

열형광곡선의 기하학적인자들에 의한 운동학적파라메터결정

강 분 이

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리는 현실발전의 요구에 맞게 나라의 과학기술을 빨리 발전시켜야 하겠습니다.》

(《김정일선집》 증보판 제11권 134페이지)

선행연구[1]에서는 운동학차수와 열형광곡선의 형태사이에 밀접한 련관이 있다는것을 밝혔지만 운동학차수와 봉우리모양사이의 관계를 정량적으로 밝히지 못하였다.

우리는 열형광곡선의 기하학적인자들로부터 운동학차수를 결정하는 방법을 제기하고 이에 기초하여 활성화에너지와 빈도인자를 계산하였다.

열형광곡선의 기하학적인자들에는 봉우리저온쪽에서 극대세기절반너비 τ , 봉우리고온쪽에서 극대세기절반너비 δ , 극대세기절반너비 $\omega = \tau + \delta$, 기하학적대칭인자 $\mu = \delta / \omega$ 등이 있다.(그림)

운동학차수와 기하학적인자사이관계를 밝히기 위하여 운동학차수 b 를 1~2까지 0.1씩 변화시키면서 프로그램 Mathematica를 리용하여 열형광곡선들을 모의하고 기하학적인자들을 결정하였다. 모의계산에서는 $E = 1\text{eV}$, $s = 10^{12}\text{s}^{-1}$, $\beta = 1\text{K/s}$, $k = 8.617 \times 10^{-5}\text{eV/K}$, $N = n_0 = 1\text{개/m}^3$ 로 설정하고 다음과 같은 1차, 2차 및 일반차수 운동학방정식들[2]을 리용하였다.

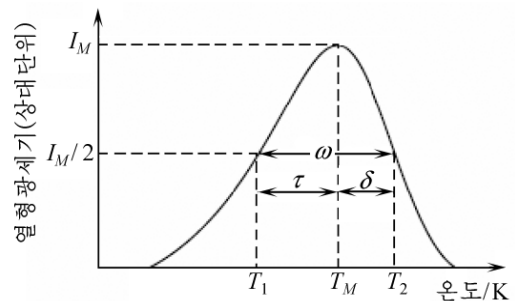


그림. 기하학적인자들의 정의

$$I(T) = n_0 s \exp\left(-\frac{E}{kT}\right) \exp\left[-\frac{skT^2}{\beta E} \left(1 - \frac{2kT}{E}\right) \exp\left(-\frac{E}{kT}\right)\right] \quad (1)$$

$$I(T) = n_0^2 \frac{s}{N} \exp\left(-\frac{E}{kT}\right) \left[1 + \frac{n_0 skT^2}{\beta NE} \left(1 - \frac{2kT}{E}\right) \exp\left(-\frac{E}{kT}\right)\right]^{-2} \quad (2)$$

$$I(T) = n_0 s'' \exp\left(-\frac{E}{kT}\right) \left[1 + \frac{s''(b-1)kT^2}{\beta E} \left(1 - \frac{2kT}{E}\right) \exp\left(-\frac{E}{kT}\right)\right]^{-\frac{b}{b-1}} \quad (3)$$

여기서 n_0 은 포획전자의 초기농도, s 는 빈도인자, s'' 는 일반차수에 해당하는 빈도인자 ($s'' = sn_0^{b-1}$), b 는 운동학차수, E 는 활성화에너지, T 는 절대온도, β 는 가열속도, N 은 포획 중심의 농도, k 는 볼츠만상수이다.

매 운동학차수에 해당하는 열형광곡선들에서 결정한 기하학적인자들은 표 1과 같다.

표 1. 운동학차수와 기하학적인자들사이관계

b	τ/K	δ/K	ω/K	μ
1.0	148	107	255	0.420
1.1	120	95	215	0.440
1.2	85	75	160	0.460
1.3	63	59	122	0.475
1.4	51	49	100	0.490
1.5	41	41	82	0.500
1.6	35	35	70	0.510
1.7	28	29	57	0.515
1.8	26	27	53	0.517
1.9	23	24	47	0.518
2.0	20	22	42	0.520

우리는 순천시 동암동유적에서 나온 방해석시료들의 열형광곡선들에서 기하학적인자들을 결정하고 표 1의 운동학차수와 기하학적인자들사이의 관계를 리용하여 운동학차수 b 를 결정하였다.(표 2)

표 2. 열형광곡선의 운동학차수

시료번호	T_M/K	T_1/K	T_2/K	τ/K	δ/K	ω/K	μ	b
1	538	508	560	30	22	52	0.421	1.0
2	513	490	538	23	25	48	0.520	2.0
3	542	513	567	29	25	54	0.462	1.2

기하학적인자들을 리용하여 활성화에너지를 계산하는 식은 다음과 같다.

$$E_\alpha = c_\alpha \frac{KT_M^2}{\alpha} - b_\alpha 2KT_M \quad (4)$$

여기서 첨자 α 는 어떤 기하학적인자를 리용하는가에 따라 τ, δ, ω 가 될수 있다. 그리고 결수 c_α, b_α 는 기하학적대칭인자 μ 에 의하여 다음과 같이 표시된다.[1]

$$c_\tau = 1.51 + 3.0(\mu - 0.42), \quad b_\tau = 1.58 + 4.2(\mu - 0.42) \quad (5)$$

$$c_\delta = 0.98 + 7.3(\mu - 0.42), \quad b_\delta = 0 \quad (6)$$

$$c_\omega = 2.52 + 10.2(\mu - 0.42), \quad b_\omega = 1 \quad (7)$$

빈도인자는 다음과 같은 1차, 2차 및 일반차수에 해당하는 식들에 의하여 계산할수 있다.[1]

$$\frac{\beta E}{KT_M^2} = s \exp\left(-\frac{E}{KT_M}\right) \quad (8)$$

$$\frac{\beta E}{KT_M^2} = s \exp\left(-\frac{E}{KT_M}\right) \left(1 + \frac{2KT_M}{E}\right) \quad (9)$$

$$\frac{\beta E}{KT_M^2} = s \exp\left(-\frac{E}{KT_M}\right) \left[1 + (b-1) \left(\frac{2KT_M}{E}\right)\right] \quad (10)$$

순천시 동암동유적에서 나온 방해석시료들의 열형광곡선들에서 결정한 기하학적인자들을 식 (4)에 넣고 계산한 활성화에너지와 식 (8)–(10)을 리용하여 계산한 빈도인자들은 표 3과 같다.

표 3. 활성화에너지와 빈도인자계산결과

시료번호	E_t/eV	E_g/eV	E_ω/eV	$E_{\text{평균}}/\text{eV}$	s
1	1.110	1.108	1.117	1.112	4.78×10^9
2	1.609	1.553	1.586	1.583	9.06×10^{14}
3	1.260	1.287	1.281	1.276	1.48×10^{11}

맺 는 말

1) 열형광곡선의 기하학적인자와 운동학적 파라미터들사이의 관계를 밝히고 동암동유적에서 나온 방해석시료들로부터 얻은 열형광곡선들의 운동학차수를 결정하였다.

2) 위의 곡선들에서 결정한 활성화에너지는 각각 1.112, 1.583, 1.276eV이며 빈도인자는 각각 4.78×10^9 , 9.06×10^{14} , 1.48×10^{11} 이다.

참 고 문 헌

- [1] V. Pagonis et al.; Numerical and Practical Exercises in Thermoluminescence, Springer, 8~12, 2006.
 [2] M. S. Alam et al.; Physics, 17, 4, 837, 2010.

주체103(2014)년 11월 5일 원고접수

The Determination of Kinetic Parameters by the Geometrical Factors of the Thermoluminescence Curve

Kang Pun I

We have made clear the relation between geometrical factor and kinetic parameters and determined the kinetic orders of the thermoluminescence curves obtained from calcites of the Tongamdong site.

The kinetic orders obtained from thermoluminescence curves of calcites in the Tongamdong site are 1.0, 2.0 and 1.2, respectively. The activation energy are 1.112, 1.583 and 1.276eV and frequency factors are 4.78×10^9 , 9.06×10^{14} , and 1.48×10^{11} , respectively.

Key words: thermoluminescence, curve analysis