



α -Alüminanın 117°C'deki Işıldama Tepesinin Yalıtılarak Elde Edilmesi

Erdem UZUN *1

¹Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Kamil Özdağ Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, 70100, Karaman

(Alınış Tarihi: 15.09.2013, Kabul Tarihi: 15.11.2013)

Anahtar Kelimeler

Termoluminesans
Sayısal modelleme
Işıldama tepesi
Beta radyasyonu

Özet: Bu çalışmada toz formundaki α -alüminanın ışıldama eğrisinde 117°C'de ortaya çıkan ışıldama tepesi diğer ışıldama tepelerinden yalıtılarak elde edilmiştir. Kullanılan yöntemin uygunluğu bazı deneysel ve sayısal uygulamalar ile kontrol edilmiştir. Işıldama tepesinin tuzak parametreleri artan doz (additive dose), tepe şekli (peak shape), ilk yükseliş (initial rise) ve bilgisayarlı ışıldama eğrisi analizi (CGCD) yöntemleri ile ölçülmüştür. Etkileşimli çoklu tuzak modeli (interactive multi-trap) kullanılarak malzemenin fiziksel modeli oluşturulmuş ve model tarafından ileri sürülen diferansiyel denklem sistemi türetilmiştir. Deneysel olarak ölçülen tuzak parametreleri kullanılarak bu denklem sistemi sayısal olarak çözümlenmiştir. Deneysel ve sayısal sonuçlar arasında iyi bir uyumun varlığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar uygulanan yöntemin başarılı olduğunu göstermektedir.

Isolated to Obtaining of the Peak at 117°C in α -Alumina.

Keywords

Thermoluminescence
Numeric modeling
Glow peak
Beta radiation

Abstract: In this study, the peak of glow curve of powdered alumina appearing at 117°C was isolated from others. In order to check of the suitability of the described procedure some experimental and numerical processes were applied. Trap parameters were determined by using additive dose, peak shape, initial rise and computerized glow curve deconvolution methods. The physical model was established by using interactive multi-trap model and differential equations were derived. The equation system was solved numerically by using experimental trap parameters. A good agreement appeared between the experimental and the numerical results. The results prove that the applied procedure has been successful.

1. Giriş

Termoluminesans (TL) deneylerin genel amacı, belirli koşullar altında, deneysel verileri kullanarak TL ışıma neden olan yük taşıyıcı trafiğini ve tuzak parametrelerini tayin etmektir (Chen ve McKeever, 1997; Furetta, 2003; McKeever, 1985; Chen, ve Pagonis, 2011). Bu parametreler elektron tuzaklarının aktivasyon enerjisi (E), frekans faktörü (s), kinetik merteye (b), TL ışıma neden olan tuzaklarla yeniden birleşme merkezlerinin konsantrasyonudur. Bu parametrelerin doğru olarak tayin edilebilmesi, TL ışıma mekanizmasının anlaşılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Tuzak parametrelerini tayin etmek için kullanılan yöntemler, TL ışımayı açıklayan diferansiyel denklemlerin çeşitli varsayımlar altında

basitleştirilerek analitik biçimde çözülmesi ile başlamaktadır. Buradan elde edilen denklemler ve deneylerden elde edilen veriler kullanılarak tuzak parametreleri tayin edilebilmektedir. Işıma eğrisinden faydalanılarak TL parametrelerin belirlenmesi uzun yıllardır birçok araştırmacı ve araştırma grubu tarafından incelenen bir konudur. Işıma eğrisinden tuzak parametrelerinin belirlenebilmesi için literatürde önerilen birçok yöntem mevcuttur (Chen ve McKeever, 1997; Furetta, 2003; McKeever, 1985; Chen, ve Pagonis, 2011). Bu yöntemlerin uygulanabileceği durumlar ışıma tepesinin basit ya da karmaşık olabilen yapısına göre değişiklik göstermektedir.

Genel olarak, ışıma eğrisindeki her bir ışıma tepesi diğer tepelerden yalıtılabildiği durumlarda ilk yükseliş (Initial Rise, IR), değişik hızlarda ısıtma

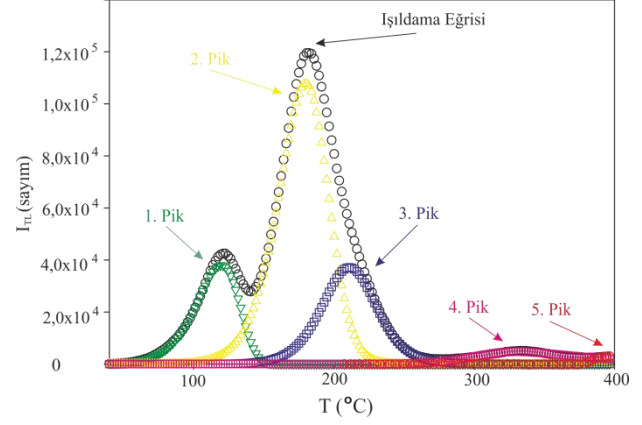
(Various Heating Rate, VHR), izotermal sönüm (Isothermal Decay, ID) ve tepe şekli (Peak Shape, PS) yöntemleri tuzak parametrelerinin belirlenmesinde kullanılabilir. Buna karşın bazı ışıma eğrileri birçok ışıma tepesini ihtiva eden karmaşık bir yapıya sahip olabilmektedirler. Bu durumda tuzak parametrelerini belirleyebilmek için önce ışıma eğrisindeki her bir tepe kısmi ısıl temizleme (Partial Thermal Cleaning, PTC) yöntemi ile diğer tepelerin etkilerinden arındırılmalıdır. Bir diğer yöntem ise bilgisayar yardımıyla ışıma eğrisi analizi (Computurized Glow Curve Deconvolution, CGCD) tekniğidir (Bos vd., 1993). Birçok durumda PTC yöntemi ile bir ışıma tepesini diğerlerinden yalıtım mümkün olamaz. Bu durumlarda CGCD yöntemi kullanılarak tuzak parametreleri belirlenebilmektedir.

Termolüminesans mekanizmasını açıklayabilmek için bu güne kadar birçok model ileri sürülmüştür (Chen ve McKeever, 1997; Furetta, 2003; McKeever, 1985). Bu modeller genellikle bir tuzak ve bir rekombinasyon merkezi ihtiva eden modellerdir (Furetta, 2003). Ancak gerçek kristallerde çok sayıda yük taşıyıcı tuzağı bulunmaktadır (Chen ve McKeever, 1997). Bununla beraber ısıtma süreci boyunca elektron yayınlamayan derin tuzaklarında mevcut olduğu bilinmektedir (Chen ve McKeever, 1997; Furetta, 2003; McKeever, 1985; Chen, ve Pagonis, 2011). İşte IMTS modeli bu tür tuzakları da ihtiva edebildiği için gerçek malzemelerin ışıldama eğrilerini açıklamakta kullanılabilir.

2. Deneysel ve Sayısal Çalışmalar

Bu çalışmada α formunda ve nominal saflıktaki toz alümina numuneler kullanılmıştır. Kullanılan alümina tozlarının boyutları $45 \mu\text{m} < \eta < 63 \mu\text{m}$ aralığında seçilmiştir. Deneysel çalışmalarda tüm ışıma işlemleri oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Toz formundaki numuneler tavlama işleminin ardından karanlık bir odaya alınmış ve oda sıcaklığına kadar soğuyan örnekler ışıma işlemine tabi tutulmuştur. Tüm ışıma işlemleri standart ^{90}Sr - ^{90}Y β -radyasyon kaynağı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Termolüminesans ölçümler RADOS Semiautomatic TLD Reader model RA-04 ile yapılmıştır.

Toz malzemeler belirli bir radyasyon dozu ile ışılanmış ve ardından ışıldama eğrisi elde edilmiştir. Şekil 1'de toz formundaki alüminanın ışıldama eğrisi görülmektedir.



Şekil 1. α - alüminanın ışıldama eğrisi ve eğriyi oluşturan tepeler

Bu ışıldama eğrisi 40-400 °C aralığında birbirinden bağımsız 5 adet tepe ihtiva etmektedir. 117 °C'de bulunan 1. ışıldama pikinin tuzak parametreleri artan doz, tepe şekli, ilk yükseliş ve bilgisayarlı ışıldama eğrisi analizi yöntemleri ile ölçülmüştür.

3. Sonuçlar

117 °C'de bulunan 1. ışıldama tepesinin artan doz, tepe şekli, ilk yükseliş ve bilgisayarlı ışıldama eğrisi analizi yöntemleri ile deneysel olarak hesaplanan tuzak parametrelerinin değerleri Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. 117 °C'de bulunan ışıldama tepesinin deneysel olarak hesaplanan tuzak parametreleri

	I.R.	CGCD	P.S		
			$E\tau$	$E\delta$	$E\omega$
E (eV)	0,85 ± 0,02	0,86 ± 0,02	0,99 ± 0,02	1,02 ± 0,02	1,03 ± 0,02
Ln (s)	22,93 ± 0,50	27,19 ± 0,50	-	-	-
Yalıtılmış Tepeden			1,01 ± 0,03	1,02 ± 0,03	1,03 ± 0,03

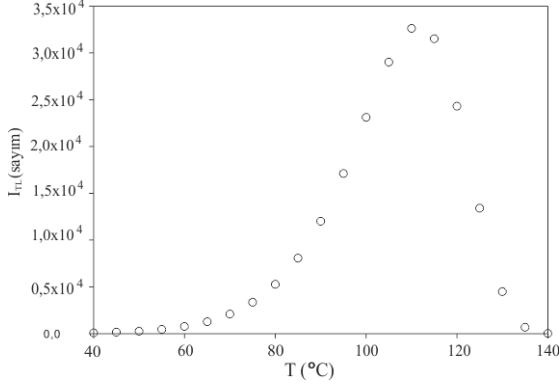
Diğer taraftan bu çalışmada 117 °C'de bulunan 1. ışıldama tepesi diğerlerinden yalıtılarak elde edilmiştir.

Bu amaçla;

1. Malzeme β radyasyonu ile belirli bir doz değerinde ışılanmış ve tüm ışıldama eğrisi 40-400°C aralığında elde edilmiştir.

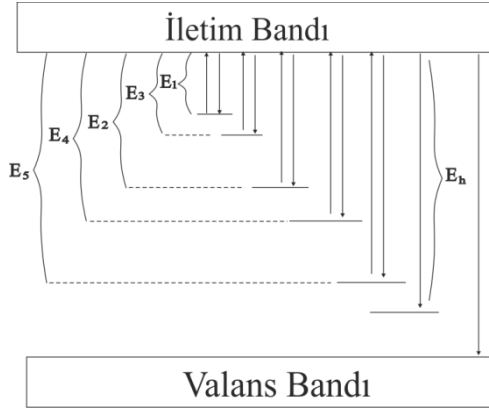
2. T_m - T_s izleği yardımı ile 117°C'de bulunan pikin etkisi yok edilmiştir. Bu işlem sırasında T_s sıcaklığı 120°C-140°C aralığına 1°C arttırılarak 117°C'deki pikin etkisini yok edecek ve bir sonraki pikin şiddetini azaltmayacak T_s sıcaklığı belirlenmiştir.

3. Tüm ışıltama eğrisi yeniden elde edilmiştir.
 4. 3. adımdaki ışıltama eğrisi 1. adımdaki ışıltama eğrisinden çıkartılarak 117°C'de bulunan 1. ışıltama piki diğerlerinden yalıtılarak elde edilmiş ve Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. Alüminanın ışıltama eğrisinden yalıtılarak elde edilen 117°C'deki ışıltama tepesi

Bu çalışmada alüminanın enerji bant diyagramı teorik olarak oluşturulmuş, tuzak enerji seviyeleri arasındaki yük taşıyıcı trafiğini belirleyen diferansiyel denklemler belirlenmiş ve bu denklemlerin sayısal çözümleri yapılmıştır.



Şekil 3. IMTS modeli kullanılarak alümina için önerilen enerji bant diyagramı

Yük taşıyıcı trafiğini ifade eden diferansiyel denklemler, Şekil 3'de önerilen modele uygun olarak türetilmiş ve Eşitlik 1-3'de sunulmuştur.

$$\frac{dn_i}{dt} = -n_i \cdot s_i \cdot \exp\left(-\frac{E_i}{k \cdot T}\right) + n_c \cdot (N_i - n_i) \cdot A_{ni} \quad (1)$$

$$\frac{dn_c}{dt} = -\sum_{i=1}^5 \frac{dn_i}{dt} - n_c \cdot (N_h - n_h) \cdot A_h - n_c \cdot \left(n_h + n_c + \sum_{i=1}^5 n_i\right) \cdot A_r \quad (2)$$

$$I_{TL} = n_c \cdot \left(n_h + n_c + \sum_{i=1}^5 n_i\right) \cdot A_r \quad (3)$$

$$i = 1,2,3,4,5$$

Burada;

N, n, E ve s sırasıyla ilgili seviyedeki toplam tuzak konsantrasyonu, dolu tuzakların anlık konsantrasyonu, tuzak derinliği ve tuzak seviyesinin frekans faktörüdür. i ve h alt indisleri ise sırasıyla elektron ve boşluk tuzak seviyelerini temsil etmektedir.

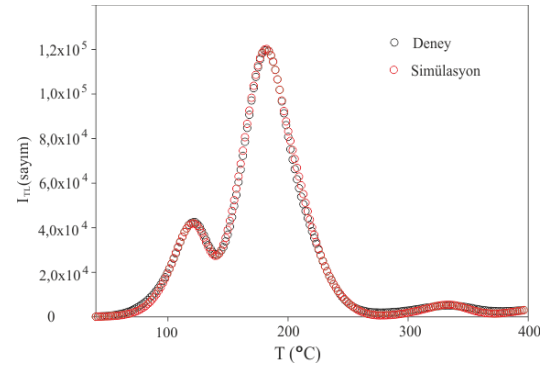
A_{ni} , serbest elektronların ilgili tuzak seviyesi tarafından yakalanma olasılığı,

A_h , serbest elektronların derin tuzaklar tarafından yakalanma olasılığı,

A_r , serbest elektronların rekombinasyon yapma olasılığıdır.

n_c , iletim bandındaki anlık elektron konsantrasyonu.

Eşitlik 1-3 denklemler sistemi, Mathematica 8.0 bilgisayar programı tarafından sayısal olarak çözümlenebilecek bilgisayar kodları haline dönüştürülmüştür. Tablo 1'de deneysel olarak hesaplanan tuzak parametreleri, yukarıda sözü edilen bilgisayar kodlarına başlangıç koşulu olarak verilmiş ve bu eşitlikler sayısal olarak çözümlenmiştir. Sayısal çözümlerlerde 2, 3, 4 ve 5 numaralı tuzak seviyeleri, çalışılan sıcaklıklarda aktif olmadıklarından dolayı, ısıtılmamış olarak kabul edilmiştir. Elde edilen sayısal ışıltama eğrisinin deneysel ışıltama eğrisi ile uyum içerisinde olduğu Şekil 3'den görülebilir.



Şekil 3 Alüminanın deneysel ve sayısal olarak elde edilen ışıltama eğrileri

4. Tartışmalar

Bu çalışmada toz formundaki α -alüminanın ışıltama eğrisinde 117°C'de ortaya çıkan ışıltama tepesinin diğerlerinden yalıtılarak elde edilebileceği yeni bir yöntem ileri sürülmüş ve uygunluğu tartışılmıştır. İlgilenilen ışıltama tepesi öne sürülen deneysel yöntem yardımı ile diğer ışıltama tepelerinden yalıtılarak elde edilmiş ve tuzak parametreleri

hesaplanmıştır. Uygulanılan yöntemin başarısını kanıtlamak için 2 ayrı yöntem uygulanmıştır. İlk olarak α -alüminanın ışıldama eğrisinde, ilgilenilen pikin tuzak parametreleri artan doz, tepe şekli, ilk yükseliş ve bilgisayarlı ışıldama eğrisi analizi yöntemleri ile deneysel olarak hesaplanmış ve yalıtılmış pik için elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Sonuçların birbirleri ile uyumlu oldukları gözlemlenmiştir. İkinci olarak, alüminanın enerji bant diyagramını oluşturabilmek üzere malzemeye IMTS modeli uygulanmış ve yeni bir elektron bant modeli ileri sürülmüştür. İleri sürülen model tarafından yük taşıyıcı trafiğini belirleyen diferansiyel denklemler türetilmiştir. Tablo 1'deki deneysel tuzak parametreleri, söz konusu denklemlere başlangıç koşulları olarak verilmiş ve denklemler sayısal olarak çözülmüşlerdir. Sayısal olarak elde edilen ışıldama eğrisinin deneysel ışıldama eğrisi ile uyum içerisinde olduğu Şekil 3'den de açıkça görülebilir. Bu sonuçlar ileri sürülen yöntemin karmaşık tepeleri yalıtımda başarılı olduğunu düşündürmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından BAP-15-M-13 projesi kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

Chen R., ve McKeever, S. W. S., 1997. Theory of Thermoluminescence and Related Phenomena. Word Scientific, Singapore.

Furetta, C., 2003. Handbook of Thermoluminescence. Word Scientific, New Jersey.

McKeever, S. W. S., 1985. Thermoluminescence of Solids. Cambridge University Pres, London.

Chen, R., ve Pagonis, V., 2011. Thermally and Optically Stimulated Luminescence. A Simulation Approach.

Bos, A.J.J., Pijpers, J.M., Gomez Ros, J.M., Delgado, A., 1993. IRI-CIEMAT Report 131-93-005, IRI Delft.