

로이코결정자색을 리용한 방사선변색박막의 ^{60}Co γ 선포임응답특성

리계룡, 리철학

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《과학연구기관들과 과학자, 기술자들은 우리 나라의 실정에 맞고 나라의 경제발전에 이바지할수 있는 과학기술적문제를 더 많이 풀어야 하겠습니까.》(《김정일선집》 증보판 제13권 173페이지)

로이코결정자색은 식물공업과 생물학 및 농업분야[2]에서 널리 쓰이는 트리페닐메탄계 물질감인 결정자색의 반합성원료인 동시에 최근에 새롭게 등장하고있는 방사선변색선량계[3]의 변색물질로 리용되고있다.

종전의 방사선변색물질들로는 알카리금속의 불화물 또는 홀알카리금속의 불화물들을 리용하였지만 복사선에 의한 변색효율이 낮고 재현성이 좋지 못하다.[1]

우리는 로이코결정자색을 리용하여 복사선변색박막을 제작하고 그것의 ^{60}Co γ 선포임응답특성을 연구하였다.

1. 방사선변색박막제작

시료로는 로이코결정자색, 폴리비닐알콜, 디에틸히드록시-2-트리클로로에틸포스포나트를 리용하였다. 방사선변색박막제작장치를 자체로 제작하여 박막의 두께를 조절하였다.

박막제작 방사선변색박막제작공정은 그림 1과 같다.

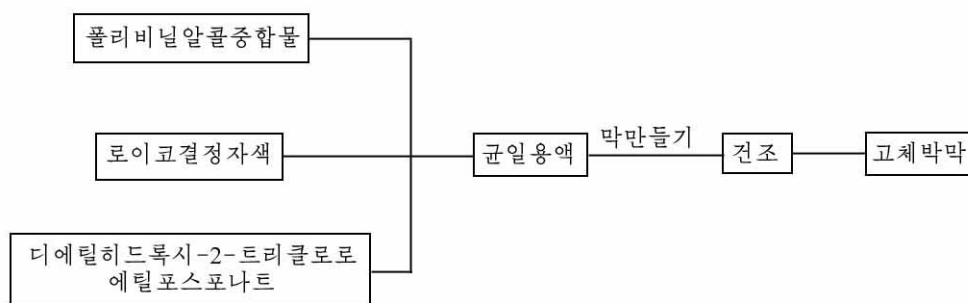


그림 1. 방사선변색박막의 제작공정

로이코결정자색과 디에틸히드록시-2-트리클로로에틸포스포나트를 질량비로 1 : 0.5 되게 혼합하고 0.02g/mL 폴리비닐알콜용액에 분산시켰다. 변색재료가 분산된 폴리비닐알콜용액을 100 μm 두께의 폴리에스테르박막우에 방사선변색박막제작장치로 도포하였다.

이것을 건조하여 고체박막으로 만들었다. 변색층의 두께는 50 μm 정도이다.

박막의 방사선응답특성은 박막의 두께와 정비례관계에 있으므로 박막두께의 균일성은 방사선응답정확성에 직접적인 영향을 미친다. 표면형태분석기(《MicroXAM-100》)로 변색층의 두께를 측정한 결과 정확도는 $\pm 0.5\mu\text{m}$ 이다.

이렇게 제작한 방사선변색박막을 $2\text{cm}\times 2\text{cm}$ 의 크기로 절단하여 실험에 리용하였다.

도폭두께에 따르는 시편의 균일성 방사선흡수선량에 따르는 박막의 선량응답은 두께에 관계된다. 따라서 시편의 균일성도 도폭두께의 편차에 크게 관계된다.

같은 조건에서 생산한 박막을 4가지 두께로 규격화하고 매개 박막을 다시 5개의 조각으로 나누고 두께를 측정한 결과는 표 1과 같다.

표 1에서 보는바와 같이 도폭두께가 두꺼울수록 오차는 작아진다. 그러나 도폭층이 너무 두꺼우면 육안으로 색을 판정할 때 변색층에서의 반사효과에 의하여 선량측정에서 오차를 가져오게 된다.

따라서 우리는 변색층의 두께를 $50\mu\text{m}$ 로 규격화하였다.

표 1. 매개 시편들의 두께측정값

규격화두께/ μm	측정값					평균오차/%
	1	2	3	4	5	
10	13	10	8	12	7	20
20	20	23	21	18	17	9
50	55	51	47	50	45	5.6
100	100	105	95	103	97	3.2

2. 방사선변색박막의 ^{60}Co γ 선조임응답특성

흡수선량에 따르는 방사선변색박막의 흡광도변화 시편을 일정한 크기로 잘라 ^{60}Co γ 선조임장치에서 조임하였다. 물에 대한 γ 선원천의 흡수선량률은 0.018Gy/s 이다.

시편을 200, 400, 600, 800, 1 000Gy로 조임하고 하루정도 지나 자외가시선분광광도계(《UV-2201》)로 흡광도를 측정하였다.

각이한 선량으로 조임한 시편의 흡수스펙트르는 그림 2와 같다.

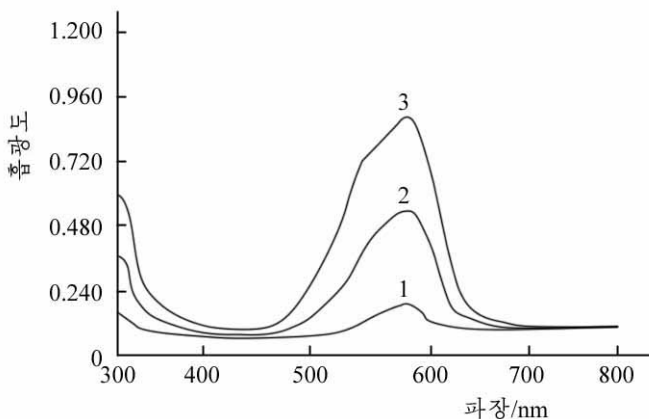


그림 2. 각이한 선량으로 조임한 시편의 흡수스펙트르
1-3은 선량이 각각 200, 600, 1 000Gy인 경우

들에서 흡수과장 556, 587nm에서의 흡광도변화는 그림 3과 같다.

그림 3에서 보는바와 같이 방사선변색박막은 200Gy이상에서 색변화를 일으키며 200

조임한 시편은 조임하기 전의 무색으로부터 선량증가에 따라 푸른빛이 나는 보라색으로 짙어진다.

그림 2에서 보는바와 같이 가시선대역의 587, 556nm에서 흡수가 나타난다는것을 알수 있다. 즉 최대 흡수과장은 587nm, 최소흡수과장은 556nm이다.

일정한 선량범위에서 시편의 흡광도는 흡수선량과 비례관계를 가진다.

각이한 선량으로 조임한 시편

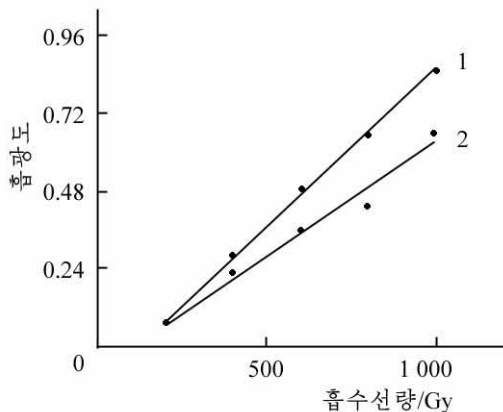


그림 3. 흡수선량에 따르는 시편의 흡광도변화
1-587nm, 2-556nm

~1 000Gy에서 선량과 흡광도사이 선형관계가 성립한다.

방사선변색박막의 퇴화특성 1 000Gy로 조임한 시편을 7개 조각으로 나누고 방안온도(20℃)에서 한주일동안 방치하면서 매일 한조각씩 흡광도를 측정한 결과는 표 2와 같다.

표 2. 방치시간에 따르는 흡광도변화

파장/nm	날자/d						
	1	2	3	4	5	6	7
587	0.91	0.90	0.89	0.89	0.90	0.89	0.88
556	0.72	0.70	0.70	0.70	0.69	0.69	0.70

박막의 퇴화률은 다음과 같다.

$$F_n = \frac{A_0 - A_n}{A_0} \cdot 100$$

여기서 F_n 은 n 시간후의 퇴화률(%), A_0 은 초기흡광도, A_n 은 n 시간후의 흡광도이다.

따라서 박막의 평균퇴화률은 다음과 같다.

$$F_{\text{평}} = \sum F_n / N$$

여기서 N 은 측정회수이다.

제작한 박막의 방치시간에 따르는 퇴화률은 20℃에서 1.3%이다.

맺는말

방사선변색재료는 로이코결정자색과 디에틸히드록시-2-트리클로로에틸포스포나트, 폴리비닐알콜의 질량비가 1 : 0.5 : 1일 때 제일 좋은 특성을 나타낸다.

방사선변색박막을 선량률이 0.018Gy/s인 ^{60}Co γ 선조임장치에서 조임할 때 200~1 000Gy에서 흡수선량과 흡광도사이 선형관계가 있으며 한주일동안 방치하였을 때 박막의 퇴화률은 1.3%이다.

참고문헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 51, 4, 82, 주체94(2005).
- [2] J. H. Malpert et al.; Tetrahedron, 57, 967, 2001.
- [3] M. Alqathami et al.; Radiation Physics and Chemistry, 81, 11, 1688, 2012.

주체104(2015)년 9월 5일 원고접수

Response Characteristics of Radiochromic Film Irradiated by ^{60}Co γ -Ray using Leuco Crystal Violet

Ri Kye Ryong, Ri Chol Hak

Radiochromic material has the most suitable characteristics when the molar ratio between leuco crystal violet, polyvinyl alcohol and diethylhydroxy-2-trichloroethylphosphonate is 1 : 0.5 : 1.

When radiochromic film is irradiated by ^{60}Co γ -ray, optical density increases linearly according to absorption dose in range from 200 to 1 000Gy.

If radiochromic film has been exposed for a week, color faded ratio of the film is 1.3%.

Key words: radiochromic film, leuco crystal violet