

**NaCl ve KCl'ün OSL BOZUNMA EĞRİLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Serap ÇATLI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞUBAT 2006
ANKARA**

Serap ÇATLI tarafından hazırlanan NaCl ve KCl'ün OSL BOZUNMA EĞRİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.


Prof. Dr. Güneş TANIR
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Fizik Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Başar Şarer 
Üye : Prof. Dr. Güneş Tanır 
Üye : Doç. Dr. Enver Bulur 
Üye : Yrd. Doç. Dr. Niyazi Meriç 
Üye : Yrd. Doç. Dr. Eyüp Tel 

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.



NaCl ve KCl'ün OSL BOZUNMA EĞRİLERİNİN

KARŞILAŞTIRILMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Serap ÇATLI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Şubat 2006

ÖZET

Na- ve K- zengini feldspatlar radyasyon doz tayinlerinde önemli örneklerdir. Bu çalışmanın amacı, NaCl ve KCl'ün IRSL karakteristiklerini karşılaştırmak ve belirlemektir. Son yıllarda yapılan radyasyon dozimetri çalışmaları büyük önem kazanmıştır. Bir materyalin dozimetri olarak kullanılması büyük ölçüde sıcaklığa ve doza bağlı değişen IRSL'sine bağlıdır. Bu çalışmada, NaCl ve KCl'ün IRSL karakteristikleri, laboratuvar radyasyon dozuna ve sıcaklığa bağlı olarak incelendi. Dozimetri çalışmaları için en uygun olan örneği belirlemek üzere örneklerin luminesans özellikleri birbirleri ile karşılaştırıldı.

Bilim Kodu : 202.1.108
Anahtar Kelimeler : NaCl, KCl, IRSL, sıcaklığa bağlılık, doza bağlılık
Sayfa Adeti : 36
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Güneş TANIR

THE COMPARISON of OSL DECAY CURVES of NaCl and KCl
(M. Sc. Thesis)

Serap ÇATLI

GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

February 2006

ABSTRACT

Na- and K-rich materials are the most important samples for radiation dose assessment. The aim of this work is to compare and determine IRSL characteristics from NaCl and KCl samples. Recent advances in IRSL for use as naturally occurring radiation dosimeters have gained a great deal of attention of the technique. The IRSL temperature dependence and the radiation dose response of a material have critical importance for using as dosimeter. In this work the IRSL characteristics from NaCl and KCl samples were investigated as a function of temperature and laboratory radiation doses. The luminescence properties from these samples were compared with each other to determine that which sample is more suitable for dosimeter studies .

Science Code : 202.1.108
Key Words : NaCl, KCl, IRSL, temperature dependence, dose response
Page Number : 36
Adviser : Prof. Dr. Güneş TANIR

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Prof. Dr. Güneş TANIR'a yine OSL konusundaki bilgilerini benimle paylaşan arkadaşım Mustafa Hicabi BÖLÜKDEMİR'e, ayrıca, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli arkadaşlarıma ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	viii
RESİMLERİN LİSTESİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Optik Uyarmalı Lüminesans (OSL).....	4
2.2. OSL'nin Sıcaklığa Bağımlılığı.....	6
3. DENEYSEL İŞLEMLER.....	11
3.1. Deney Sistemi.....	11
3.2. OSL 9010 Sisteminin Kalibrasyonu.....	12
3.3. Numunenin Hazırlanması.....	14
3.4. Metodoloji.....	14
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	18
KAYNAKLAR.....	31
EKLER.....	33
EK-1. Deneyde kullanılan aletlerin resimleri.....	34
ÖZGEÇMİŞ	36

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. NaCl ve KCl için sıcaklık ve doza bağlı alınan sayımlar	15

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Kristalin yapısında bulunan kusurlar.....	5
Şekil 2.2. OSL işlemi.....	5
Şekil 2.3. Modeller.....	7
Şekil 2.4. OSL üretiminde sıcaklığa bağımlılığı gösteren durumlar.....	9
Şekil 3.1. Fotoçoğaltıcı tüpün H.T.Voltaj kalibrasyon eğrisi.....	12
Şekil 3.2. OSL 9010 sistemindeki önyükselticinin eşik değerini bulmak için elde edilen kalibrasyon eğrisi.....	13
Şekil 3.3. Algoritma 1 (Önısıtma sıcaklığının tespiti)	16
Şekil 3.4. NaCl için önısıtma sıcaklığı tespiti	16
Şekil 3.5. KCl için önısıtma sıcaklığı tespiti	17
Şekil 3.6. Algoritma 2	17
Şekil 4.1. NaCl'ün OSL bozunma eğrisi (10 gray, 180 °C önısıtmalı)	18
Şekil 4.2. KCl'ün OSL bozunma eğrisi (10 gray, 180 °C önısıtmalı)	18
Şekil 4.3. NaCl (10 Gy)'ün farklı sıcaklıklardaki normalize bozunma eğrileri.....	21
Şekil 4.4. KCl (10 Gy)'ün farklı sıcaklıklardaki normalize bozunma eğrileri.....	21
Şekil 4.5. NaCl (20 Gy)'ün farklı sıcaklıklardaki normalize bozunma eğrileri.....	22
Şekil 4.6. KCl (20 Gy)'ün farklı sıcaklıklardaki normalize bozunma eğrileri.....	22
Şekil 4.7. NaCl (30 Gy)'ün farklı sıcaklıklardaki normalize bozunma eğrileri.....	23

Şekil	Sayfa
Şekil 4.8. KCl (30 Gy)'ün farklı sıcaklıklardaki normalize bozunma eğrileri.....	23
Şekil 4.9. NaCl (40 Gy)'ün farklı sıcaklıklardaki normalize bozunma eğrileri	24
Şekil 4.10. KCl (40 Gy)'ün farklı sıcaklıklardaki normalize bozunma eğrileri	24
Şekil 4.11. NaCl (O.S.)'ün farklı dozlardaki bozunma eğrileri	25
Şekil 4.12. KCl (O.S.)'ün farklı dozlardaki bozunma eğrileri	25
Şekil 4.13. NaCl (100 ⁰ C)'ün farklı dozlardaki bozunma eğrileri	26
Şekil 4.14. KCl (100 ⁰ C)'ün farklı dozlardaki bozunma eğrileri	26
Şekil 4.15. NaCl (250 ⁰ C)'ün farklı dozlardaki bozunma eğrileri	27
Şekil 4.16. KCl (250 ⁰ C)'ün farklı dozlardaki bozunma eğrileri	27
Şekil 4.17. NaCl (275 ⁰ C)'ün farklı dozlardaki bozunma eğrileri	28
Şekil 4.18. KCl (275 ⁰ C)'ün farklı dozlardaki bozunma eğrileri	28
Şekil 4.19. NaCl'ün IRSL şiddetinin doza bağımlılığı	29
Şekil 4.20. KCl'ün IRSL şiddetinin doza bağımlılığı	30

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
d-a	Verici-alıcı
E_A	Aktivasyon enerjisi
E_t	Sığ tuzak aktivasyon enerjisi
E_T	Tuzak aktivasyon enerjisi
k	Boltzman sabiti
T	Sıcaklık
E_h	Uyarılmış seviiden termal geçiş enerjisi
E_H	Üst seviyelere sıçrama enerjisi
E_g	Taban seviyesine geçiş enerjisi
Gy	Gray (radyasyon soğurma doz birimi) = J/kg
⁹⁰Sr	Stronsiyum-90
⁹⁰Y	İtriyum-90
Kısaltmalar	Açıklama
ESR	Elektron spin rezonans
HT	Yüksek eşik değer
IRSL	Infrared uyarmalı lüminesans

Kısaltmalar**Açıklama****K-feldspat**

Potasyum feldspat

LED

Işık yayan diyot

O.S.

Oda sıcaklığı

OSL

Optik uyarmalı lüminesans

TL

Termolüminesans

1. GİRİŞ

Optik uyarmalı lüminesans (OSL) tekniği, bir mineralin soğurduğu nükleer radyasyon dozunun tespiti için kullanılan termolüminesans (TL) ve elektron spin rezonansı (ESR) tamamlayıcı bir yöntemdir. Kristal içinde tuzaklanmış yüklerin çıkarılması; TL’de sıcaklık ile OSL’de ışık ile yapılır. Uyarıcı olarak kullanılan ışığın dalga boyu infrared bölgede ise yöntem infrared uyarmalı lüminesans (IRSL) olarak adlandırılır. Bu yöntem ilk kez 1985 yılında Huntley ve ark. tarafından yaş tayini amacıyla önerilmiştir (1). Huntley ve ark. ilk deneylerinde 514,5 nm’lik argon-iyon lazerinden çıkan demeti kullanarak Güney Avustralya’da bir deniz kenarından aldıkları örnekler üzerinde çalışmışlardır. Örnekler bu lazer demetinin yeşil ışığı ile uyarılmış ve yayınlanan mavi/mor lüminesans sinyalleri ölçülmüştür. Çeşitli ışık yayan diyot (LED)’lerin geliştirilmesi bu metoda çok yarar sağlamıştır. Hütt ve ark. tarafından ilk kez 1988 yılında infrared ışığın (880 Δ 80 nm) feldspatlardaki lüminesansı ölçmek için kullanılabileceği ortaya çıkarılmıştır (2). Ayrıca Spooner ve ark. 1990 yılında infrared uyarımı ile sadece feldspatlardan lüminesans üretildiğini, kuvarlarda lüminesans oluşturulamadığını açıklamışlardır (3). Teknik dozimetri amaçlı olarak 1956 yılında Antonov-Romanovskii tarafından önerilmiş ve izleyen yıllarda birçok çalışma yayınlanmıştır (4).

Feldspatların İnfrared Uyarmalı Lüminesans (IRSL) ölçümleri, lüminesans tarihlendirme ve dozimetre araştırmalarının çoğunun konusudur. Feldspatların lüminesans mekanizmasının karakteristik özelliklerini anlamak için çok sayıda çalışma yürütülmektedir (5,6). Poolton ve ark. 1996 yılında Na ve K zengini feldspatlarda OSL geçişlerinin oldukça ayırt edilemez olduklarını ve bunların radyasyon dozu tayininde önemli örnekler olduklarını tayin etmişlerdir (7). Tek değerli bakır iyonları dop edilmiş NaCl ve KCl’den gelen Optik Uyarmalı Lüminesans (OSL)’la ilgili çeşitli fiziksel mekanizmalar ise Nanto ve ark. tarafından 1993 yılında tanımlanmıştır (8). Bailey ve ark. 2000 yılında NaCl’ün tarihlendirme ve dozimetre ile ilişkili OSL özelliklerini incelemiş ve NaCl’den gelen OSL sinyalinin davranışının tarihlendirme için uygun olduğunu gözlemiştir (9). Badyopadhyay ve ark. 1999’da KCl:C’daki OSL geçişlerinin güçlü bir şekilde

sıcaklığa bağlı olduğunu rapor etmişlerdir (10). Ayrıca örnek sıcaklığının lüminesans ölçümlerine etkisi Duller ve ark. tarafından gösterilmiştir (11,12). Feldspatlardan gelen lüminesansların sıcaklığa bağımlılığı için farklı yorumları görmek mümkündür fakat sıcaklığın lüminesanstaki değişikliklere yaptığı etki gözardı edilemez.

Sediment örneklerinden elde edilen lüminesans şiddeti çeşitli faktörlere bağlıdır: Mineroloji, radyoaktivite, sıcaklık v.b. Herhangi bir mineralde üretilen lüminesans mekanizmasının detayları iyi bilinmemektedir. Lüminesans mekanizması ile ilgili çalışmalar son yıllarda yoğunluk kazanmıştır.

Optik uyarmalı lüminesans tekniğinin kullanıldığı çalışmalarda, lüminesans sayımı oda sıcaklığında yapılır. Hangi dalgaboyunda ışık kullanılırsa kullanılsın OSL sinyali, sayma zamanıyla, önce hızlı sonra yavaş bir düşüşle azalır. Buna ‘Bozunma Eğrisi’ denir ve bu eğri basit tanımlarla açıklanamaz. Bozunma genellikle exponansiyel değildir, lüminesans ölçüm süresi uzadıkça hızlı düşüşü takip eden uzun bir kuyruk vardır. Belli şartlarda ve bazı örnekler için OSL önce yavaş bir artış sonra azalma gösterir. Özetle, OSL bozunma eğrileri, soğurulan doza, uyarılma şiddetine ve sıcaklığa bağlıdır (13). Feldspat örneklerinden IRSL çalışmalarının ilk analizleri Bailiff ve Poolton tarafından yapılmıştır (14). Feldspatların IRSL bozunma eğrilerinin biçimlerinin tuzaklardaki elektronların lokalize oldukları yerlerden etkilendiği söylenmiştir (15). Örnekler uzun bir yeşil ışık uyarımına maruz bırakıldıklarında IRSL zamanın fonksiyonu olarak incelenirse bozunmadan önce açıkça bir artış göstermektedir. Buna benzer çalışmalar pek çok araştırmacı tarafından yapılmıştır (16-18). OSL’nin sıcaklık bağımlılığı genelde derin olmayan tuzakların varlığı ile karmaşık hale gelmektedir. Örneğin, OSL uyarması oda sıcaklığında yapıldığında bozunma eğrisindeki uzun kuyruk genelde gözlenir. Bu durumun lüminesans yayımı sırasında sığ tuzaklara yerleşmiş yüklerin etkisinden kaynaklandığına ve tuzak derinliği ve örnek sıcaklığı ile belirlenen hızla yavaşça tekrar salındıklarına inanılır. Yani OSL bozunma işlemini yavaşlatan sığ tuzaklardır ve OSL bozunma eğrilerinin sıcaklıkla farklılık göstermesinin sebeplerinden biri de budur (13).

Lüminesans şiddetinin bağlı olduğu önemli parametrelerden biri de örneklerin aldığı radyasyon dozlarıdır. Lüminesans şiddeti, örneklere verilen radyasyon dozu ile orantılı olarak artar.

Lüminesans üretim mekanizmasının fiziksel olarak çok karmaşık yapıya sahip olması nedeniyle çelişkili sonuçlar elde edilmekte olduğu görülmektedir. Lüminesans üretimi için pek çok model ileri sürülmesine rağmen en basit model katılardaki band modelidir. En basit model için bile analitik çözüm yoktur sadece varsayımlara dayanan çözüm önerileri vardır. Bazı deneysel zorluklar doğrudan doğruya materyalin lüminesans özelliklerinin kullanılmasıyla tespit edilecek minerolojik yapı incelenerek giderilebilir. Poolton ve ark. 1991 yılında feldspatların kimyasal bileşenlerinin, materyaldeki IRSL geçişlerinin yerlerinin tespitinde rol aldıklarını açıklamışlardır (14). Özellikle Na ve K zengini feldspatlardaki OSL geçişleri tamamen birbirlerinden farklıdır ve bunlar radyasyon doz tayinlerinde en önemli örneklerdir. Katılarda lüminesans işlemlerinin oldukça karmaşık olduğu bilinmektedir ve şu anki deneysel gözlemleri tanımlamak için kullanılan modeller, gerçek durumun aşırı basitleştirilmiş halidir.

Bu çalışmanın amacı, NaCl ve KCl'ün IRSL karakteristiklerini karşılaştırmak ve belirlemektir. Son yıllarda yapılan radyasyon dozimetri çalışmaları büyük önem kazanmıştır. Bir materyalin dozimetri olarak kullanılması büyük ölçüde sıcaklığa ve doza bağlı değişen IRSL'sine bağlıdır. Bu çalışmada, NaCl ve KCl'den gelen IRSL karakteristikleri, laboratuvar radyasyon dozuna ve sıcaklığa bağlı olarak değişen IRSL'nin davranışlarını tanımlamak için deneysel olarak incelendi. Bu örneklerden gelen lüminesans özellikleri tartışıldı ve dozimetri çalışmaları için en uygun olan örneği belirlemek üzere örneklerin lüminesans özellikleri birbirleri ile karşılaştırıldı. Aynı zamanda IRSL'nin sıcaklığa bağımlılığı hakkında daha fazla bilgi sunmayı amaçladık.

Çalışmada, önce konu ile ilgili Genel Bilgiler sunulmuştur. Deneysel sistemin tanıtılması ve deney verilerinin sunulmasını Sonuç ve Öneriler bölümü takip etmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Optik Uyarmalı Lüminesans (OSL)

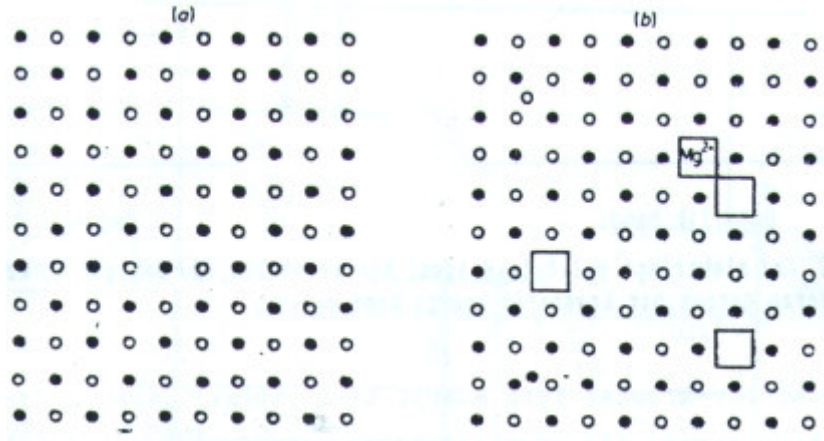
Optik uyarmalı lüminesans (OSL), iyonize radyasyona maruz kalan minerallerin optik olarak uyarılmalarından kaynaklanır. Minerallerin nükleer radyasyona maruz kalmaları sonucu radyasyon enerjisi kristal örgüde birikir ve depolanır; uyarılma esnasında bu tuzaklardaki yükler kurtularak lüminesans merkezleri ile birleşir ve sonuç olarak lüminesans sinyali ölçülür.

Kristaller OSL olayında önemli rol oynayan değişik tipte örgü kusurları içerebilir. Bu kusurlar,

1. Termik veya doğal kusurlar
2. Geçici kusurlar veya örgü iyonuyla yerdeğiştirmiş safsızlık kusurları
3. Radyasyonun oluşturduğu kusurlardır.

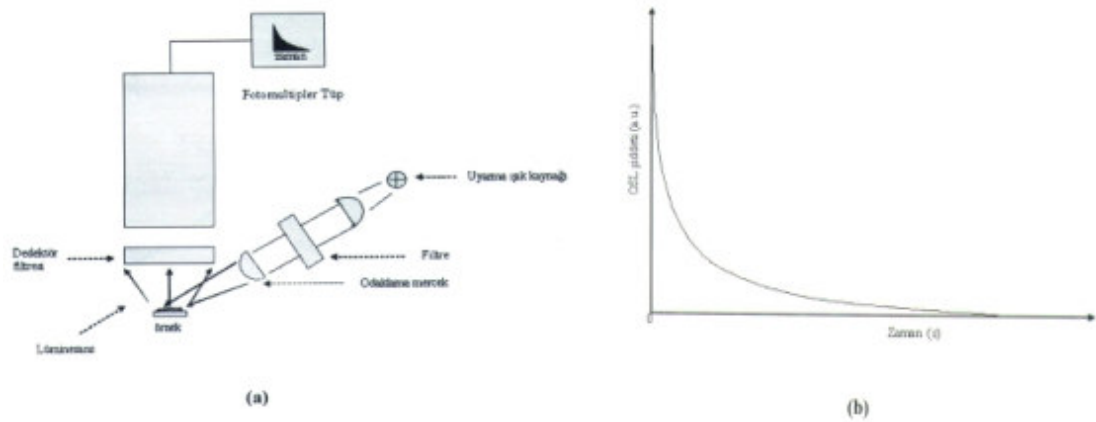
Elektronların tuzaklanma olayında yalnızca doğal kusurların bulunduğu durumu gözönüne alalım. Şekil 2.1. b’de görüldüğü gibi bir eksi yüklü iyon boşluğu aslında artı yükü fazla bir bölgedir ve serbest bir elektronun tuzaklanmasına en uygun yer diye düşünülür. Tuzağa yakalanan elektron, bir F merkezi oluştururken eksi yük fazlalığı olan bölge de pozitif serbest yükler (deşikler) için uygun bir tuzaktır.

Kusurlar, iyonik kristalin çok yüksek sıcaklıklarda iken soğumasından kaynaklanabilir ve bir elektron tuzağı gibi davranırlar. Tuzaklardaki elektronlar ya mineralin ısıtılmasıyla ya da optik olarak uyarılmasıyla çıkarılabilirler. Çıkan elektronlar birleşme merkezlerine giderler. Bu birleşme iki şekilde olabilir: Işık emisyonu ile veya olmadan. Işık emisyonu ile birleşme merkezlere lüminesans merkezleri denir. Birleşme foton yayınımlı olmadan da gerçekleşir ancak bu durum lüminesans olmadığı için ölü bölgedir ve fazla enerji ısı şeklinde açığa çıkar. Lüminesans şiddeti tuzaklanmış elektron sayısı ile orantılıdır; tuzaklanmış elektron sayısı da kristalin maruz kaldığı nükleer radyasyon dozuyla orantılıdır. Tuzaklanmış elektronlar bu tuzaklarda normal şartlarda, uyarılınca kadar kalırlar.



Şekil 2.1. Kristalin yapısında bulunan kusurlar
 a) İdeal saf bir kristalin iyonik yapısı b) Değişik tipte kusurlar içeren saf olmayan bir kristalin iyonik yapısı

Buna karşılık oda sıcaklıklarında bile tuzaklardan kaçma olasılıkları vardır. Tuzak derinliği ne kadar fazla olursa elektron tuzağından kaçma olasılığı o denli azalmış olur. Hatta milyonlarca yıl sürebilir. Şayet lüminesans işleminde tuzaklanmış elektronları tuzaklardan çıkarmak için sıcaklık kullanılıyorsa bu işlem “Termolüminesans” (TL), ışık kullanılıyorsa bu işlem “Optik Lüminesans” olarak adlandırılır. Ölçülen OSL için basitleştirilmiş bir diagram Şekil 2.2 a’da ve tipik bir OSL bozunma eğrisi ise Şekil 2.2 b’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. OSL işlemi
 a) Basit bir OSL diagramı b) Tipik bir OSL bozunma eğrisi

2.2. OSL'nin Sıcaklığa Bağımlılığı

OSL bozunma eğrilerinin şeklini etkileyen pek çok parametre bulunmaktadır. Bu bölümde, OSL mekanizmasını açıklamaya yönelik çeşitli modeller ve OSL'nin sıcaklığa bağımlılığının tartışıldığı çeşitli durumlar sunulmuştur. Sıcaklık bağımlılığını etkileyen durumlar şöyle sıralanabilir:

- 1- Sığ tuzaklar tarafından tekrar tuzaklanma
- 2- Isısal destekli optik uyarma
- 3- Termal sönme
- 4- Verici- alıcı çiftlerinin birleşmesi (12).

OSL üretimini açıklayan en basit model bir elektron ve bir deşik tuzağından oluşur (Şekil 2.3.a). Tuzaklanmış elektronların konsantrasyonu n ile gösterilir. Deşik tuzaklarının (lüminesans merkezleri) konsantrasyonu da m ile gösterilir. Uyarılan elektronlar f hızı ile iletim bandına geçerler ve deşik merkezlerinde tekrar birleşme gerçekleşir. Bu birleşme sonucunda I_{OSL} şiddetinde OSL üretilir.

Yük akış hızını tanımlayan eşitlik,

$$\frac{dn_c}{dt} = - \frac{dn}{dt} + \frac{dm}{dt}$$

$$n_c + n = m$$

$n_c \rightarrow$ birim zamandaki yük akışı

$n \rightarrow$ elektron konsantrasyonu

$m \rightarrow$ deşik tuzaklarının konsantrasyonudur.

$$I_{OSL} = - \frac{dm}{dt} = \frac{dn}{dt} = nf$$

Burada f , elektronların iletim bandına geçme hızıdır.

Yukarıdaki eşitlik çözülürse,

$$I_{OSL} = n_0 f \exp(-t/\tau) = I_0 \exp(-t/\tau) \quad \lambda = 1/\tau$$

bulunur. Burada,

n_0 : $t = 0$ anındaki tuzaklanmış elektronların konsantrasyonu

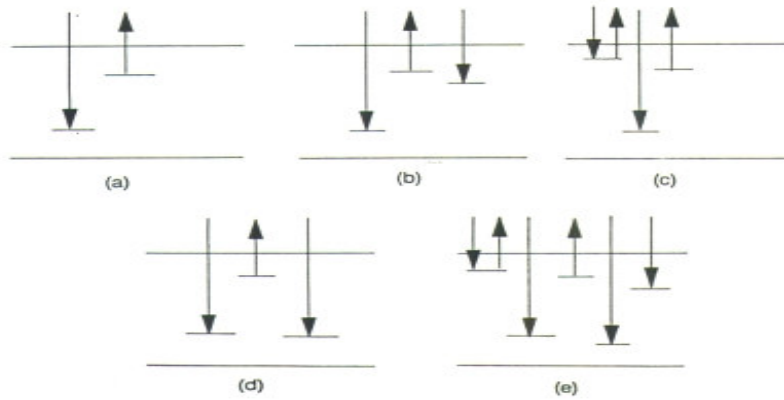
I_0 : $t = 0$ anındaki lüminesans şiddeti

τ = geçme zamanı (tuzaktan-ib)

λ = geçme ihtimali

Yukarıdaki denklemden de anlaşıldığı gibi OSL şiddeti tuzaklanmış elektron konsantrasyonu ile orantılır ve tuzaklanmış elektron konsantrasyonunu arttıran nedenin örneğin maruz kaldığı nükleer radyasyon olduğu da bilinmektedir.

Bir kristali sahip olduğu tuzak sayısı veya tuzak çeşidine göre modelleyebiliriz. Şekil 2.3'de kristalin sahip olabileceği modeller görülmektedir. Kristalin sahip olabileceği tuzaklar; optik aktif tuzaklar, derin tuzaklar ve sıg tuzaklardır. Bütün bu tuzakları birarada içeren kristal modelleri de bulunmaktadır (18,12). Böyle bir model Şekil 2.3.e'de gösterilmektedir.



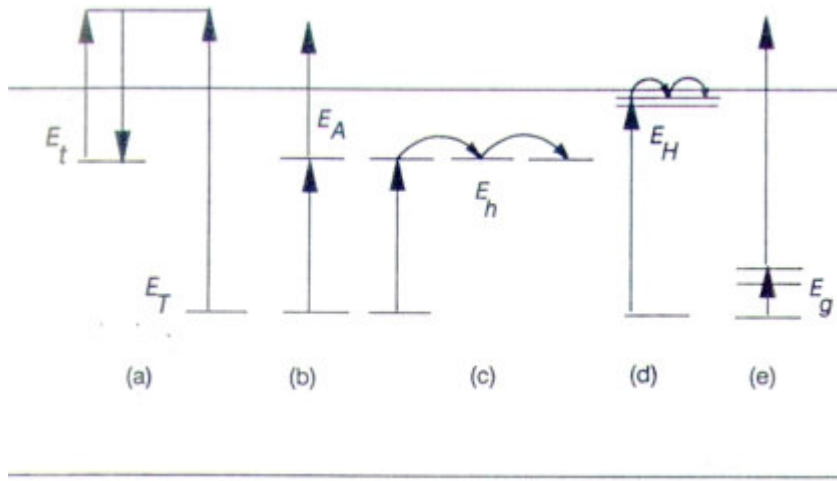
Şekil 2.3. Modeller

- a) Bir elektron ve bir deşik tuzağı içeren en basit OSL modeli b) Daha derin tuzak içeren bir model c) İletim bandına daha yakın tuzak içeren model d) İki birleşme merkezi (bir ışımalı ve bir ışımasız merkez)içeren model e) Yukarıdaki tüm durumları içeren model

Sıcaklığa bağlı OSL'yi etkileyen olaylardan biri verici-alıcı birleşmesidir. Verici ve alıcı (d-a) birleşmesi sonucu oluşan lüminesansın kinetiği karmaşıktır. d-a birleşmesi ilk başta artan ve daha sonra azalan bir OSL sinyaline sebebiyet verebilir. Bu etki verici-alıcı çiftlerinin mesafesine ve dolayısıyla yük konsantrasyonuna bağlıdır (19). Çünkü d-a yeniden birleşmesi mesafeye üstel olarak bağlıdır (20). Düşük konsantrasyonlarda d-a birleşmesi düşüktür. Ancak yüksek konsantrasyonlarda birleşme olasılığı yüksektir (20).

Markey ve ark. sığ tuzakların OSL sinyali üzerindeki etkisini açıklamıştır. Sığ tuzakların varlığı gözönüne alındığında lüminesans bozunma hızının sıcaklıkla değişimi karmaşık hale gelmektedir. Sığ tuzakların varlığı durumunda OSL bozunma hızının sıcaklıkla artmasının beklenmeyeceği rapor edilmiştir . Bu işlem alüminyum oksitten elde edilen OSL ile alakalı olarak incelemiş ve deneysel işlemlerin yanında etkiyi göstermek için nümerik çözümler de sunulmuştur (21,22).

Yapılan çalışmalarda sığ tuzakların bulunduğu feldspatlarda, infrared uyarma sonucu OSL gözlemlenmiştir. Ancak bu dalga boylarında, derin tuzaklardan iletim bandına optik uyarma ile geçiş çok mümkün değildir. Bu nedenle ısısal destekli geçiş adı verilen bir model ortaya atılmıştır (2). Bu modelde infraredle uyarılan elektron uyarılmış seviyeye çıkar ve buradan $\exp(-E_A / kT)$ ısısal aktivite olasılığı ile ısısal destekli olarak band içerisine geçer. Önceleri sıcaklığın bir fonksiyonu olan OSL'yi gözlemlmek suretiyle (E_A) için sadece bir tahmin yapılmış daha sonra ise bu etki üzerinde daha detaylı çalışmalar yapılmış ve aktivasyon enerjisi farklı şekillerde değerlendirilmiştir. Şekil 2.4'de bu enerjiler ve OSL üretiminde sıcaklığa bağımlılığı gösteren durumlar görülmektedir.



Şekil 2.4. OSL üretiminde sıcaklığa bağımlılığı gösteren durumlar

- a) Sığ tuzakların etkisi (22) b) Uyarılmış durumdan termal geçiş (2)
- c) Verici-alıcı etkisi (14) d) Üst band seviyesine geçiş (20)
- e) Taban seviyeye uyarım (15)

Yeterince yüksek sıcaklıklarda elektron ısısal olarak iyonize olup iletim bandına geçebilir ve bu durum $\exp(-E_T/kT)$ ile tanımlanır. Burada E_T tuzak derinliğidir.

Yukarıda sayılan her durum, tüm sıcaklıklarda lüminesans ile sonuçlanabilir. Ancak sığ tuzaklar söz konusu olduğunda (Şekil 2.4.a) sıcaklıkla OSL bozunma hızının artması beklenmez. Ancak diğer dört durumda da bozunma hızı sıcaklığa bağlıdır. Bu da sığ tuzak durumunun diğer durumlardan deneysel olarak ayırt edilmesi amaçlı kullanılabilir. Sığ tuzaklar tarafından tuzaklanan yükler sıcaklığın arttırılması ile iletim bandına geçerler ve OSL bozunma eğrisinde exponansiyel olmayan bir kuyruğa neden olurlar. Ayrıca OSL şiddetini azaltırken belli şartlarda bir pik bile verebilirler. Bu durumda sığ tuzak derinliği E_t ile verilmiştir (Şekil 2.4.a). d-a birleşmesi modelinde dalga fonksiyonlarının birbiri üzerine binerek geçiş yapması temel seviyeden çok birinci uyarılmış seviyede daha yüksektir (20). Bu nedenle, c durumunda geçiş sıçrama aktivasyon enerjisi E_h ile tanımlanır ve termal olarak $\exp(-E_h/kT)$ eşitliğine uyar. Yeterince yüksek konsantrasyonlarda E_h sıfıra yaklaşır.

Yapılan detaylı çalışmalarda feldspattaki OSL'nin ölçülen aktivasyon enerjisinin değerinin OSL'yi uyarmak için kullanılan ışığın dalga boyuna bağlı olduğu gösterilmiştir. Yeşil ışık uyarımı olduğunda bile küçük bir aktivasyon enerjisi elde

edilebilir. Bu olay küçük dalga boyundaki ışığın elektronları düşük band seviyesine uyardığı ve aktivasyon enerjisi E_H 'ın bu düşük seviyelerde sıçrama hareketine yol açtığı şeklinde yorumlanmıştır (20).

Ayrıca kuvarsların yeşil ışık ile uyarılmasıyla tuzağın, taban seviyesinden üst seviyelere küçük bir aktivasyon enerjisi E_g ile geçiş yapmasının mümkün olacağı gösterilmiştir (15). Ancak yeşil ışık uyarımı yapıldığında taşıyıcıların band içerisine uyarılabileceğini ve materyaldeki sığ tuzaklar tarafından sıcaklığa bağlı OSL sinyaline yol açacağını unutmamak gerekir. Bu durumların her biri Şekil 2.2.2'de şematik olarak gösterilmiştir. Sığ tuzaklardan dolayı meydana gelen aktivasyon enerjisi (E_t ; Şekil 2.4.a), uyarılmış seviyeden termal geçiş enerjisi (E_A ; Şekil 2.4. b), d-a sıçrama enerjisi (E_h ; Şekil 2.4. c), üst seviyelere sıçrama enerjisi (E_H ; Şekil 2.4.d), taban seviyesine geçiş enerjisi (E_g ; Şekil 2.4. e) olarak belirtilmiştir.

Üzerinde durulması gereken son önemli nokta ise termal sönmedir. Burada sıcaklık arttıkça radiative olmayan yeniden birleşmeler meydana gelmektedir. Deşik ve serbest elektronların tekrar birleştiklerini gözönünde bulundurduğumuzda, deşikler birleşmeden önce yüksek sıcaklıklarda valans bandına ısısal olarak uyarılır ve ışımasız bir geçiş yapabilirler. Kuvarslar için termal sönmenin 325°C 'den sonra gerçekleştiği bilinmektedir (23). Emisyon ölçümleri, OSL emisyonunun 325°C ' de aynı birleşme merkezlerini kullandığını ve bu nedenle termal sönmenin gerçekleştiğini göstermektedir (15).

Yukarıda belirtilen her bir etki feldspatlardan gelen OSL sinyallerine katkıda bulunabilir. İncelen durumlar OSL mekanizmasının sıcaklığa bağımlı olduğunu göstermektedir.

3. DENEYSEL İŞLEMLER

3.1. Deney Sistemi

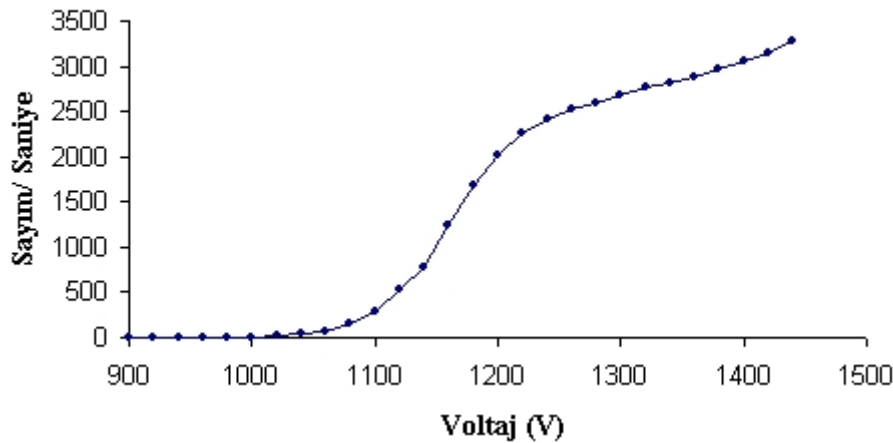
Deneyde kullanılan ölçme sistemi (OSL 9010 Sistemi) N.A.Spooner, Aitken, Smith, Franks ve McElroy tarafından geliştirilmiş bir sistemdir (3). Bu sistem ile çalışma yapılırken 64 numune aynı anda incelenerek kullanma kolaylığı sağlanmış olur. Numuneler 64 örnek kapasiteli bir numune tutucu üzerine yerleştirilerek sistemdeki fotoçoğaltıcı tüpün hemen altında yer alan kızağa gönderilir. Bilgisayar programı vasıtasıyla istenilen örnek, fotoçoğaltıcı tüpün altına getirilerek sayımlar alınır. Sıcaklık kontrolünün otomatik olarak yapıldığı sistemde toplam dozu belirlemedeki doğruluk payı %95 veya %97 gibi yüksek bir değerdir. Sisteme, incelenmek istenen numuneler bir kez yerleştirildikten sonra el ile müdahaleye gerek kalmadan bütün işlemler, bilgisayar kontrolüyle hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilir. Tuzaklanmış elektronları yerlerinden çıkarmak için kullanılan LED'ler (Light Emitting Diode) infrared bölgede (880 ± 80 nm) 30 mW/cm^2 güç sağlayacak şekilde yaklaşık 40mA akım çeken TEMT 484 IR diyotudur. Lüminesans, Thorn EMI 9235 QA fotoçoğaltıcı tüp ile dedekte edilir. Işınlama süresi 1 saniyeden az olması durumunda 64 örnek için ışınlama süresi 10 dakika civarındadır. Sistem 0,01 saniyeden 1 yıla kadar zaman aralığı için örnek ışınlatabilir. OSL'nin benzer diğer yöntemlere göre önemli avantajları vardır. OSL, ışığa duyarlı, tuzaklanmış elektron yoğunluğunu ölçer. Normalizasyondan dolayı hassasiyet değişiminde daha az bozucu etki yapar ve sayımlar genellikle oda sıcaklığında yapıldığı için kristalin yapısında kayda değer bozucu etki yapmaz.

Çalışmada, tabletlere laboratuvar dozu vermek için kullanılan kaynak ise ($^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$)'dır. Sadece beta yayınlayan kaynağın yarı ömrü 28 yıldır. Kaynak numunenin üzerinde 16 mm'lik bir mesafede bulunur. $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$ β kaynağının doz hızı 0,034 Gy/s'dir.

3.2.OSL 9010 Sisteminin Kalibrasyonu

Deney sisteminde foton sayımı için kullanılan fotoçoğaltıcıların hassasiyeti yüksek voltaj kaynağından uygulanan voltajla orantılı olmasına rağmen genellikle voltaj değeri çok yükseltildiğinde taban sayım gürültüsü (yalancı sayım) de artacağından bir eşik gerilimi tespiti yapılmalıdır. Eşik gerilimi tespiti fotoçoğaltıcı tüpün altına yerleştirilen kararlı bir ışık kaynağı ile yapılır. Fotoçoğaltıcı tüpün üst kısmındaki eşik değer kontrol potansiyometresi 3 veya 4 değerine ayarlanılarak yüksek voltaj kaynağı 20V aralıklarla 700-1400V arasında değiştirilir. Buradan ölçülen sayımlara karşılık voltaj grafiği çizilir. Bu grafikte plato bölgesinin tam ortasına karşılık gelen voltaj değeri, güç kaynağının en uygun çalışma voltajıdır. Bu değer belirlenmesi ile yüksek voltaj güç kaynağının kalibrasyon işlemi tamamlanmış olur.

Yapılan çalışmada toplam 100 saniyelik sürede 10 periyotluk sayımlar, 900V ile 1440V arasındaki voltaj değerleri için 20V'luk artışlarla ölçülerek yüksek voltaj değerlerine göre grafiği çizilmiştir (Şekil 3.1). Bu grafiğe göre deney sisteminin güvenilir çalışması için gerekli olan çalışma voltaj değeri 1220V'dur.

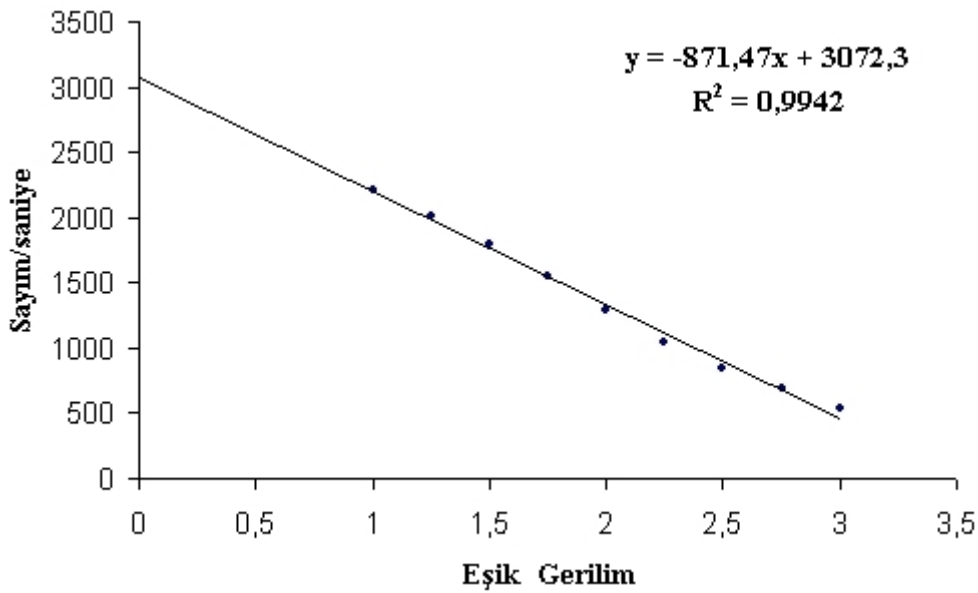


Şekil 3.1. Fotoçoğaltıcı tüpün H.T.Voltaj kalibrasyon eğrisi
(Eşik değeri =1 için)

Fotoçoğaltıcının lüminesans sayımını düşük seviyeli sayımlar olumsuz yönde etkileyebilir. Fotoçoğaltıcının düşük seviyeli sayımları almaması için önyükselticinin

de eşik değerinin ayarlanması gerekir. Bu eşik değeri; taban gürültüyü mümkün olduğu kadar azaltıp aynı zamanda gerçek fakat küçük pulsları kaybetmeyecek şekilde ayarlanmalıdır.

Önyükselticinin kalibrasyon işleminin yapılması için ışık kaynağı aynen H.T.Voltaj kalibrasyonunda olduğu gibi yerleştirilir. H.T.Voltajı 1220V'da sabit tutulurken eşik değeri 0 ile 10V aralığında 0.25 V'luk artışlarla değiştirilerek ışık şiddeti ölçümleri alınır. Daha sonra alınan bu değerlerden faydalanılarak ışık şiddetinin eşik gerilimine göre grafiği çizilir (Şekil 3.2). Grafikten faydalanılarak eşik değerini bulmak için %85 kuralı uygulanır. Alınan verilerden en uygun doğru geçirilerek, bu doğrunun y eksenini kestiği nokta bulunur. Bulunan bu değerin yani ışık şiddetinin %85'ine karşılık gelen değer hesaplanarak, bu değere yani ışık şiddetine karşılık gelen eşik gerilimi değeri tespit edilir. Tespit edilen bu değer bize deneyde kullanacağımız eşik değerini verir. Bu şekilde önyükseltici kalibrasyon işlemi de tamamlanmış olur.



Şekil 3.2. OSL 9010 sistemindeki önyükselticinin eşik değerini bulmak için elde edilen kalibrasyon eğrisi

%85 kuralına göre sistemin eşik değerinin hesaplanması:

Kalibrasyon eğrisinin eğimi : $y = -871,467x + 3072,3$
 y eksenini kestiği nokta : $x = 0$ iken $y = 3072,3$

$$\begin{array}{ll} y \text{ değerinin } \%85'i & : \quad y' = 2611,455 \\ y' \text{ ne karşılık gelen } x \text{ değeri} & : \quad x' = 0,52 \end{array}$$

Yapılan kalibrasyon işlemi sonucunda bulunan önyükselticinin eşik değeri $\approx 0,52$ dir.

3.3. Numunenin Hazırlanması

Mevcut deneysel düzeneğimizin yalıtkan örnekler için düzenlenmiş olması nedeniyle Na ve K'un element halleri değil, klorlu bileşikleri çalışılmıştır. Kullanılan numunelerin hazırlanışları arasında bir farklılık yoktur.

NaCl ve KCl agat havanda ezilerek olabildiğince ince hale getirilmeye çalışılmıştır. Elde edilen tozlar hiçbir kimyasal işleme maruz bırakılmadan alüminyum foillerin üzerine tutturulmuştur. Öncelikle yüzeyi zımpara ile temizlenmiş olan 1 cm çaplı alüminyum foilin üzerine yapışmayı sağlamak için ince bir tabaka halinde nüjöl yağı sürülmüştür. Daha sonra foilin üzerine çok kalın bir tabaka oluşturmayacak ve yüzeye homojen dağılacak biçimde elde edilen toz yayılmış ve bu işlemin ardından üzerine bastırmak suretiyle deneyde kullanılacak tabletler elde edilmiştir. Bu şekilde birden çok tablet hazırlayıp içlerinden yüzeyi en pürüzsüz ve en homojen olanını seçmek, sonuçların daha doğru çıkmasında büyük rol oynamaktadır. Deneyde NaCl ve KCl için 4'er adet olmak üzere eşit kütleli ($\approx 5,6$ mg) toplam 8 tablet hazırlanmıştır. Tabletler radyasyona maruz bırakıldıktan sonra dikkat edilmesi gereken önemli bir husus da ortamın oldukça mat kırmızı bir ışıkla aydınlatılmış olmasıdır. Aksi takdirde incelenmek istenen tuzaklanmış elektronlar istenmeyen bir şekilde boşaltılmış olabilir.

3.4. Metodoloji

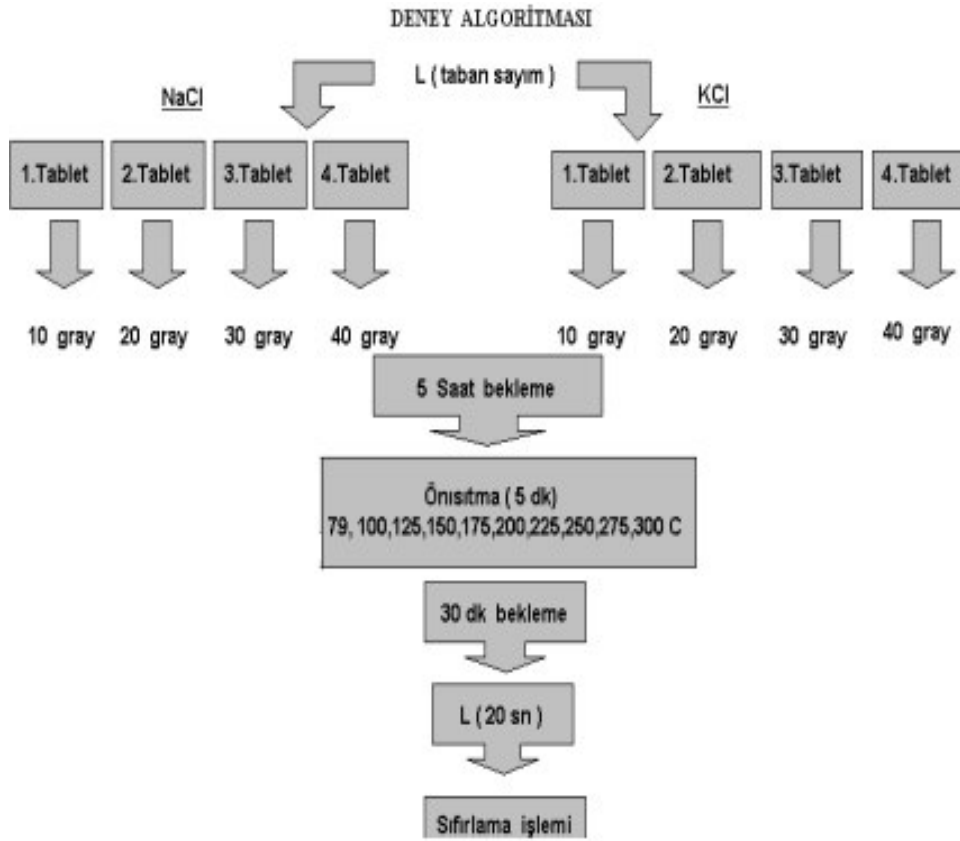
Kararsız durumlardan kaynaklanan lüminesans ölçümlerini gidermek için örneklerin

önısıtmaya tabii tutulması gerekir. Her örneğin kendi yapısından kaynaklanan farklılıklarından dolayı farklı önısıtma sıcaklıkları vardır.

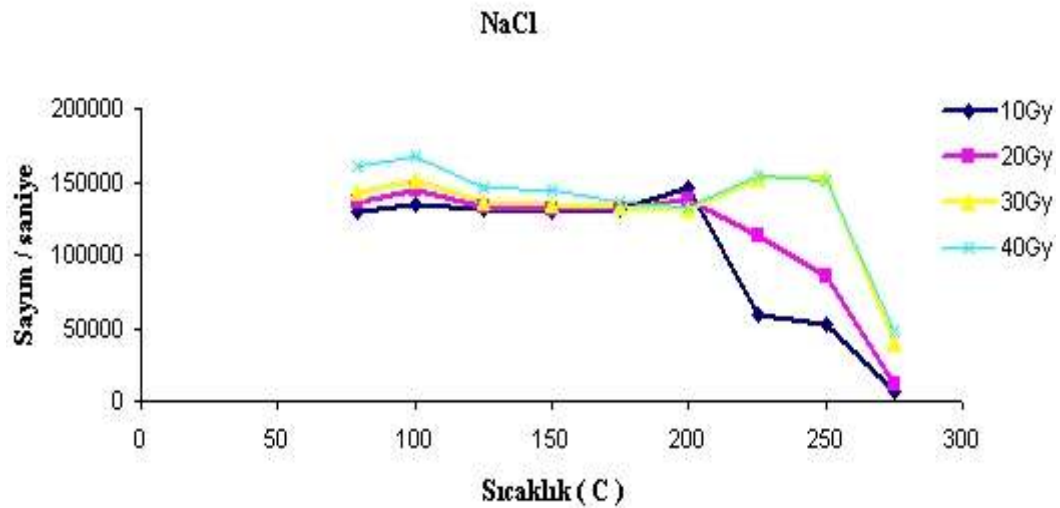
Çalışmanın ilk aşamasında NaCl ve KCl'ün önısıtma sıcaklıkları tespit edilmeye çalışıldı. Oluşturulan algoritma (Şekil 3.3) ve doz verme programı kullanılarak ilk tablete 10 Gy β - dozu verildi ve 5 saat karanlık odada bekletildi, daha sonra da oda sıcaklığında ölçüldü. Aynı tablet sıfırlandı ve tekrar 10 Gy doz verildi. Karanlık odada 5 saat bekletildikten sonra 79 °C'de 5 dk ısıtıldı. 30 dakika karanlık odada bekletildikten sonra oda sıcaklığında lüminesans ölçümü (20 s) alındı ve sıfırlandı. Bu işlem aynı tablete 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275 °C sıcaklıkları için sırasıyla uygulandı. İkinci, üçüncü ve dördüncü tablete ise sırasıyla 20, 30, 40 Gy beta dozu verildi ve yukarıdaki işlemin bütün adımları NaCl ve KCl için uygulandı. Sıcaklığa bağlı olarak alınan bu sayımlar (Çizelge 3.1) kullanılarak grafikler çizildi ve NaCl ve KCl için ortak önısıtma sıcaklığı 180 °C olarak belirlendi (Şekil 3.4 ve Şekil 3.5).

Çizelge 3.1. NaCl ve KCl için sıcaklık ve doza bağlı alınan sayımlar

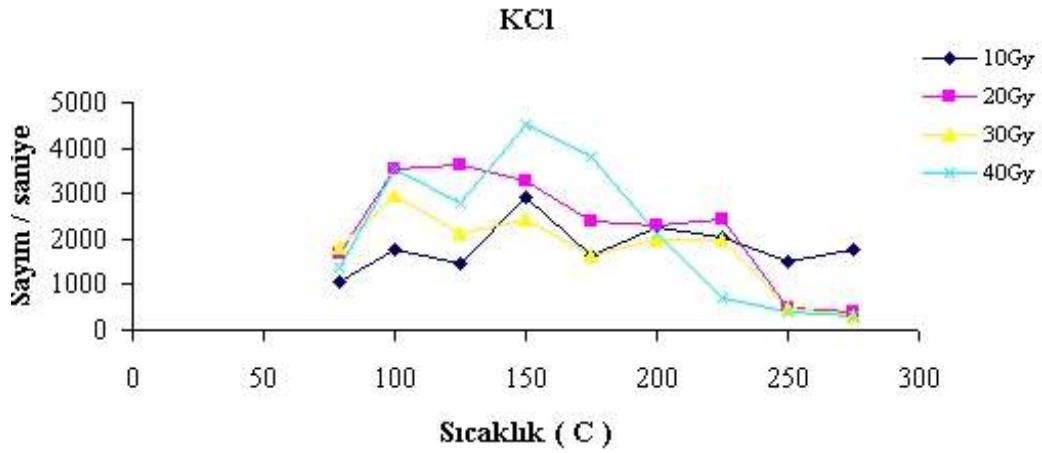
	NaCl					KCl			
Doz (Gy)	10	20	30	40	Gy	10	20	30	40
Sıcaklık °C					Sıcaklık °C				
79	129978	136102	142668	160072	79	1046	1689	1809	1352
100	134913	143988	150743	166753	100	1760	3535	2952	3523
125	130582	132628	136442	146387	125	1480	3621	2125	2800
150	129683	131817	133760	143968	150	2934	3264	2425	4530
175	131660	131777	132991	135274	175	1635	2377	1645	3822
200	146502	137862	130965	132099	200	2253	2314	2001	2108
225	59315	113560	152998	154548	225	2033	2425	1978	702
250	52056	85959	152523	150390	250	1518	498	473	392
275	7226	10911	39683	47655	275	1758	380	320	304



Şekil 3.3. Algoritma 1 (Önısıtma sıcaklığının tespiti)

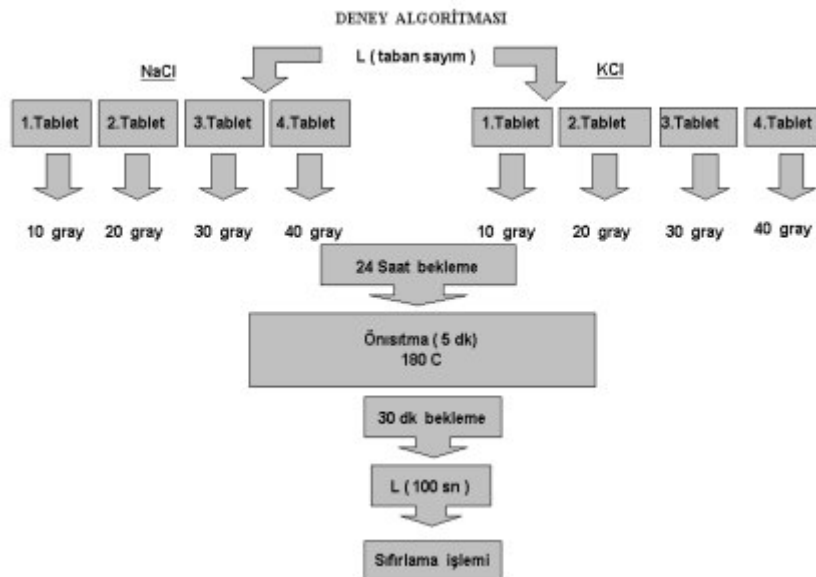


Şekil 3.4. NaCl için önısıtma sıcaklığı tespiti



Şekil 3.5. KCl için ısıtma sıcaklığı tespiti

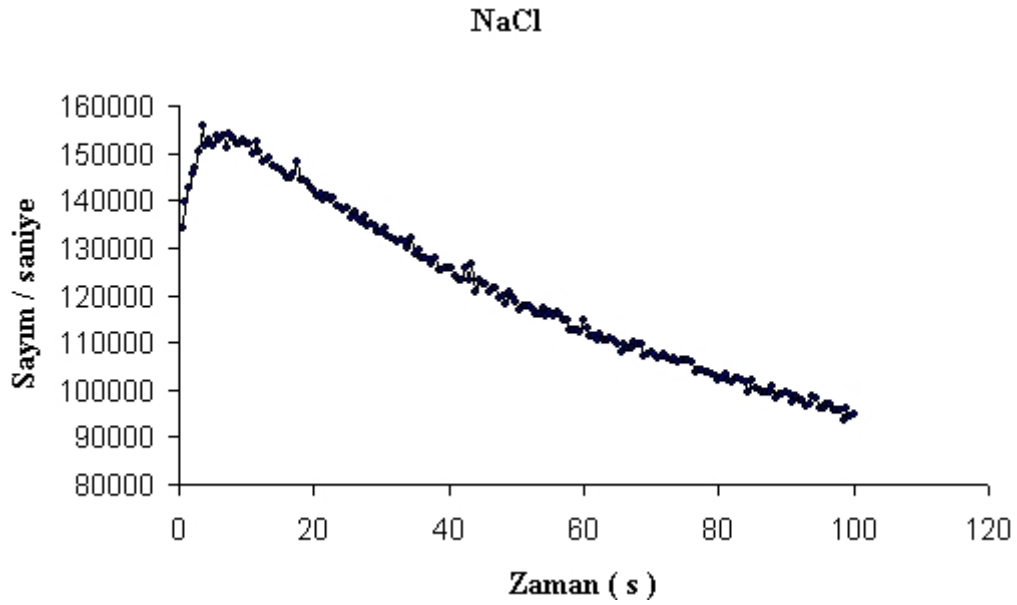
Deneyin ikinci aşamasında, ikinci bir algoritma (Şekil 3.6) kullanıldı. Aynı tabletlerden birincisine 10 Gy, ikincisine 20 Gy, üçüncüsüne 30 Gy ve dördüncüsüne de 40 Gy radyasyon dozu verildikten sonra karanlık odada 24 saat bekletildi. Deneyin ilk aşamasında belirlenen ısıtma sıcaklığında (180°C) tabletlere 5 dk ısıtma yapıldı ve tabletler oda sıcaklığına düşüne kadar karanlık odada 30 dk bekletildi. Daha sonra tabletlerin lüminesans ölçümleri (100 s) alındı ve sıfırlandı.



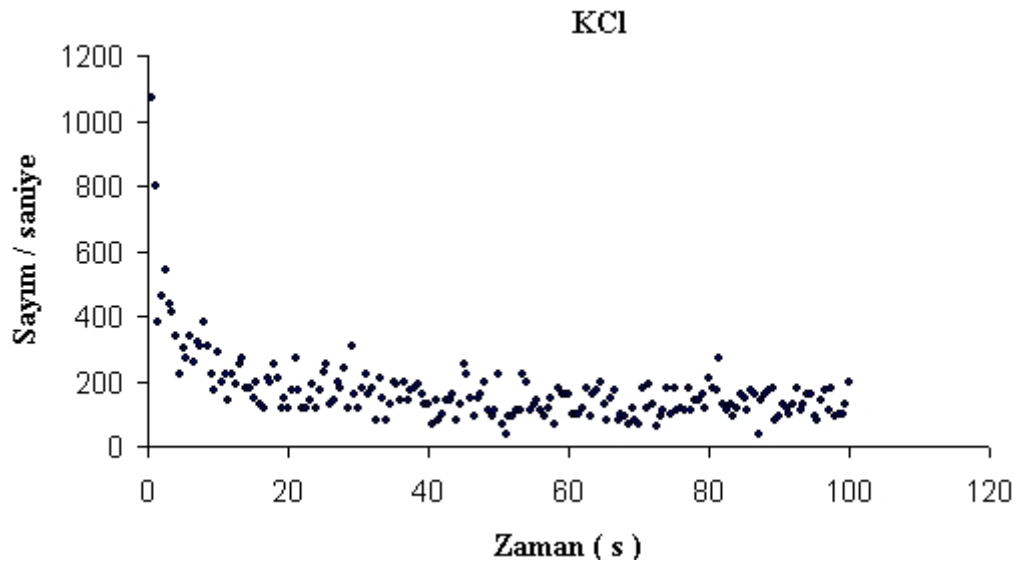
Şekil 3.6. Algoritma 2

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan deney sonucu elde edilen veriler kullanılarak çizilen grafikler üzerinde yorumlar yapılmaya çalışıldı.



Şekil 4.1. NaCl'ün OSL bozunma eğrisi (10 Gy, 180⁰ C önisıtmalı)

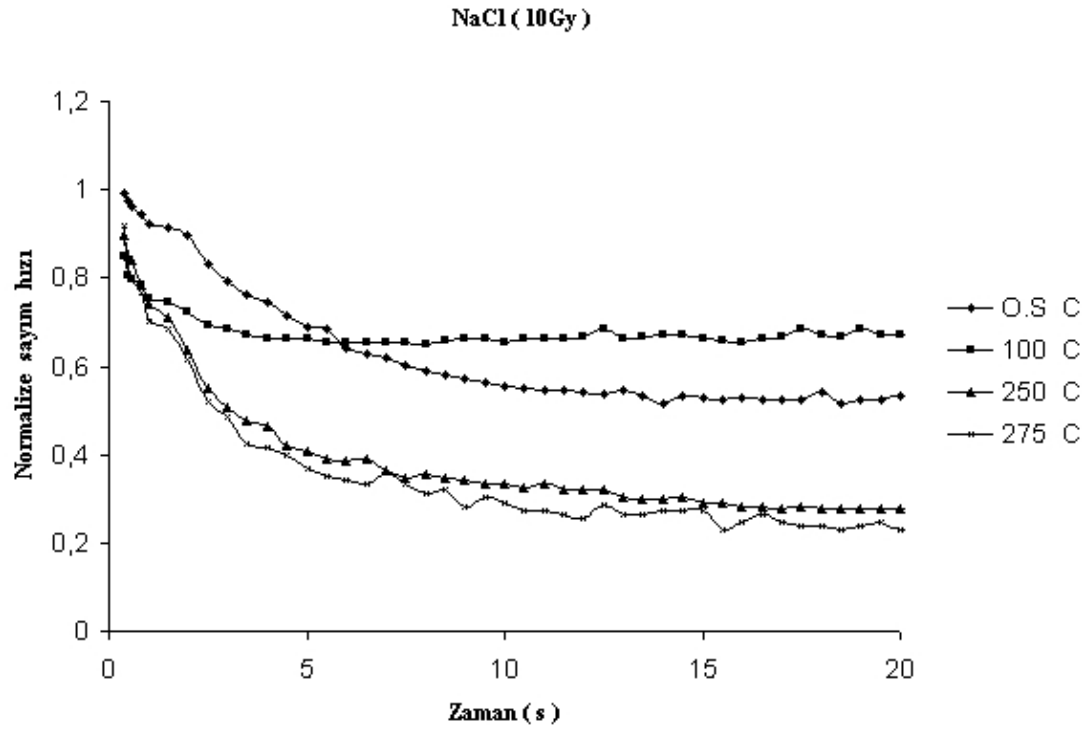


Şekil 4.2. KCl'ün OSL bozunma eğrisi (10 Gy, 180⁰ C önisıtmalı)

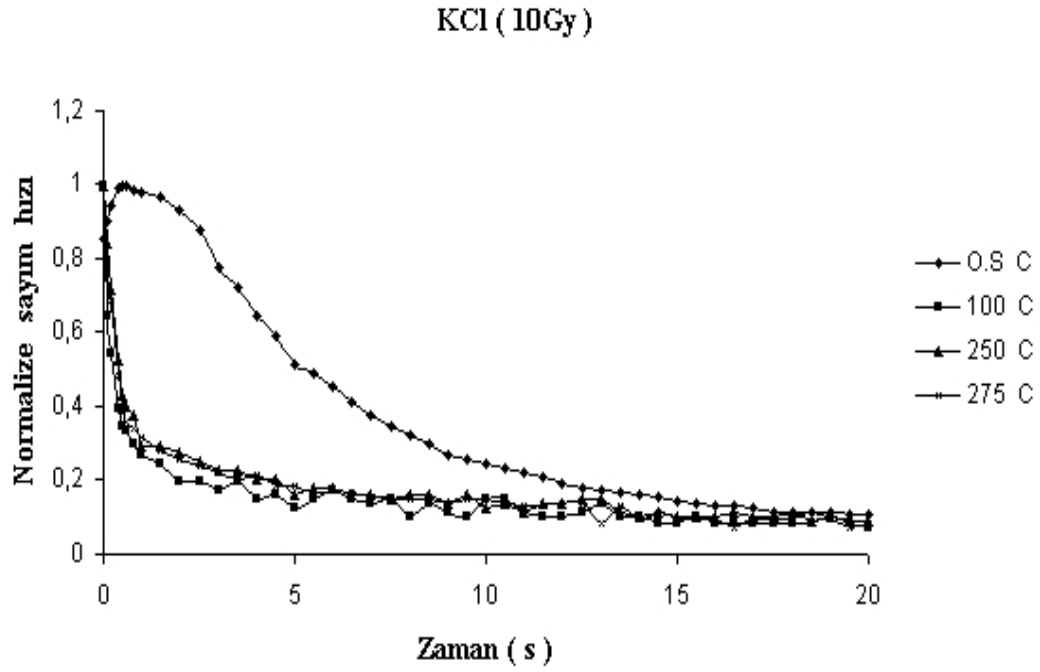
Önce NaCl ve KCl örneklerinin IRSL davranışı incelendi. Aynı doz verildiği halde NaCl ve KCl'ün IRSL bozunma eğrilerine (Şekil 4.1) (Şekil 4.2) bakıldığında NaCl'ün IRSL şiddetinin KCl'ünkiden yüksek olduğu görülmüştür. Buradan, NaCl'de IR ile uyarılmaya duyarlı olan tuzakların sayısının KCl'den daha fazla olduğu anlaşılabılır. Ayrıca KCl'ün sinyallerinin NaCl'e göre daha çabuk sıfırlandığı grafiklerden görülmektedir.

NaCl ve KCl'ün sıcaklığın bir fonksiyonu olan deneysel IRSL eğrileri Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'de gösterilmiştir. 125-200 °C aralığında NaCl için sıcaklıkla IRSL şiddetinde önemli bir sistematik artış ve azalış gözlenmemesine rağmen, KCl'de aynı sıcaklık aralığında IRSL şiddetinde önemli değişimler gözlemlendi. Örneklerle verilen dozlar arasındaki fark büyük olmasına rağmen NaCl'den gelen lüminesans şiddetinde fazla değişiklik gözlenmedi. Bunun nedeni doz doygunluğu olabilir. KCl için ise radyasyon dozu ile değişikliğin düzenli olmadığı görüldü. Ayrıca NaCl'ün IRSL sinyalinin KCl'den daha kararlı olduğu görüldü. NaCl ve KCl'ün IRSL sinyallerinin termal sıfırlanma sıcaklığı 275 °C'dir. 200 °C'den sonra IRSL şiddetlerinin azalması ise dozimetrik tuzakların boşalmasından kaynaklanabileceği şeklinde yorumlanabilir. Belirlenen sıcaklıklarda NaCl ve KCl'ün normalize edilmiş IRSL bozunma eğrileri çizilmiştir (Şekil 4.3), (Şekil 4.4), (Şekil 4.5), (Şekil 4.6), (Şekil 4.7), (Şekil 4.8), (Şekil 4.9), (Şekil 4.10). İlk 5 sn'de IRSL şiddetinde artışlar görülmektedir. Muhtemelen bu artış, sık tuzaklardaki fotogeçiş nedeniyle oluşan IRSL'den kaynaklanmaktadır. İlk 5 s'de sıcaklık arttıkça bozunma hızının da artması 10 Gy beta dozu verilen NaCl tabletinde görülebilir (Şekil 4.3). Fakat aynı şartlarda bu KCl için geçerli değildir (Şekil 4.4). Genelde iki örnek için de sıcaklık arttıkça bozunma hızının davranışı (özellikle Şekil 4.5 ve Şekil 4.6) düzenli bir bağımlılığa sahip değildir. KCl'de diğer sıcaklıklara göre 100 °C'de daha farklı davranış gözlenmektedir. Düzensiz IRSL bozunma hızı davranışı, 20 Gy beta dozu verilen (Şekil 4.5) NaCl tableti için de gözlenebilir. Bu gözlemler termal destekli işlemler için beklenen bağıllıkla uyumlu değildir.

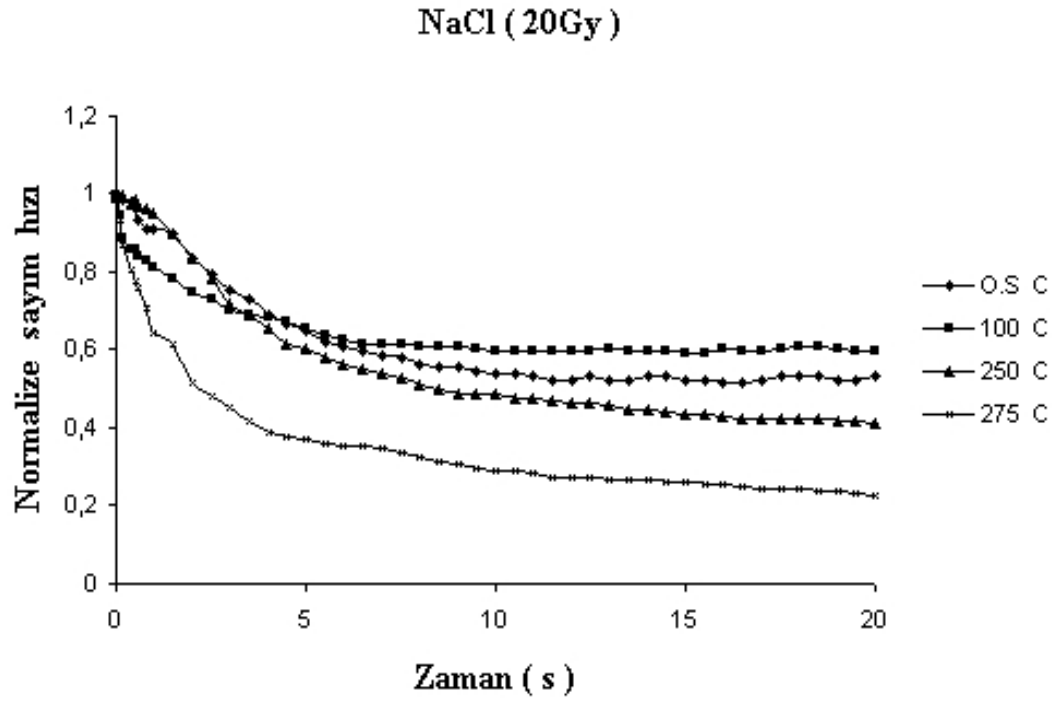
Bu çalışmada, KCl'den elde edilen bulgular Markey ve ark.'nın bulgularıyla uyumaktadır. Yani, KCl'ün IRSL bozunma hızlarının sıcaklıkla düzensizliği sıg tuzakların etkisinden kaynaklandığı düşünülebilir. NaCl'ün IRSL bozunma hızlarının değişiminde sıg tuzakların rolü KCl'den farklı olduğu gözleniyor. NaCl ve KCl'ün IRSL bozunma hızlarının sıcaklıkla değişiminin benzer olmasını beklerdik. Bu farklı davranışın sebebi sıg tuzak nüfusu olabilir. NaCl'ün IRSL bozunma eğrilerini izleyen üstel olmayan kuyruk KCl'ünkinden daha uzundur ve KCl'ün lüminesans sinyelleri NaCl'den daha hızlı bir şekilde sıfırlanmaktadır. OSL uyarımı oda sıcaklığı civarında yapıldığında, sıkça OSL eğrisinde uzun bir kuyruk gözlenir (12). Ancak, bizim çalışmamızda IRSL eğrisindeki uzun bir kuyruk NaCl için her sıcaklıkta gözlendi. Muhtemelen, NaCl'deki sıg tuzak nüfusu KCl'den daha fazladır. Bunun yanı sıra KCl'deki sinyallerin bozunma hızının NaCl'den daha hızlı bir şekilde azaldığı gözlenmiştir. IRSL'nin sıcaklığa bağımlılığının bu sonuçları NaCl ve KCl arasında farklı yük geçişi davranışını yansıtmaktadır. İncelenen doz aralıklarında KCl'ün IRSL şiddetleri arasındaki fark NaCl'e göre çok daha azdır. Test edilen örnek için bu farklı emisyon spektrumu lüminesans merkezlerinin farklı doğasını yansıtır. Şekil 4.11, Şekil 4.12, Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18 belirlenen sıcaklıklarda ısıtılmış NaCl ve KCl örnekleri için IRSL bozunma eğrilerini göstermektedir. Oda sıcaklığında ölçülen KCl'ün IRSL'si (Şekil 4.12) önce yavaş bir artış gösterir, sonra hızlıca azalır ve sıfırlanır. (d-a) tekrar birleşiminin, ilk başlarda artan bir sinyale sebep olabildiği daha sonra uyarma devam ettikçe azaldığını söylenmektedir. Yüksek yoğunluklu donör-akseptör mesafelerinin daha kısa olabileceği gözönüne alınırsa lüminesans sayımında artış beklenebilir (20). Bu çalışmada, KCl lüminesansının düzensiz sıcaklık bağımlılığının sebeplerinden biri bu olabilir. Bu süreç KCl için sadece oda sıcaklığında gözlenmiştir ve bu Poolton ve ark. ve McKeeve ve ark. 'nın öngördüğü sonuçlarla uyumludur.



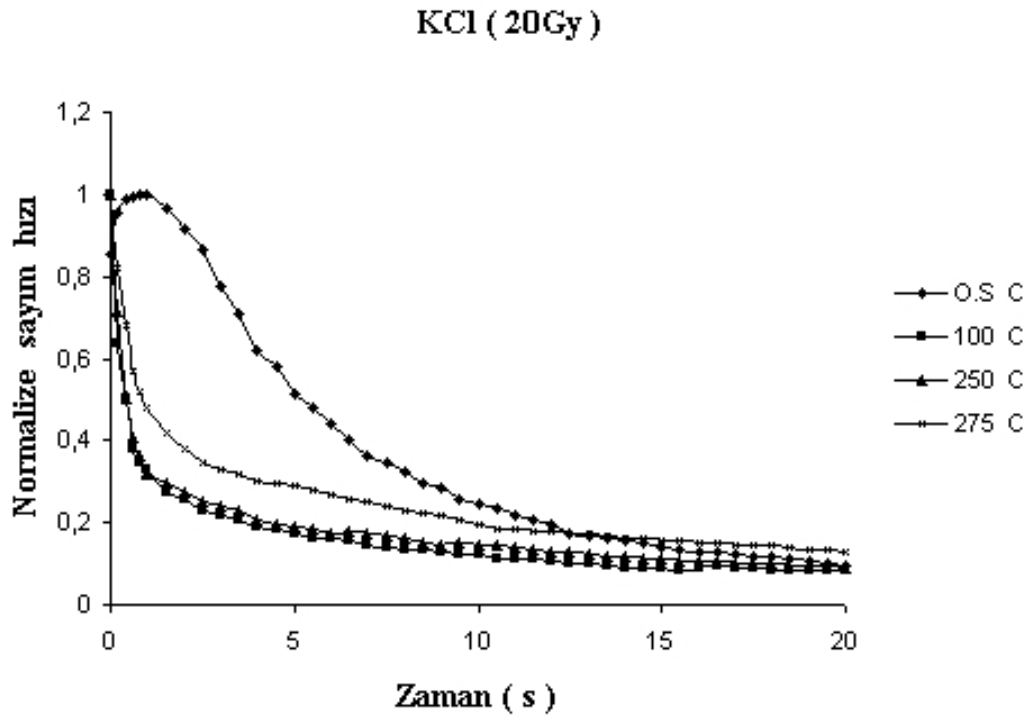
Şekil 4.3. NaCl (10Gy)'ün farklı sıcaklıklardaki normalize bozunma eğrileri



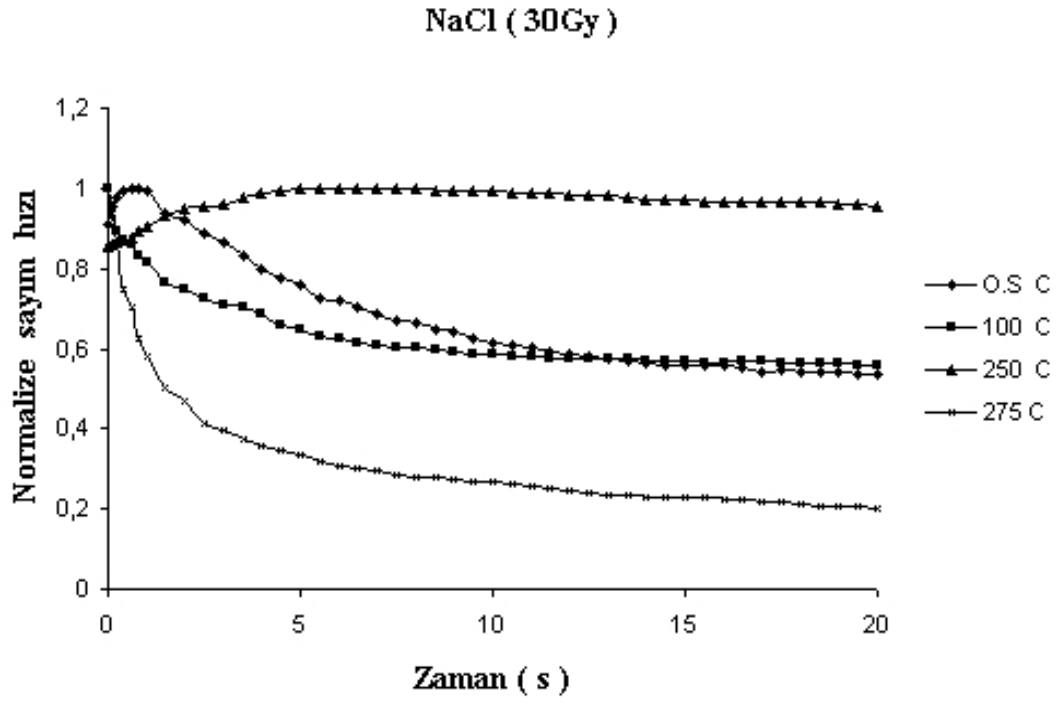
Şekil 4.4. KCl (10 Gy)'ün farklı sıcaklıklardaki normalize bozunma eğrileri



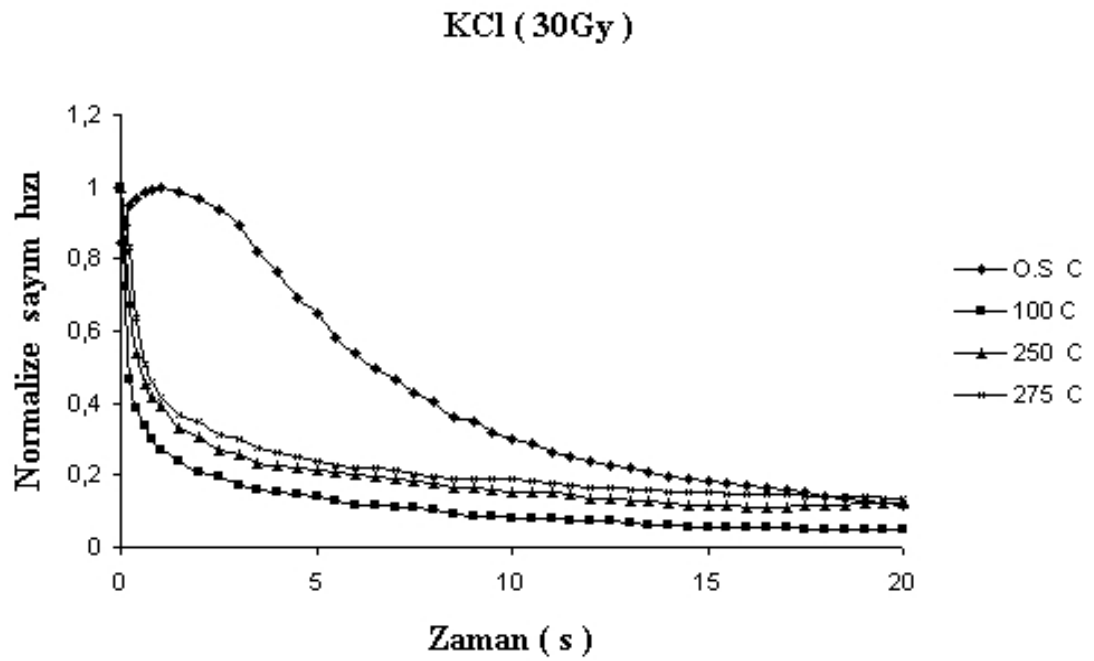
Şekil 4.5. NaCl (20 Gy)'ün farklı sıcaklıklardaki normalize bozunma eğrileri



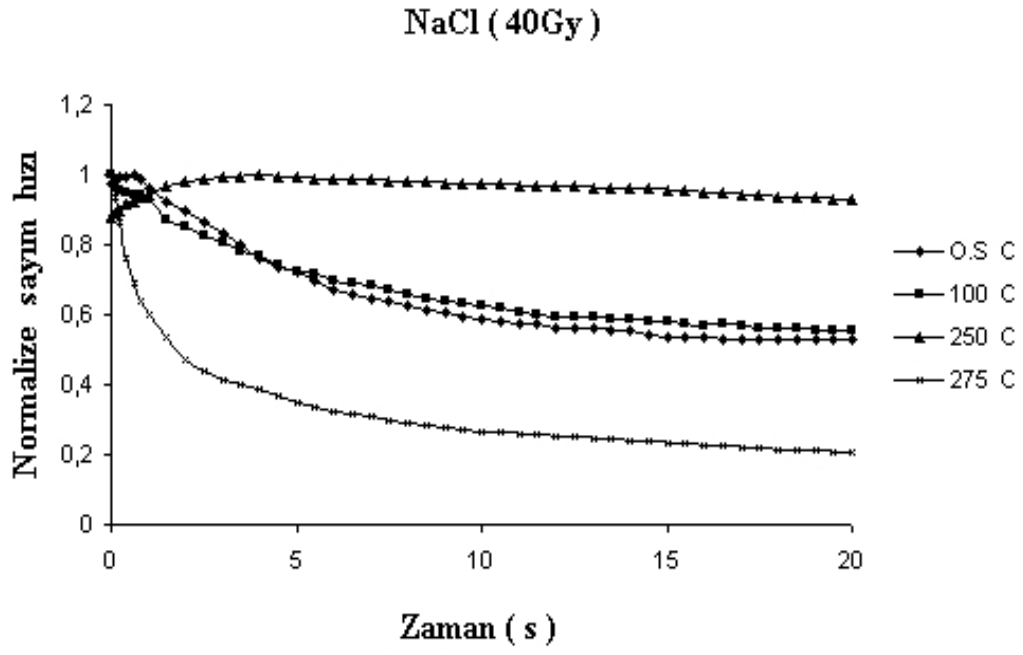
Şekil 4.6. KCl (20 Gy)'ün farklı sıcaklıklardaki normalize bozunma eğrileri



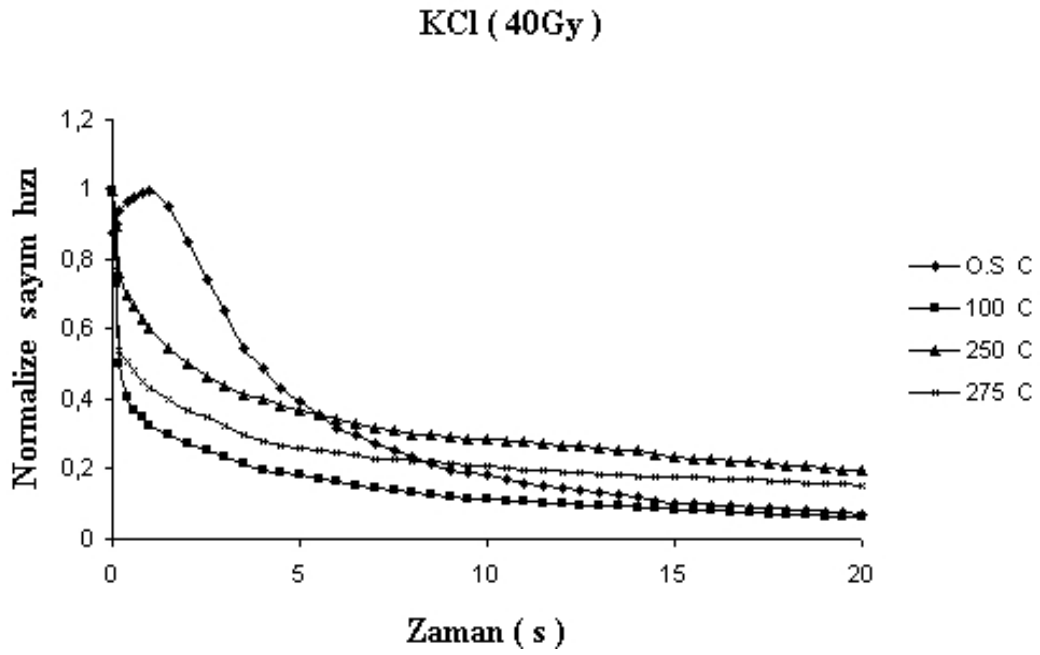
Şekil 4.7. NaCl (30 Gy)'ün farklı sıcaklıklardaki normalize bozunma eğrileri



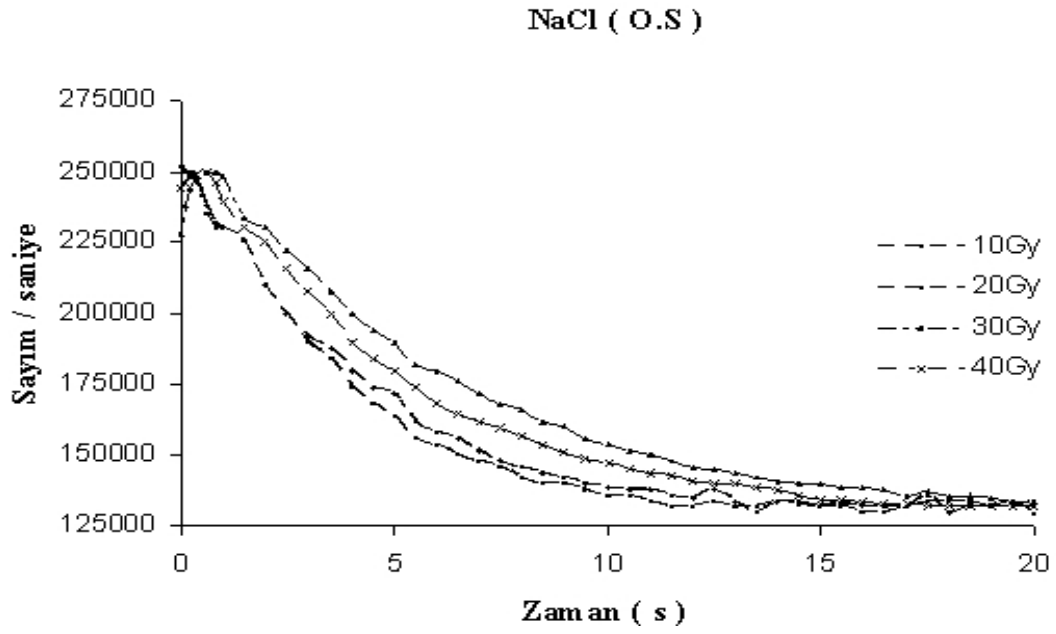
Şekil 4.8. KCl (30 Gy)'ün farklı sıcaklıklardaki normalize bozunma eğrileri



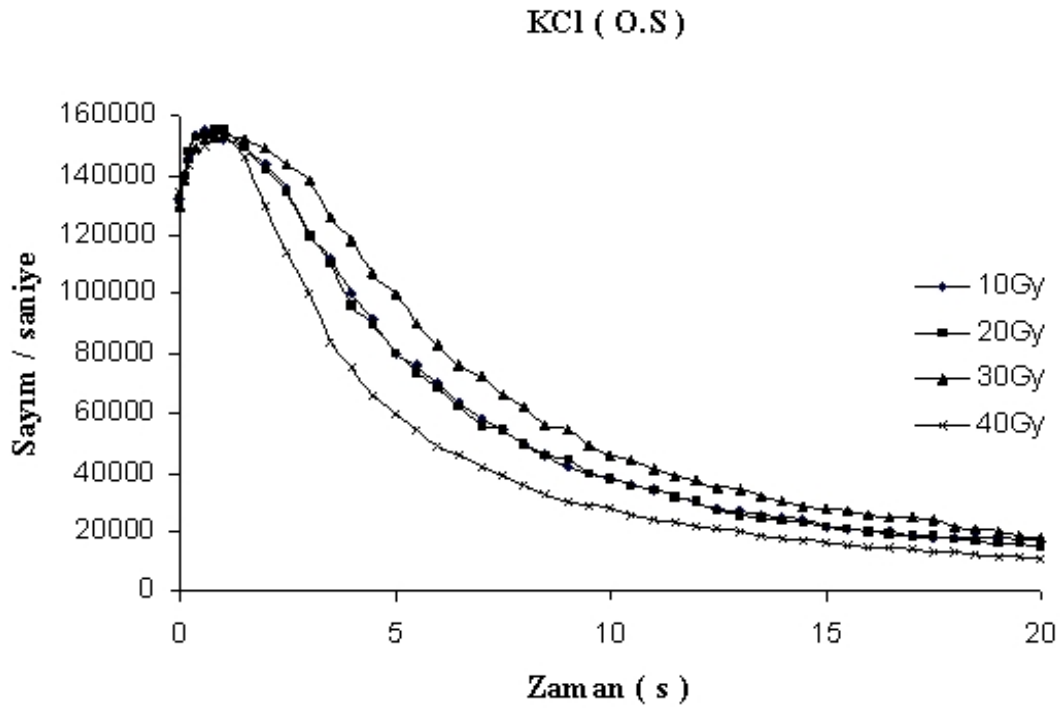
Şekil 4.9. NaCl (40 Gy)'ün farklı sıcaklıklardaki normalize bozunma eğrileri



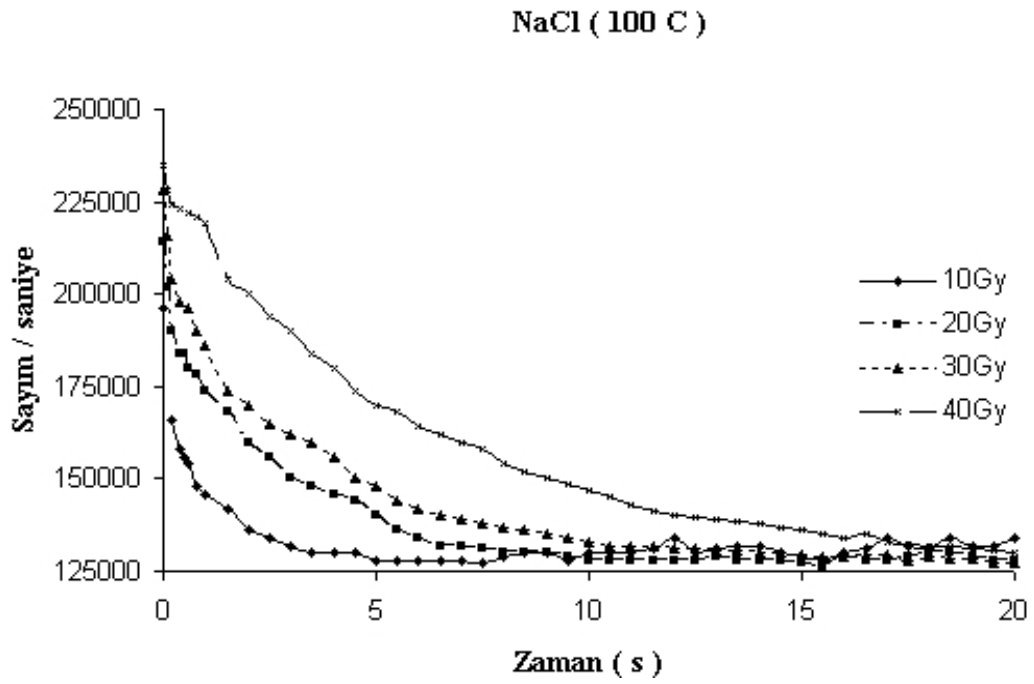
Şekil 4.10. KCl (40 Gy)'ün farklı sıcaklıklardaki normalize bozunma eğrileri



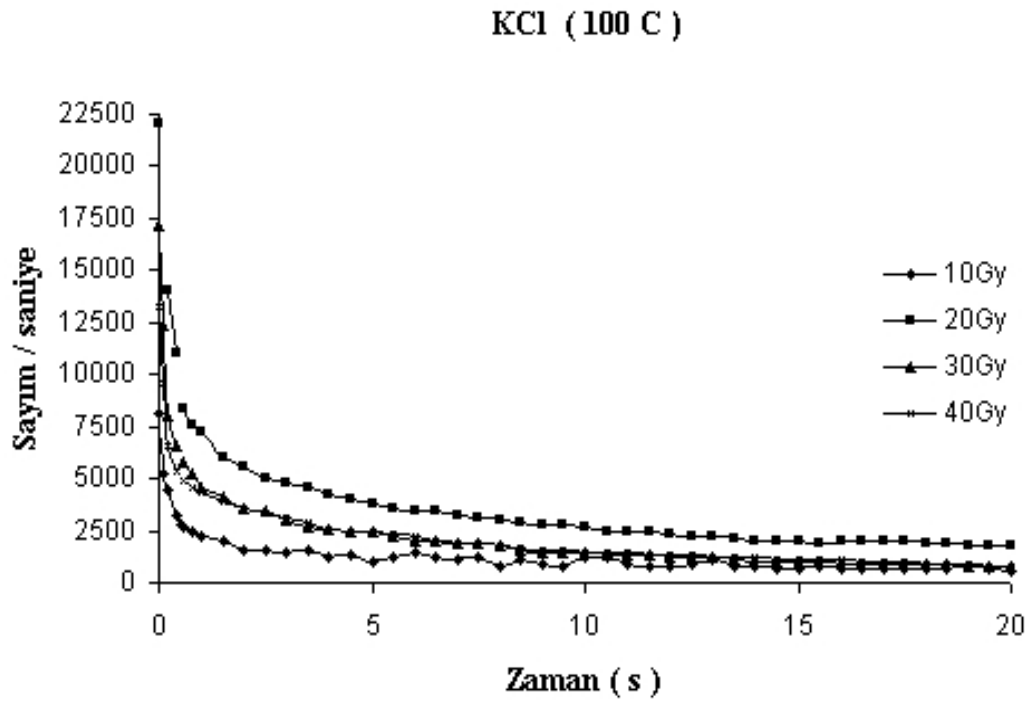
Şekil 4.11. NaCl (O.S.)'ün farklı dozlardaki bozunma eğrileri



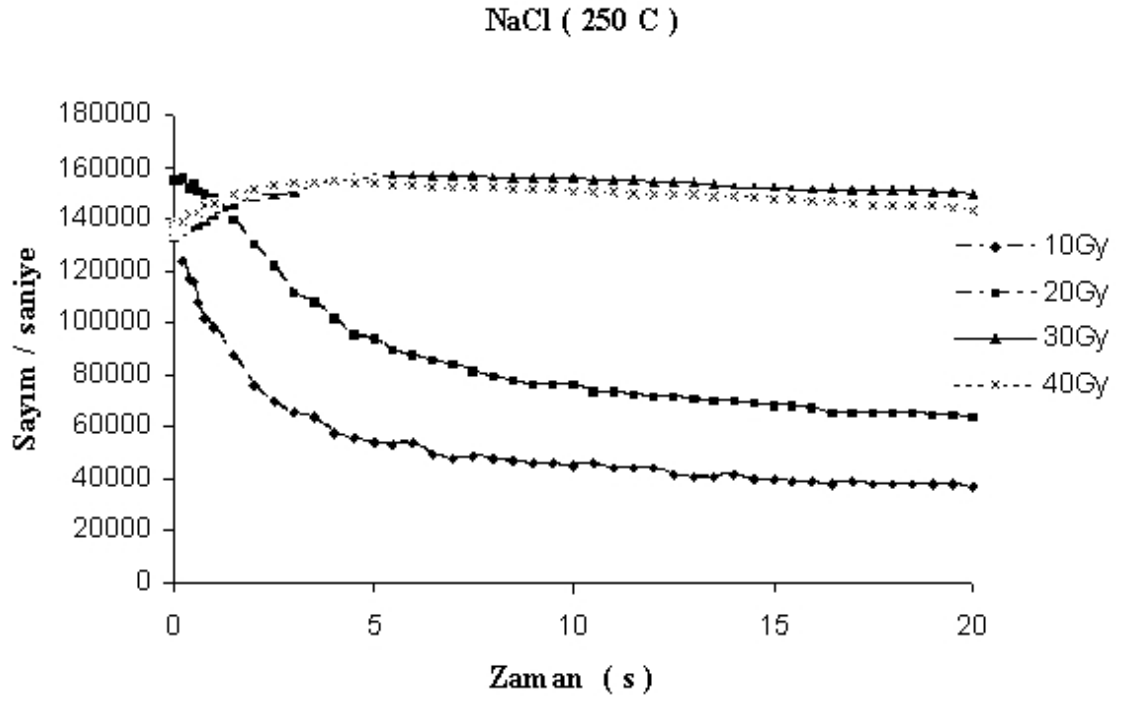
Şekil 4.12. KCl (O.S.)'ün farklı dozlardaki bozunma eğrileri



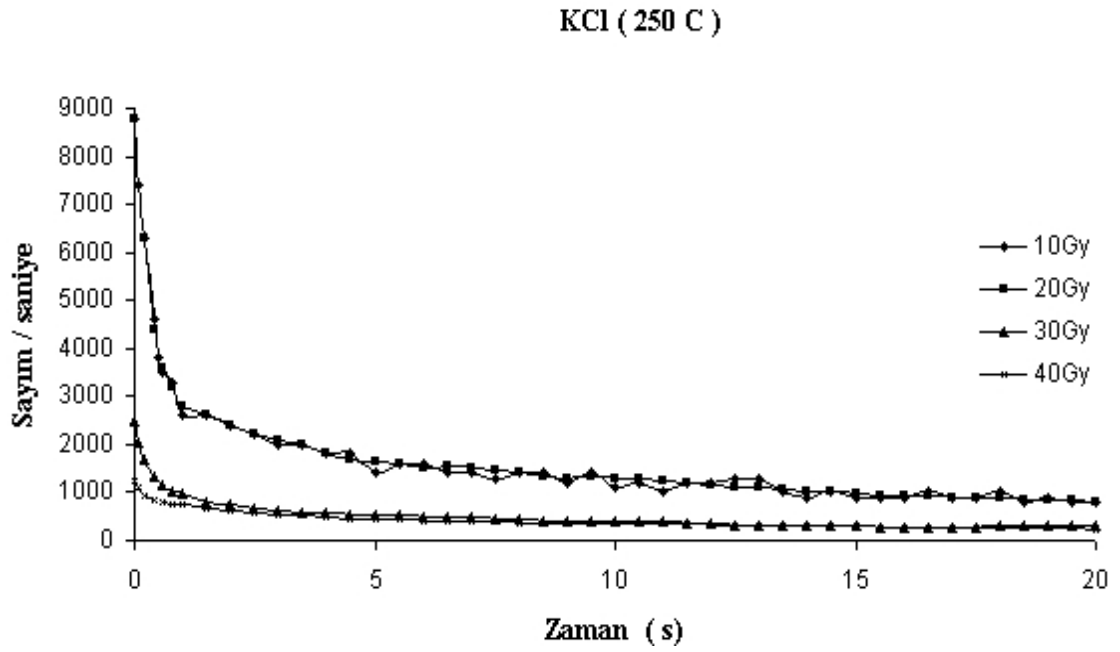
Şekil 4.13. NaCl (100 °C)'ün farklı dozlardaki bozunma eğrileri



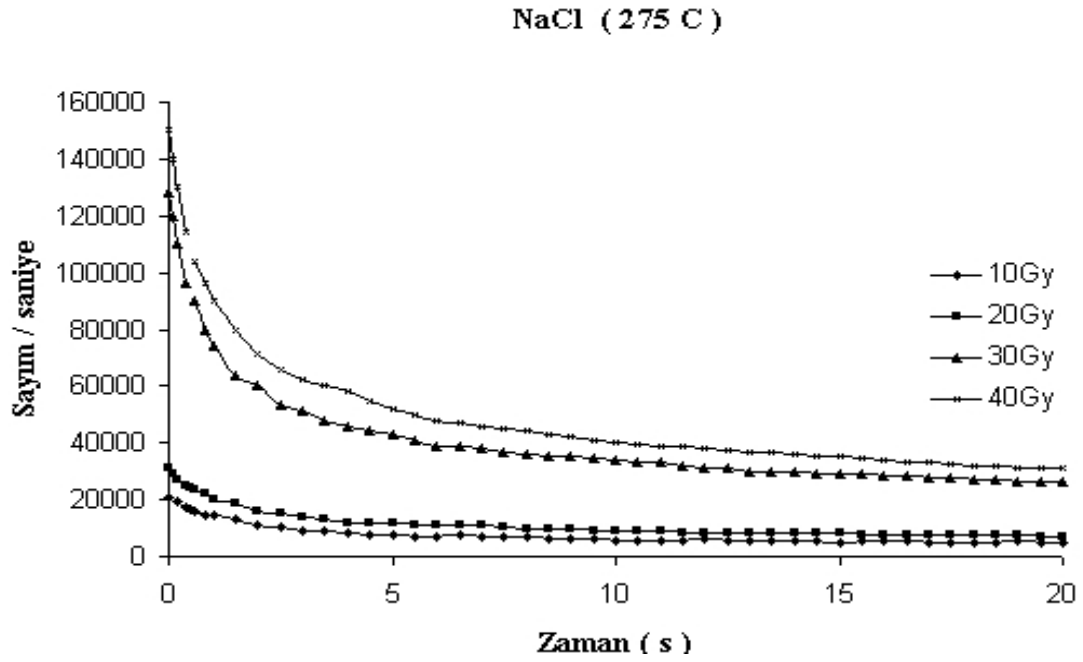
Şekil 4.14. KCl (100 °C)'ün farklı dozlardaki bozunma eğrileri



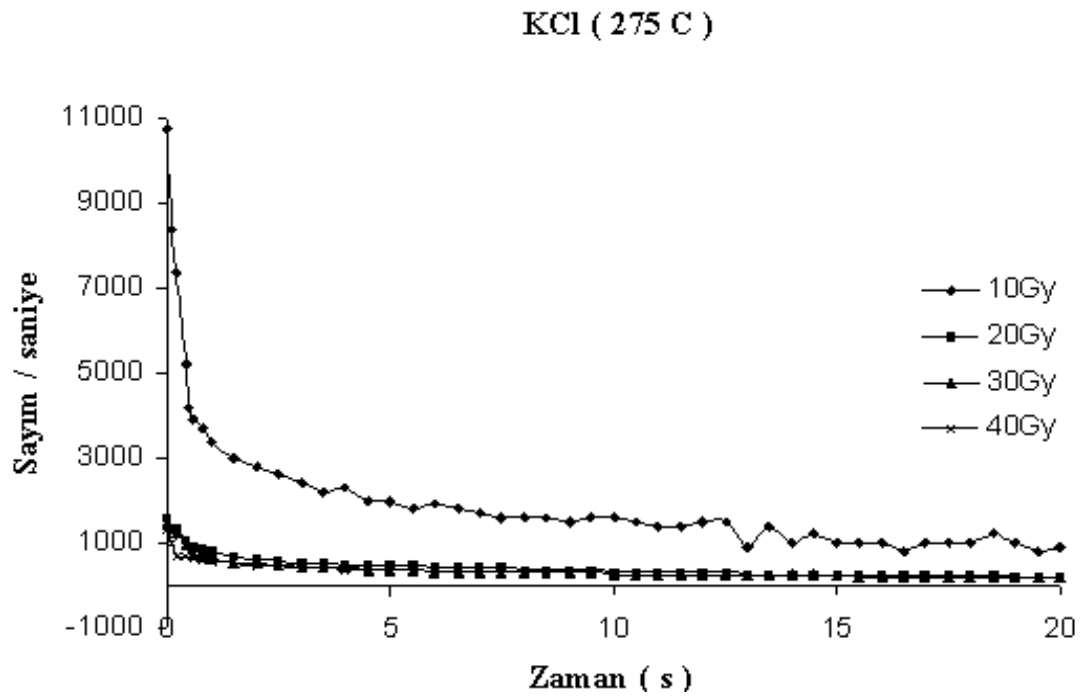
Şekil 4.15. NaCl (250 °C)'ün farklı dozlardaki bozunma eğrileri



Şekil 4.16. KCl (250 °C)'ün farklı dozlardaki bozunma eğrileri



Şekil 4.17. NaCl (275 ⁰C)'ün farklı dozlardaki bozunma eğrileri



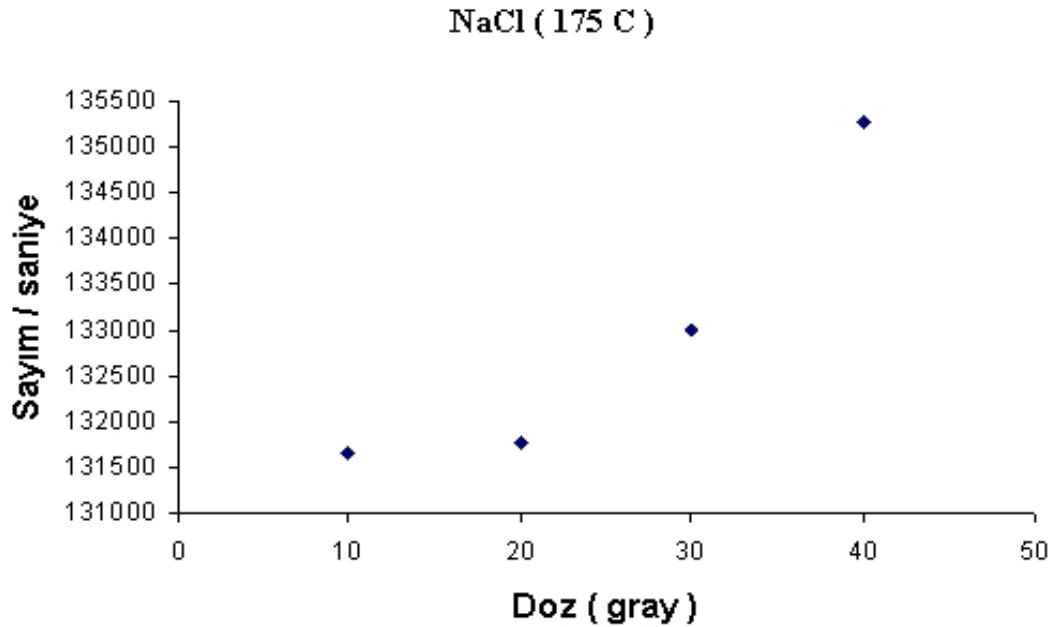
Şekil 4.18. NaCl (275⁰C)'ün farklı dozlardaki bozunma eğrileri

Lüminesansın sıcaklık bağımlılığı göstergelerinden biri termal sönmedir (15). Termal sönme hem NaCl hem de KCl'ün IRSL sinyallerinin sıcaklığa bağılılığına katkıda

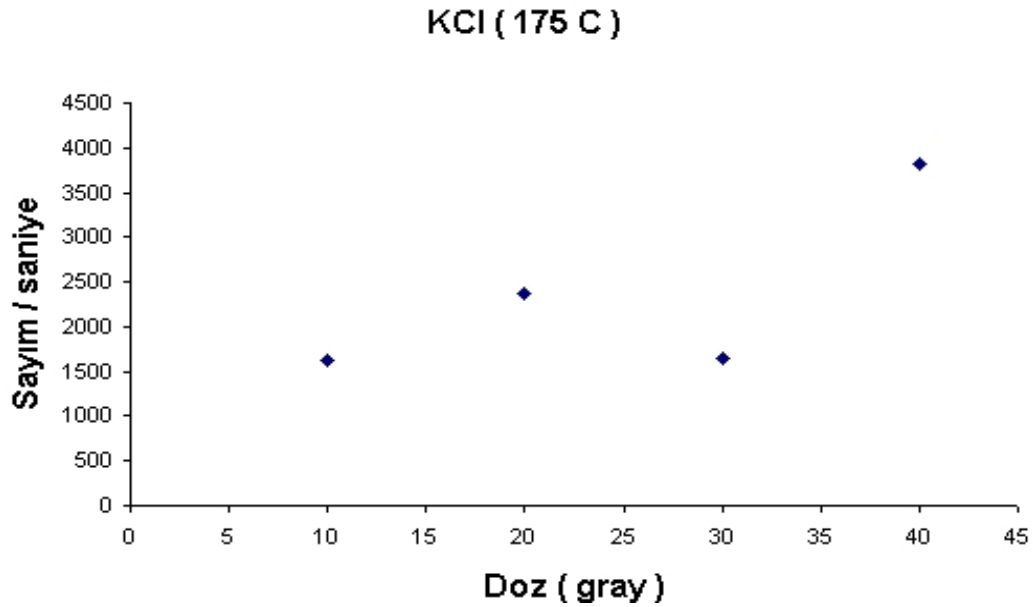
bulunur. IRSL sinyalinin kuvvetli termal sönmesi NaCl için 275 °C üzerinde ve KCl için ise 250 °C üzerinde gözlenmektedir.

KCl’de IRSL bozunma eğrisini izleyen uzun kuyruğun sebebinin sıg tuzaklarda tuzaklanmış yüklerden kaynaklandığı söylenebilir. Yükler basitçe iletim bandına geçebilir ve NaCl’de yüklerin iletim bandına geçme hızının KCl’dekinden daha yavaş olduğu sonucu çıkarılabilir.

10 Gy doz verilen ve 175 °C’de ısıtılan NaCl ve KCl’ün doza bağlı olarak çizilen grafikleri (20 s) Şekil 4.19 ve Şekil 4.20’de görülmektedir. Belirlenen doz aralığında KCl için düzensiz IRSL davranışı görülmekte iken NaCl için böyle değildir. NaCl’ün IRSL şiddetinde doz artışı gerçekleştirildikçe artış görülmektedir. Test edilen örnekler için bu farklı emisyon spektrumu, lüminesans merkezlerinin doğasındaki farklılıklardan kaynaklanabilir.



Şekil 4.19 NaCl’ün IRSL şiddetinin doza bağımlılığı



Şekil 4.20. KCl'ün IRSL şiddetinin doza bağımlılığı

Bu çalışmada her iki örnek için de IRSL emisyonu, kuvvetli sıcaklık bağımlılığını ve sığ tuzakların önemli rol oynadığını göstermektedir. Sığ tuzaklar tarafından tuzaklanan taşıyıcılar termal olarak salındıklarında iletim bandına gerçerler ve IRSL eğrisinde exponansiyel olmayan bir kuyruğa neden olurlar. Bu da lüminesans sinyalinin ilk baştaki şiddetinin azalmasına neden olur. Fakat 175-200 °C'de ön-ısıtma yapılan NaCl'ün IRSL sinyallerinin daha dengeli olduğu gözlenmiştir. Oda sıcaklığında NaCl ve KCl'ün lüminesans şiddetinin diğer sıcaklıklardakinden daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Termal sönme önısıtma sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklarda gözlenmeye başlanmıştır. NaCl'ün IRSL şiddetlerinin dozla artışı KCl'den daha fazladır. Aynı tabletin farklı dozlar verildiğinde alınan IRSL sinyalleri dengelidir. Bütün bunlara göre NaCl tarihlendirme ve dozimetre çalışmaları için KCl'den daha fazla avantaj sunmaktadır. NaCl'ün optik duyarlılığı KCl'den daha fazladır. Bu düşük doz ölçümlerinde bir avantajdır. NaCl'ün doza bağımlı sinyalleri defalarca aynı örnek için ölçülebilir. Aynı örneğin IRSL ölçümlerinin tekrarlanabilmesi dozimetre çalışmaları için NaCl'ü kullanışlı yapmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Huntley, D.J., Godfrey-Smith, D.I. and Thewalt, M.L.W., "Optical dating of sediments", *Nature*, 313, 105-107 (1985).
2. Hütt G., Jeak I. and Tchonka J., "Optical dating:K-feldspar optical response stimulation spectra", *Quaternary Science Reviews*, 7, 381-385 (1988).
3. Spooner, N.A., Aitken, Smith, B.W., Franks, M. and Mcelroy, C., "Archaeological dating by infrared stimulated luminescence using a diode array", *Radiat. Prot.Dozim*, 34, 83-86 (1990).
4. V.V.Antonov-Romanovskii, I.F.Keirum-Marcus, M.S.Poroshima and Z.A.Trapeznicova, *USAEC Report AEC-tr-2435*, 1 (1956).
5. Poolton, N.R. J., J. Wallinga, A. S. Murray, E. Bulur, L. Botter-Jensen, "Electrons in feldspar I: on the wavefunction of electrons trapped at simple lattice defects", *Physics and Chemistry of Minerals*., 29, 210-216 (2002).
6. Bulur, E., and Göksu, H.Y., "Infrared (IR) stimulated luminescence from feldspars with linearly increasing excitation light intensity", *Radiat. Meas.*, 30, 505-512 (1999).
7. Poolton, N. R. J., Bøtter-Jensen, L., Johnsen, O., "On the relationship between luminescence excitation spectra and feldspar mineralogy", *Radiat. Meas*, 26, 93-101 (1996).
8. Nanto, H., Usuda, T., Murayama, K., Nakamura, S., Inabe, K., Takeuchi, N., "Emission mechanism of optically stimulated luminescence in copper-doped sodium chloride single crystals", *Radiat. Prot. Dosim*, 47, 293-296 (1993).
9. Bailey, R. M., Adamiec, G., Rhodes, E. J., "OSL properties of NaCl relative to dating and dosimetry", *Radiat. Meas.*, 32, 717-723 (2000).
10. Bandyopadhyay, K. P., Russell, G. W., Chakrabarti, K., "Optically stimulated luminescence in KCl:Cu X-irradiated at room temperature", *Radiat. Meas.*, 30, 51-57 (1999).
11. Duller, G. A. T. and Wintle, A. G., "On infrared stimulated luminescence at elevated temperatures", *Nucl. Track. and Radiat. Meas.*, 18, 379-384 (1991).
12. Duller, G. A. T. and Bøtter-Jensen, L., "Optically stimulated luminescence emission spectra from feldspars as a function of sample temperature", *Radiat. Meas.*, 27, 145-151 (1997).

13. McKeever, S.W.S., Botter-Jensen, L., Agersnap Larsen, N. and Duller, G.A.T., "Temperature dependence of OSL decay curves: Experimental and theoretical aspects", *Radiation Measurements*, 27, 161-170 (1997).
14. Bailiff, I.K. and Poolton, N.R.J., "Studies of charge transfer mechanisms in feldspars", *Nuclear Tracks and Radiation Measurement*, 18, 111-118 (1991).
15. Poolton, N.R.J., Botter-Jensen, L., Ypma P.J.M. and Johnsen, O., "Influence of crystal structure on the optically stimulated luminescence properties of feldspars", *Radiation Measurements*, 23, 551-554 (1994).
16. Spooner, N.A., "On the optical dating signal from quartz", *Radiation Measurements*, 23, 593-600 (1994).
17. Duller, G.A.T. and Botter-Jensen, L., "Optically stimulated luminescence emission spectra from feldspars as a function of sample temperature", *Radiation Measurements*, 27, 145-151 (1997).
18. Alexander, C.S., Morris, M.F. and McKeever, S.W.S., "The time and wavelength response of photo-transferred thermoluminescence in natural quartz", *Radiation Measurements*, 27, 153-159 (1997).
19. Botter-Jensen L., Agersnap Larsen N., Mejdahl V., Poolton N.R.J., Morris M.F. and McKeever S.W.S., "Luminescence sensitivity changes in quartz as a result of annealing", *Radiation Measurements*, 24, 553-541 (1995).
20. Dean P.J. "Inter-impurity recombination in semiconductors", *Progress in Solid State Chemistry*, 8, 1-126 (1973).
21. Markey B.G., Colyott L.E. and McKeever S.W.S. "Time-resolved optically stimulated luminescence from α -Al₂O₃:C", *Radiation Measurements*, 24, 457-463 (1995).
22. Markey B.G., McKeever S.W.S., Akslerod M.S., Botter-Jensen L., Agersnap N. and Colyott L.E., "The temperature dependence of optically stimulated luminescence from α -Al₂O₃:C", *Radiation Protection Dosimetry*, 12, 111-107 (1997).
23. Wintle A.G., "Thermal quenching of thermoluminescence in quartz", *Geophysics Journal of the Royal Astronomical Society*, 41, 107-113 (1975).

EKLER

EK-1. Deneyde kullanılan aletlerin resimleri



Resim EK-1.1. Laboratuvardaki OSL deney düzeneđi



Resim EK-1.2. Önısıtma için kullanılan fırın

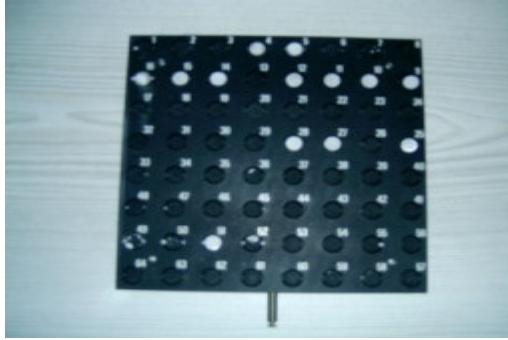
EK-1. (Devam) Deneyde kullanılan aletlerin resimleri



Resim EK-1.3. Elektronik hassas terazi



Resim EK-1.4. Agat havan



Resim EK-1.5. 64 örnek kapasiteli örnek tutucu



Resim EK1.6. Beta kaynağı



Resim EK-1.7. Tabletler

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Ankara’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Ankara’da tamamladı. 1999 yılında Gazi Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü’ne girdi ve 2003 yılında mezun oldu. 2003 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik A.B.D’da yüksek lisans programına girdi. 19.08.2005 tarihinden itibaren Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi’nde Medikal Fizik Uzman’ı olarak çalışmaktadır.