder, 1999).

1970'li yıllardan beri ticari olarak kullanılan bir diğer detektör tipi ise fotodiyot arraydir. Bu tür yarı-iletkenli dedektörler önceleri çok pahalıydı fakat sonraları fiyatlar düştü ve birçok modern cihazlarda bu dedektörler kullanılmaya başlandı. Bu dedektörler 2cmX25 mikron boyutunda ince bir bant üzerinde binlerce fotodiyodun yanyana gelmesiyle elde edilir. İlk önce her bir diyot yüklenir ve elektronik bağlantılar yardımıyla yüklenme seviyesi izlenir. Bu diyotlar eğer ışığa maruz kalırsa ışın şiddetiyle orantılı olarak yüklerini boşaltırlar.

Bu tür dedektörlerin cihaz altyapıları biraz farklıdır. Çünkü kaynaktan gelen ışın doğrudan numuneden (monokromatörden değil) sonra sabit yansıtıcı optik ağına geçer. Bu tür dedektörlerin en büyük avantajı birden fazla dalga boyunda eş zamanlı olarak aynı anda ölçüm yapabilmesidir (Yrd.Doç.Dr. M. Şahin Dünder, 1999).

5.1.2 Termoçift (Termo –couple) :

Termoçiftler sıcaklık ölçümünde en sık kullanılan sensörlerdir. Veri elde etme uygulamalarında, işlem kontrolünde, MAINFRAME tarayıcılar ve bench türü ya da rack destekli sistemlere sıcaklık monitörü eklemek için kullanılırlar.

Temel termoçift türleri: J, K, N, E ve T temel termoçift türleri -200-1700 °C arasındaki sıcaklıkta çalışırlar, ekonomiktirler.

Tür E: -200_871 °C aralığına elverişlidir.

Tür J: 0_600 °C aralığındaki düşük sıcaklıklar için geçerlidir. Ekonomik ve güvenlidir. Plastik endüstrisinde popülerdir ancak belli bir sıcaklık aralığında genel amaçlı kullanılırlar.

Tür K: 1250 °C ye kadarki sıcaklıklarda kullanılır. Kimyasal çevrede paslanabilir

Tür N: K türüne benzerdir ancak paslanmaya karşı daha dirençlidir.

Tür T: -200_350 °C aralığında elverişlidir. Yaygın olarak besin işleme endüstrisinde kullanılır.

Noble Termoçiftler: R, S ve B termoçift türleri plutonyum ve rliodyumdan yapılmıştır. Bu türler metal türlerden daha değerlidir ve hassastır ancak daha pahalıdır. 1700 °C ye kadarki uygulamalar için kullanılabilirler.

Tür R: yüksek sıcaklıklar(1450 °C) için elverişlidir. Diğer metallerle temas ettirdiğimizde yüzeyleri kirlenir.

Tür S: R türüne benzerdir. Endüstriyel sensör olarak kullanılmaz.

Tür B: R ve S türlerine benzerdir ancak 1700 °C ye elverişlidirler. 250 °C den daha yüksek sıcaklıklar için daha iyi kullanılırlar.

C,D,E termoçift türlerini kırılabilirlikleri nedeniyle kullanmak zordur. Bu türler 2315 °C ye kadar kullanılabilirler.

5.2 ÖRNEKLERİN HAZIRLANMASI

Sanadin örneğinin optiksel soğurma, termoluminesans (TL) radyoluminesans (RL) ölçümleri, Turkuaz örneğinin ise sadece termoluminesans (TL) ölçümleri alınmıştır.

TL ölçümlerinde, kullanılan deneysel araçlar, bir örnek odası, fotoçoğaltıcı tüp, sıcaklık sistemi ve D/A çeviriciden oluşur. Çoğu lüminesans uygulaması sıcaklığın zamanla lineer artışını gerektirir. Artış lineer olmazsa elde edilen eğrinin analiz edilmesi imkânsız olur. Örnek,

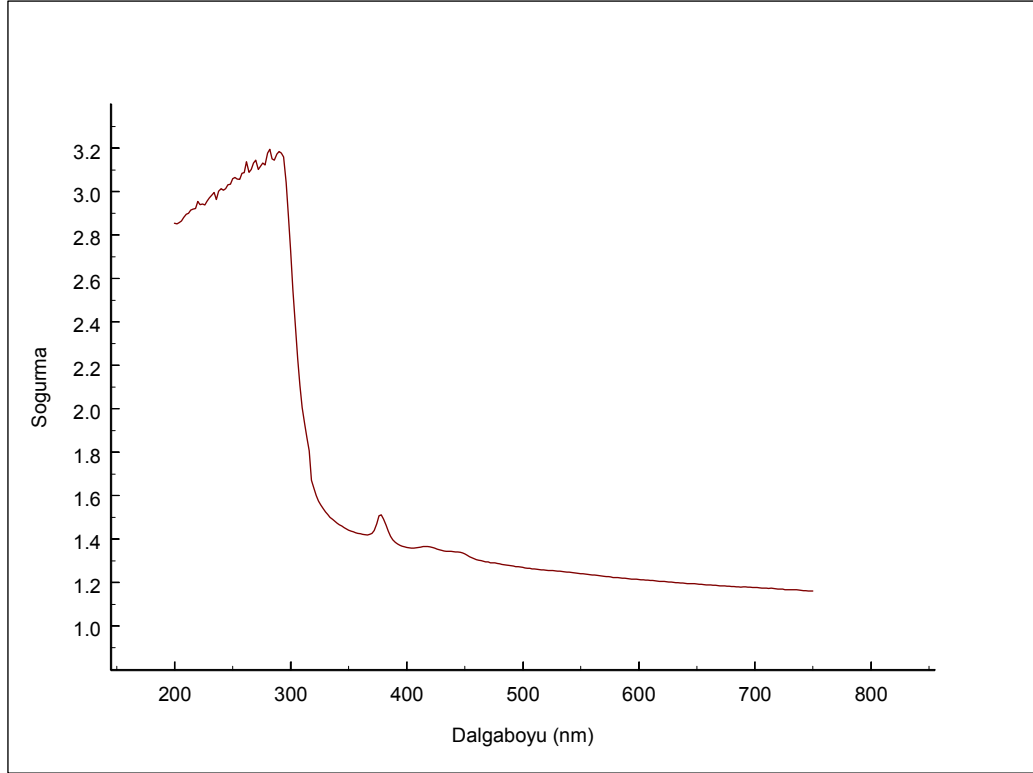
sıcaklığın izlenmesi amacıyla örnek odasında bulunan termociftte yerleştirilir ve örneğin havayla temasını engellemek amacıyla vakum yapılır. Fotoçoğaltıcı tüpe bağlı olan akım yüksek kaynağı ve amlifikatör çalıştırılarak ışık enerjisinin elektrik sinyaline dönüşmesini sağlayan fotoçoğaltıcı tüpe yüksek akım verilir. Sıcaklık sistemi açılarak örnek 30–270 °C aralığında zamanla lineer olarak ısıtılır. Örnek odasına bağlı olan termociftten sıcaklık sistemine gelen sinyal amlifikatörle yükseltilerek bilgisayar ve sıcaklı sistemi arasında bulunan A–12 bit D/A çeviriciye gönderilir. Örnek ısındıkça örnekte görülen parıltılar fotoçoğaltıcı tüp tarafından elektrik sinyaline dönüştürülür. Elde edilen bu sinyal amlifikatörle yükseltilerek A–12 bit D/A çeviriciye gönderilir. Sayısallaştırılan sıcaklık ve ışımaya şiddeti sinyalleri bilgisayara aktarılır. Elde edilen verilerden üç boyutlu lüminesans spektrumları çıkarılır.

RL ölçümlerinde, kullanılan deneysel araçlar, bir örnek odası, CCD (Charched Couple Device) dedektörü, monokromatör, vakum, x-ışını tüpü, bilgisayardan oluşur. Örnek, örnek odasına konduktan sonra, x-ışını tüpü ile x ışınına maruz bırakılır. Numunenin yaptığı ışımaya, monokromatöre gelerek, monokromatör içindeki uygun aralıklarda seçilmiş kırınım ağlarına çarparak bileşen renklerine ayrılır ve her dalgaboyuna ait ışımaya şiddeti, CCD dedektör tarafından ölçülerek numunenin yaptığı RL ışımaya , dalgaboyu-şiddet grafiği şeklinde bilgisayar tarafından verilir.

Soğurulma ölçümünde, Lambda 900 markalı, iki monokromatörü ve ışık kaynağı olarak kullandığı Döteryum ve Tungsten – halojen lambaları ile $180 \text{ nm} < \lambda < 3300 \text{ nm}$ ya da $0,4 \text{ eV} < E < 6,9 \text{ eV}$ aralığında, geçirgenlik, soğurulma ve yansıtma ölçme yeteneğine sahip optik bir spektrometre cihazı kullanılmıştır. Belli dalgaboyları aralığında, numunenin, optiksel soğurulma ölçülmüştür (Tuncer, Y., Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi, “Metal Aşılınmış Yalıtıcılarda Optiksel Soğurulma Özelliklerinin İncelenmesi”, 2004 , Uysal S., Bakır ile Aşılınmış ZnO’daki Optiksel Soğurulma Özelliklerinin İncelenmesi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2004)

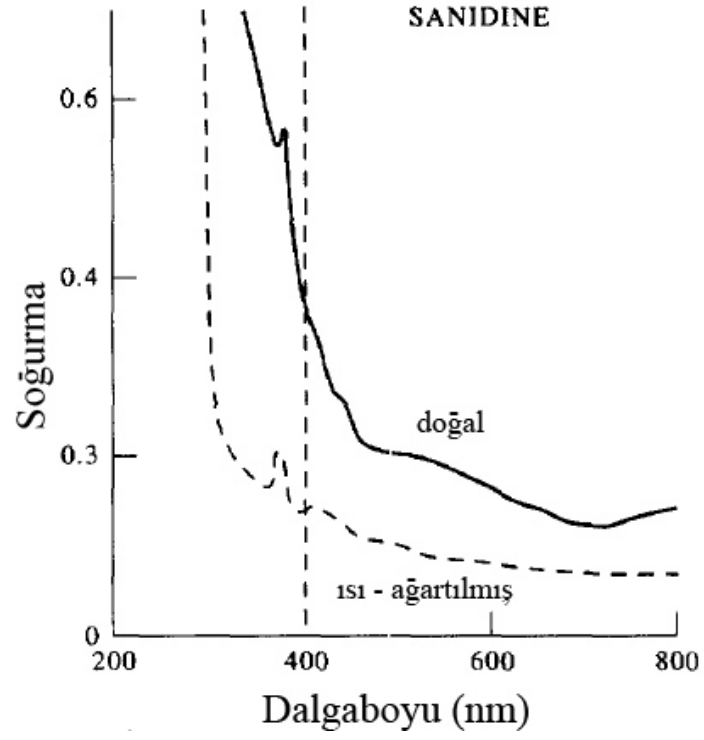
5.3 ÖRNEKLERİNİN ÖLÇÜLMESİ

5.3.1 Sanadin Ölçümleri



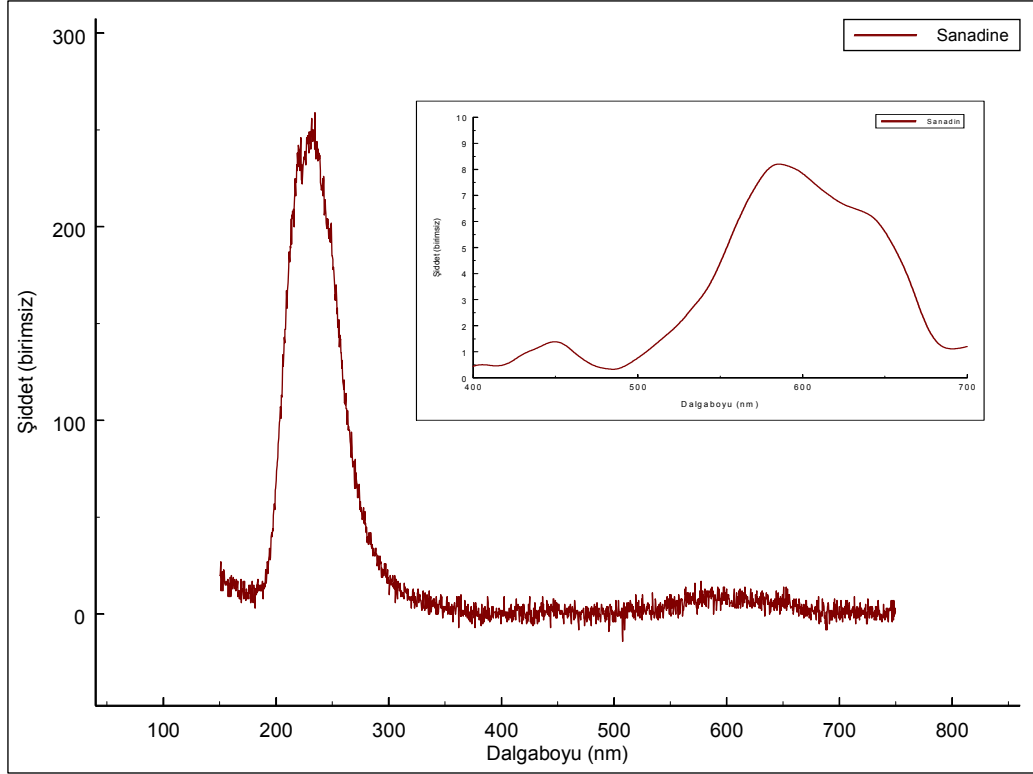
Şekil 5.4 Sanadin örneğinin soğurulma spektrumu

Sanadin örneğinin, Lambdha 900 optiksel soğurulma cihazı ile, 200-800 nm dalgaboyu aralıklarındaki soğurma ölçümlerinden Şekil 5.4' teki grafik elde edilmiştir. 380 nm civarında görülen tepenin 1.5 soğurma katsayısına sahip olması kullanılan örneğin ısı ile ağartılmış (head-bleached) olduğunu gösterir.



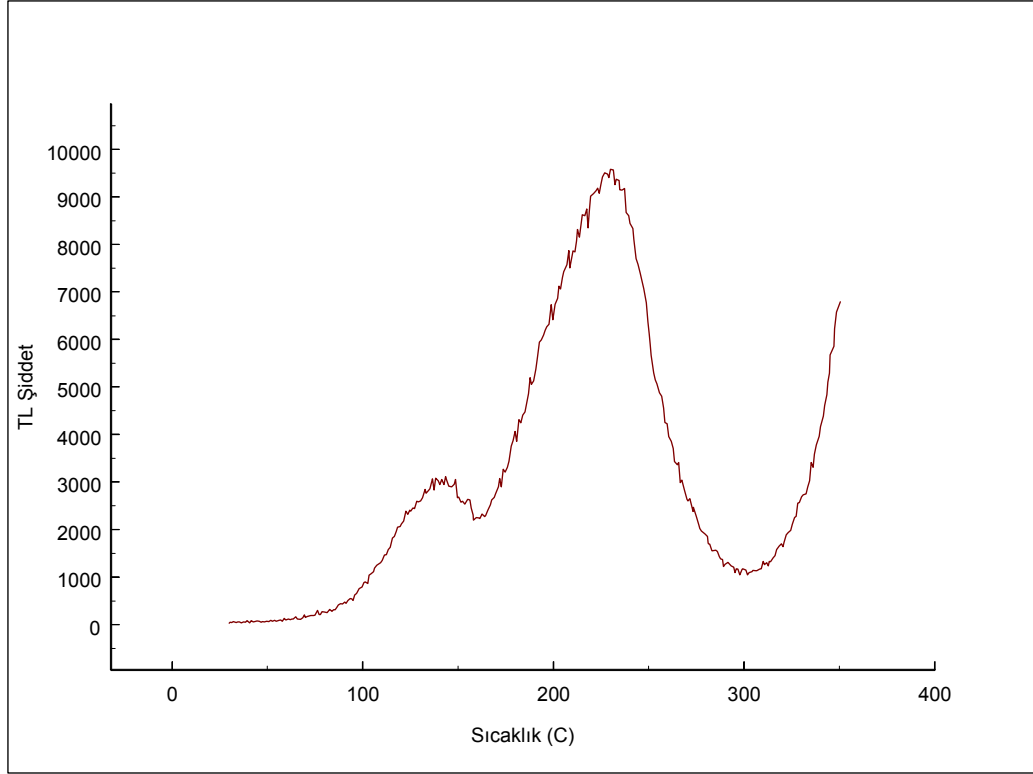
Şekil 5.5 Doğal ve ısı-ağartılmış sanadinin optik soğurma grafiği (G.A.T Duller, 1997).

Doğal sanadinde, morötesi sınırında görülen soğurma piki biraz daha yumuşak bir yükseliş göstermektedir (Şekil 5.5 , G.A.T Duller).



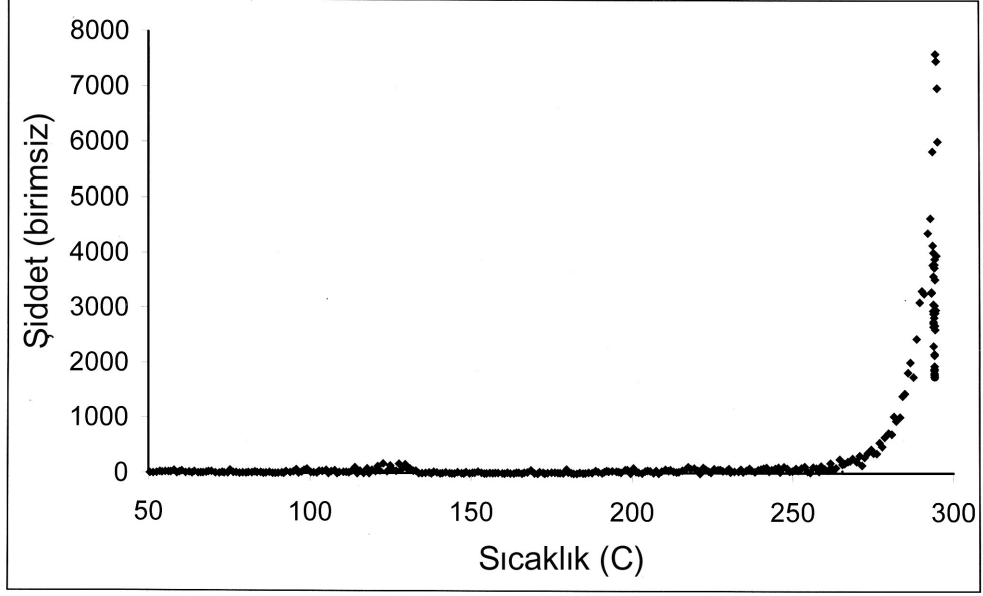
Şekil 5.6 Sanadin örneğinin RL spektrumu

Sanadin örneğinin, RL ölçüm sistemi ile, belli dalgaboyu aralıklarındaki ışınma şiddeti, Şekil 5.6'daki gibidir. 250 nm yakınında görülen keskin pik feldspatlar ait bir karakteristiktir. Ayrıca küçük grafikte de 450 ve 600 nm civarındaki zayıf şiddetli pik görülmektedir. Bu tepelerin de sanadin içinde bulunan minerallerden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 5.7 Sanadin örneğinin TL spektrumu.

Sanadin örneğinin, TL ölçüm sistemi ile belli sıcaklık aralıklarındaki ışınım şiddeti, Şekil 5.7'deki gibidir. Sanadinin TL ölçümünde, 140 °C ve 150–280 °C merkezlenen iki TL piki gözlenmiştir. Sanadin için elde edilen bu TL pikleri sanadinin bileşiminde bulunan SiO₂ den kaynaklanabilir.



Şekil 5.8 Turkuaz örneğinin TL grafiği

5.4 SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Feldsparların , arkeolojik ve jeolojik yaş tayini dışında daha kısa periyodu olması, kaza dozimetrisi, luminesans uygulamalarına örnek olarak verilebilir. Lüminesans uygulamalarında feldsparların avantajları üç noktada toplanabilir. Öncelikle, jeolojik örneklerde feldsparlar daha parlak bir lüminesans oluştururlar. Bu da feldsparların absorblanan çok küçük radyasyon dozlarını ölçmek için kullanılabilceğini gösterir. Feldsparlar ayrıca doğada kolay bulunmaları açısından da avantajlıdırlar.

Feldsparların kimyasal ve yapısal kompleksliği çok çeşitli lüminesans davranışları sergilemesine neden olur. Çeşitli TL piklerinin bu beklentimizi karşıladığı görülür. Bu çalışmada da sanadine beklendiği gibi, çeşitli termoluminesans ve radyoluminesans pikleri vermiştir. Palaeodozimetri ve yaş tayini uygulamalarında daha iyi sonuçlar elde edebiliriz.

Sanadin için incelenen absorpsion spektrumunda, sanadinin ~380 nm de bir absorpsion bandı gösterdiğini bulduk. Bu sonuç, Hofmeister ve Rossman ın sanadin için elde ettiği grafiklerle uyumludur.

Sanadinin RL incelemesinde, sanadinin 280 nm ve 600 nm lerde iki tane pik gösterdiği bulunmuştur. H.M Rendell ve M.L Clarke ın yaptığı incelemede ise sanadinin 330 nm ve 440 nm de pik verdiği gözlenmiştir.

Turkuaz ile ilgili ölçümlerde turkuazın yaklaşık olarak 290 nm de bir TL pik verdiği, soğurma ve RL spektrumu göstermediği bulunmuştur.

KAYNAKLAR

1. Barnett, S.M. and Bailiff, I.K., Infrared stimulation spectra of sediments containing feldspars, *Radiation Measurements* 27, 237-242, 1997.
2. D. R Vij (1998), *Lüminesans of Solid*, Bölüm 7 (Plenium Pres, New York and London)
3. Duller G.A (1997), *Behavioural Studies of Stimulated Luminescence from Feldspars*, 665-666.
4. Fox,M.,*Optical properties of solids*, 49-71, 2001
5. Hecht, E., *Hecht and Optics*, 118-120, 1998
6. Hütt G. Ve Jaek I. (2001), *Advances in the Luminescence Dating: The Optically Stimulated Luminescence Based Procedures and Their Physical Backraund*, 219- şekil 4.
7. Keithley, *Data Acquistion and Control Handbook*, Bölüm- 6.
8. Krebetschek M.R, Götze J, Dietrich A. Ve Trautmann T. , *Spektral İnformation from minerals relevant for Luminescence dating*, 696-700, 715-716, 1997.
9. Prescott, J.R., Fox, P.J., Robertson, G.B. and Hutton, J.T. , *Three-dimensional spectral studies of the bleaching of the thermoluminescence of feldspars.*, *radiation measurement* 23, 367-375, 1994.
10. Rendell H.M ve Clarke M.L, *Thermoluminescence, Radioluimnescence, and Cathodoluminescence Spectra of Alkali Feldspars*, 264-265, 267, 1997.
11. Sanderson, D.C.W. and Clark, R.J., *pulsed pgotostimulated luminescence of alkali feldspars. Radiation measurement* 23, 633-639, 1994.
12. Strickertsson, K., *the thermoluminescence of potassium feldspars-glow curve characteristics and in itial rise measurements. Nuclear tracks and radiation measurements* 10, 613-617, 1985.
13. Tso, M.Y.W., Wong, N.W.L. and Li, S.H., *determination of lifetime of infrared stimulated signals from potassium and sodium feldspars. Radiation protection dosimetry* 66, 387-389, 1996.
14. Tuncer, Y., *Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi, "Metal Aşılantmış Yalıtıcılarda Optiksel Soğurulma Özelliklerinin İncelenmesi"*, 2004
15. Uysal S., *Bakır ile Aşılantmış ZnO'daki Optiksel Soğurulma Özelliklerinin İncelenmesi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 2004.
16. Wiggernhorn, H., *IRSL dating of K-feldspar at elevated temperatures and infrared bleaching of TL. radiation measurements* 23, 387-391, 1994.
17. Wintle, A.G. and Duller, G.A.T. *the effect of optical absorption on luminescence dating. Ancient TL* 9, 37-39, 1991.

18. Yrd.Doç.Dr. M. Şahin Dünder. 1999, Sakarya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nihal KELEŞ

Doğum Yeri ve Tarihi : Hatay / 01.03.1981

Yabancı Dil : İngilizce

Öğrenim Durumu

İlköğretim : Siirt Mehmetcik İlköğretim Okulu 1986-1991

Ortaöğretim : İzmir 30 Ağustos İlköğretim Okulu 1991-1994

Lise : İzmir Buca Lisesi 1994-1997

Üniversite : Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fizik Bölümü 1998-2002

Yüksek Lisans : Manisa Celal Bayar Üniv. Fizik Bölümü 2002-...