

Cellulose Nitrate 固體飛跡檢出器의 腐蝕條件

明 東 範 · 田 載 植

忠南大學校 自然科學大學 物理學科

= 초 록 =

알파입자 검출을 위한 고체 비적 검출기인 CA 8-15와 LR 115-1은 그 부식조건이 검출기 제조 회사에서 이미 주어지고는 있으나 이들 검출기에 대한 최적부식에 관한 실험적 검토를 다시 행하였는바 최적부식시간에 현저한 차이가 있음을 발견하였다.

검출기의 방사선 조사는 이미 설정된 기하학적 배치조건하에서 0.1 μCi 수준의 ^{241}Am 알파선원으로 수행하였다. 부식시간과 용액 농도의 함수로서의 비적크기에 대한 분석과 검출기에 검출된 단위 면적당 비적의 이론적 기대치에 대한 비교 조사를 행하였으며, 입사 알파입자의 유효 에너지에 대한 검출효율의 변화에 대해서도 연구하였다.

1. 서 론

고체비적검출기에 의한 방사선의 측정 은 중대전입자 이외의 방사선(전자, 광자등)에 의한 영향이 극히 적으며 비교적 다양한 외적 환경과 제한된 특정 시공간에서 용이하게 적용할 수 있기 때문에 우주선의 측정에서 암석의 연대측정에 이르기까지 광범위한 분야에 걸쳐 이용되고 있다¹⁻³⁾.

이러한 비적검출은 1958년 Young이 lithium fluoride에서 핵분열 파편의 비적을 부식시킴으로써 처음⁴⁾ 관측하였으며, Fleischer, Price 등에 의해 발전하게 되었는데⁵⁾, 그 검출원리는 검출기 내부로 입사한 입사 하전입자의 경로에 있는 원자 배열의 손상이 화학적 부식에 의해 비적을 형성하는데 기초하고 있다. 이렇게 얻어진 비적은 각 검출기의 특성과 검출기의 부식 특성에 따라 필요한 정보로 바뀌게 된다.

특히, 비적 검출조건에 의한 기존의 연구들을 검토해 보면 비적의 부식은 여러가지 인자에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있는데, Benton 등에 의하면 비적의 부식에 영향을 주는 요소로 크게 검출기의 성분에 의한 변수와 부식용액에 따른 변수, 하전입자에 의한 변수로 나누고 있다⁶⁾. 특히, 이들중 부식용액의 변수로 부식용액의 종류, 농도, 부식온도, 부식시간등을 언급할 수 있는데 이들은 서로 상보적으로 존재하고, 또한 cellulose nitrate(이하 CN으로 표기함) 검출기

의 부식 특성에 크게 영향을 주는 polymerization, nitration, 불순물의 혼합정도등으로 부식조건이 결정되기 때문에 어떠한 절대적인 부식조건이 존재하지 않음을 Fleischer 등은 밝히고 있어 개개의 실험 특성상의 필요에 따라 비적의 부식조건은 결정되어야 한다.

본 논문에서는 이러한 취지에 맞춰 이미 상품화된 CN film인 Kodak Pathé of France사의 LR 115-1과 CA 80-15 고체 비적검출기를 사용하여 대기중 α 방사능 농도 측정을 위한 최적 부식조건과 그 조건하에서 얻어진 LR 115-1검출기(이하 LR)와 CA 80-15 검출기(이하 CA)의 몇가지 특성에 대하여 연구하였다.

2. 이 론

비적 형성에 관한 정확한 이론은 확립되어 있지 않으나 1965년 Fleischer에 의해 제안된 간단한 무기고체물질에서의 비적형성모델인 Ion Explosion Spike Model^{7,8)}이 비교적 널리 알려져 있는데 이 모델에 의하면 입사 하전입자가 검출기 내부로 입사하면 그 경로에 존재하는 검출기 구성분자들을 이온화함으로써 분자들간에 정전기적 반발력을 유발시켜 입사입자 경로 주위의 원자배열에 손상을 주게 된다는 것이다. 이때 무기고체물질에서의 유전율이 ϵ , 원자간 평균간격이 a_0 라면 두 이온사이에 받는 힘은 $e^2/\epsilon a_0^2$ 이 되고, n 개의 단위 전하가 받는 힘은 $n^2 e^2/\epsilon a_0^2$ 이며, 단위 면적당 local force는 $n^2 e^2/\epsilon a_0^4$ 이 된다. 반면 Polanyi⁹⁾에

Table 1. Track etching condition for CA 80-15 and LR 115-1 recommended by Kodak Pathé of France

Condition Detecotr	Etchant	Concentration of Etchant	Temperature of Etchant	Etching Time	Washing Time
CA 80-15	NaOH	2.5N	60°C	20~30 min	over 30 min
LR 115-1	NaOH	2.5N	60°C	20~30 min	over 30 min

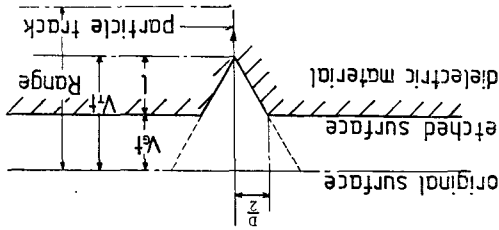


Fig. 1. Track registration process on SSNTD.

의하면 원자사이의 결합력은 그 물질의 영율 Y 의 1/10에 대략 접근하므로 부식에 의해 비적이 형성되는 조건은 정전기적 변형력이 검출기 내부의 역학적인 힘보다 클때

$$\text{즉, } n^2e^2/\epsilon a_0^4 > Y/10 \text{ 또는 } n^2/Y\epsilon a_0^4/10e^2$$

가 되는 것이다.

이상적으로 형성된 비적 부식의 경우 Fig. 1에서와 같이 비적길이 l 은 부식시간 t 와 검출기 전체의 부식속도 V_G , 비적부식속도 V_i 의 함수로써

$$l = (V_i - V_G)t$$

로 주어지며, 부식에 의해 비적이 형성되기 위해서는 비적의 부식속도의 차이가 $V_G < V_i$ 되어야 한다.

3. 실험

본 연구에서 사용한 검출기는 100 μm 의 CN으로 구성된 CA와 polyester 기판에 6 μm 의 붉은 CN이 코팅된 LR로서 이 CN 검출기들은 4 MeV 이하의 α 입자에 대하여 민감한 것으로 알려져 있으며, 광자나 전자에 영향을 받지 않으므로 자연계에서의 α 입자의 비적 검출기로서 특히 적당한 것으로 알려져 있다.

이들 검출기에 대한 검출조건과 효율을 결정하기 위하여 5.486 MeV의 α 방출체인 ^{241}Am 을 표준선원으로 사용하였다.

부식조건에 대해 본 연구에서 사용한 CN 검출기는 이미 권장부식조건이 본 검출기의 제조회사인 Kodak Pathé of France에서 Table 1과 같이 주고 있으나 그 조건에서의 비적의 용도나, 검출입자의 에너지, 선원에 대한 노출거리(조건), 부식용액의 상태등이 α 방사능 농도 측정에 그대로 적용된다고 볼 수 없기 때문

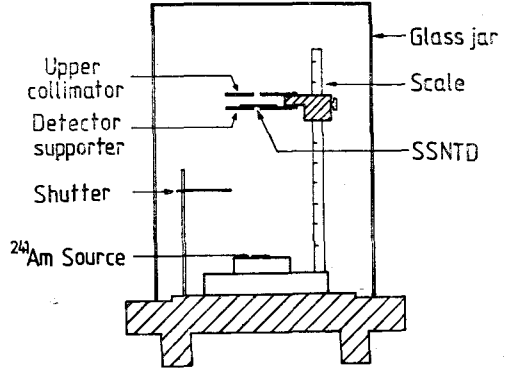


Fig. 2. Source-detector arrangement for alpha particle irradiation.

에 본 연구에서는 CN 검출기에 대해 널리 사용되고 있는 60°C의 NaOH 용액에서 부식시간과 부식농도를 조정함으로써 비적형성 최적조건을 결정하였다.

최적조건은 부식된 비적과 검출기 기판 자체의 불균일등에 의하여 영향을 받는 부식모양의 차이가 가능한 한 명확하게 구분이 되어 비적의 계수에 불편이 없는 상태로 정하였다.

비적형성을 위하여 사용된 α 선원(^{241}Am)과 검출기 사이의 조사거리는 34 mm, 노출시간은 300초로 하였다.

Fig. 2는 본 연구를 수행하기 위하여 사용한 α 선원과 검출기의 배치모습인데 정확한 조사시간 결정을 위한 셔터, 선원과 검출기간의 거리 결정을 위한 자 및 α 입자 조사시 있을 수 있는 대기의 이동 등 일련의 외적영향을 배제하기 위한 유리수조등을 사용하였고⁶⁾, 검출기에 입사하는 α 입자의 입사각을 90°로 조사시키기 위하여 2.5 mm의 반경을 갖는 검출기의 지지대위에 검출기를 놓고, 그위로 약 12 mm 정도 위에 동일 구경의 구멍을 갖는 플라스틱판을 얹어 α 입자의 입사 방향을 시준(視準)토록 하였다.

α 입자에 조사된 CN 검출기를 60 \pm 1°C의 항온조에서 밀폐된 20 cc의 용기(plastic vial)안에서 여러 조건의 NaOH 용액으로 부식시킨 다음 충분한 양의 1차 증류수로 세척하고 3시간이상 여기에 담가 두었다가⁷⁾

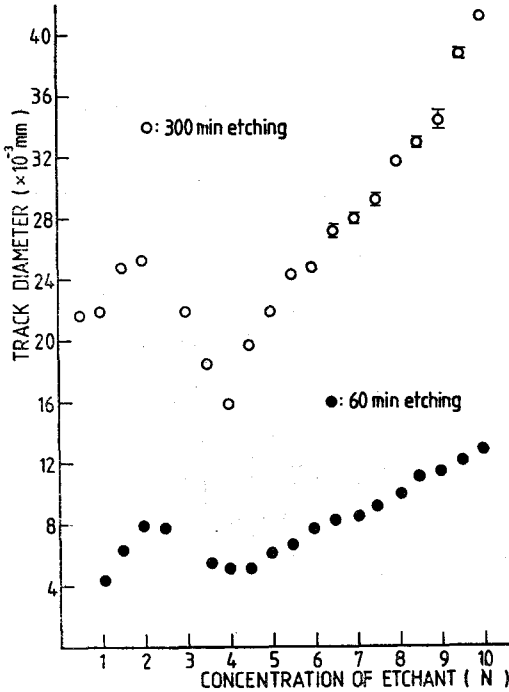


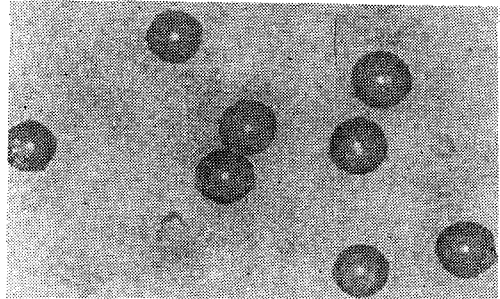
Fig. 3. Variation of track diameters with etchant concentration for CA 80-15.

건조하여 광물현미경으로 비적을 제측하였다. 특히 부식시 20 cc의 플라스틱바이얼을 사용한 이유는 부식용액의 많고 적음에 의한 용액 농도의 변화를 고려하지 않음으로 말미암아 발생될지도 모르는 부식의 차이를 되도록이면 동일하게 하고 용액의 농도 변화가 검출기에 미치는 영향을 최소화하며, 60°C의 장시간 부식일 경우 검출기를 구성하는 CN과 대기중의 CO₂의 탄산화 작용으로 인한 농도변화를 막기 위해서였다⁸⁾.

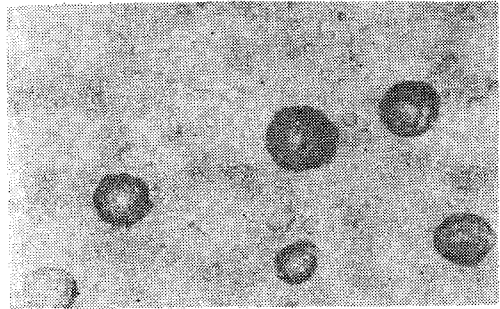
3-a) 부식용액의 농도

부식용액의 최적농도를 결정하기 위하여 CN검출기를 60±1°C의 온도에서 CA는 60분과 300분, LR은 20분, 25분, 30분간씩 각각 부식시켰다. 이때 CA를 0.5 normal(이하 N)에서 10 N까지 0.5 N 간격으로 NaOH 용액에서 부식시킨 결과는 Fig. 3과 같으며 LR을 0.5 N에서 4 N까지 0.5 N 간격으로 부식시킨 결과는 Fig. 4와 같다. 여기에 적용된 오차막대는 200~400배율의 현미경 관측으로 10회 측정된 값에서 얻은 표준편차 범위이다.

Fig. 3에서 보는 바와 같이 CA의 경우 비적의 농도 변화에 대한 비적의 크기는 2N의 경우에 최대가 되었다가 2N에서부터 4N까지 감소한 후 다시 계속 커지



(a) NaOH-2.0 N-300 min.-60°C(mag. 200)



(b) NaOH-6.0 N-300 min.-60°C(mag. 200)

Photo. 1. Comparison of tracks etched in different etchant concentration (CA 80-15).

는 현상을 나타내고 있는데 이와같은 현상으로 보아 이때 형성된 etch pit는 검출기 내부로 들어갈수록 손상의 영역이 작아지는 경우(convex)가 아니라 손상의 영역이 커지는 경우(concave)라고 판단된다⁹⁾. 4 N까지 비적직경이 감소하는 까닭은 Hashemi-Nechad 등의 연구⁹⁾에서 보는 바와같이 본 실험의 경우에 약 4N의 경우에 검출기 부식속도에 대한 비적 부식속도가 가장 크기 때문으로 설명할 수 있으며, 이와 비슷한 부식농도에 대한 부식직경의 변화는 Gammage의 연구¹⁰⁾에서도 볼 수 있다.

Fig. 3에서 CA에 대한 적절한 NaOH 농도를 결정하기 위하여 2N~300분과 6N~300분의 경우에 대하여 조사하였는데 이 두 경우 대체로 비적의 크기는 비슷하나 Hildebrand 등의 연구¹¹⁾에 의하면 부식시 일어나는 reaction kinetics를 줄이기 위해 CA에 대하여 4.7N이하의 NaOH 용액을 사용할 것을 권하고 있으며 용액의 농도가 높은 6N의 경우에 2N의 비적보다 그 크기가 불균일하고 검출기의 부식정도가 불량하기 때문에(사진 1참조) 비적 판독의 오차를 줄이기 위하여 2N의 조건을 최적 부식조건으로 택하였다.

LR에 대해서는 Fig. 4에서 보는 바와같이 농도변화에 따른 비적의 크기가 일정하지 않고 높은 농도로 갈

Table 2. Optimum etching condition of cellulose nitrate SSNTDs for the detection of alpha particle determined in this study.

Detector	Condition	Etchant	Concentration of Etchant	Temperature of Etchant	Etching Time	Washing Time
CA 80-15		NaOH	2N	60°C	200 min	over 3 hours
LR 115-1		NaOH	1N	60°C	37 min	over 3 hours

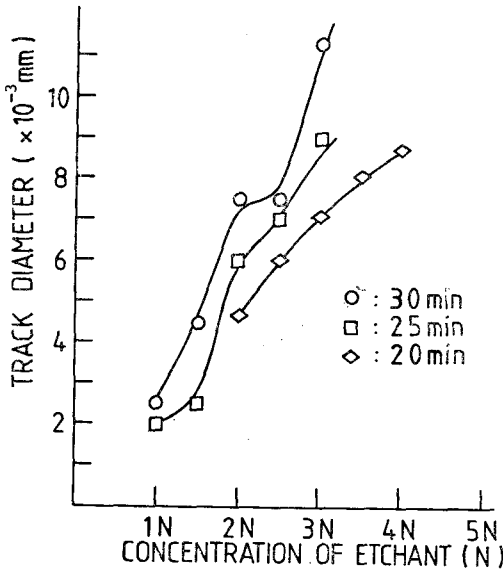


Fig. 4. Variation of track diameters with etchant concentration for LR 115-1.

수록 비적의 형상이 파상적인 모양을 갖는데 이것은 입자를 기록하는 LR의 CN부분이 너무 얇게 도포되어 있어 폴리에스틸부분과 CN의 접착 부분이 높은 농도로 갈수록 쉽게 약화되어 CN이 도포되어 있는 부분이 파열되고, 따라서 LR의 부식농도에 따른 비적의 형상은 CA에 비해 더욱 민감한 영향을 받기 때문인 것으로 생각된다. 그러므로 이 경우에는 CA를 위한 2N보다는 약한 1N의 NaOH 용액으로 부식하면서 부식시간을 조정하여 최적 부식조건을 구하였다.

3-b) 부식시간

이미 선정된 부식용액에서 부식시간과 비적의 크기 관계를 조사하기 위하여 CA에 대하여 10분부터 500분까지 10분 간격으로, LR에 대해서는 10분부터 70분까지 5분 간격으로 부식시킨 결과 얻어진 부식시간에 대한 비적의 크기는 각각 Fig. 5와 Fig. 6에 나타난 바와 같으며 이때 적용된 오차막대는 200~400배율의 현미경 관측으로 10회 측정에서 얻은 1표준편차의 범위이다. 이 경우에도 Besant¹²⁾, 도진열등⁶⁾ 및 강영

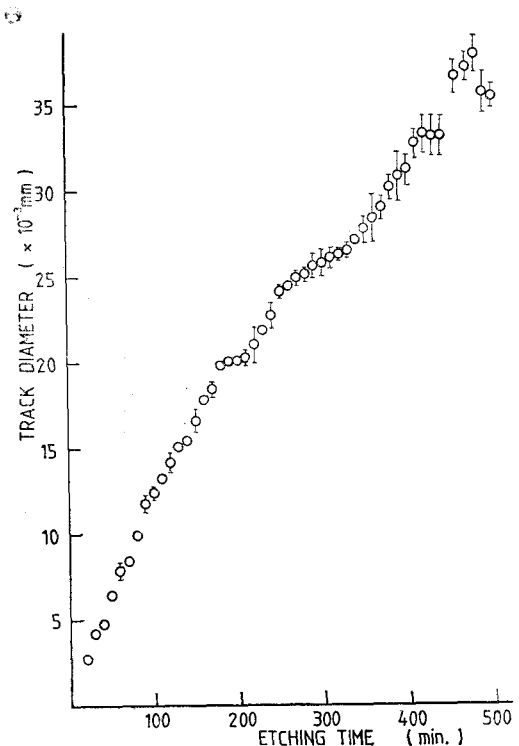


Fig. 5. Variation of track diameters with etching time for CA 80-15.

호동⁸⁾의 연구에서 나타난 바와같이 대체로 부식직경의 크기가 부식시간에 비례함을 보여주고 있다(Photo 2 참조).

CA에 대해서 얻은 Fig. 5에서 가장 적절하다고 판단되는 부식시간은 부식시간의 변화에 비적의 크기가 비교적 크게 영향을 받지 않은 것으로 보이는 미약한 plateau 구간으로 결정하였는데, 이와같은 경우로 200분 전후 구간과 300분 전후 구간을 선택할 수 있었다. 그런데 200분 부식시킨 경우의 비적과 300분 부식시킨 경우, 비적은 크기에 있어서만 일정한 비율로 확대된 모양을 가질뿐 비적의 모양이나 점철기 기판의 부식 정도가 똑같은 양상을 보이고 있어 비적의 계수에 큰 차이가 없기 때문에(Photo 2참조) 200분의 부식시간을 택하였다.

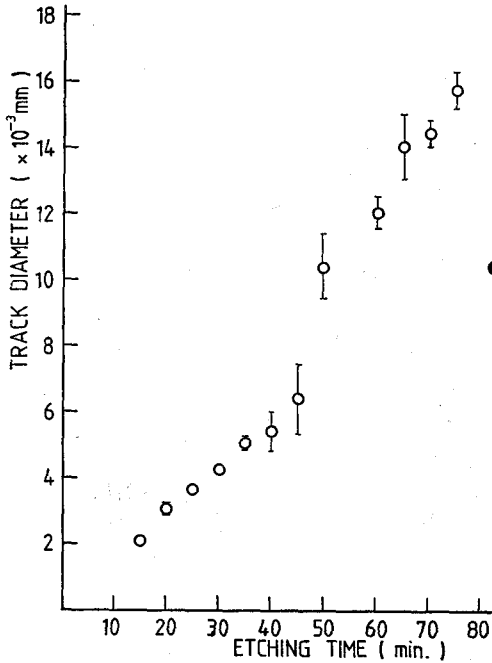
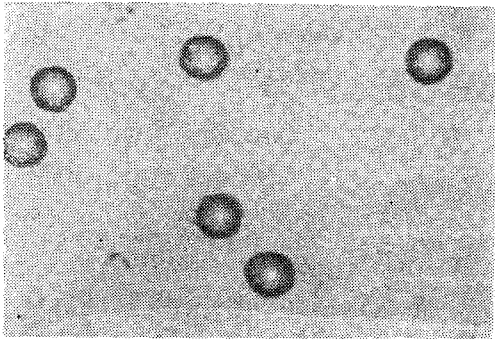


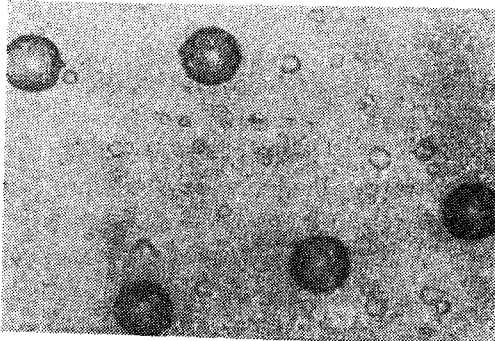
Fig. 6. Variation of track diameters with etching time for LR 115-1.

Table 3. Calculated geometrical efficiency for various source to detector distance (Source radius: 6.33 mm, detector radius: 2.5 mm)

Distance (mm)	Efficiency (%)
10	7.602 E-03
12	5.682 E-03
14	4.380 E-03
16	3.465 E-03
18	2.802 E-03
20	2.309 E-03
22	1.893 E-03
24	1.641 E-03
26	1.409 E-03
28	1.223 E-03
30	1.071 E-03
32	9.450 E-04
34	8.401 E-04
36	7.516 E-04
38	6.762 E-04
40	6.116 E-04
42	5.558 E-04



(a) NaOH-2.0 N-200 min.-60°C (mag. 200)



(b) NaOH-2.0 N-300 min.-60°C (mag. 200)

Photo. 2. Comparison of tracks etched for different etching time (CA 8C-115).

LR에 대한 Fig. 6에서 볼 수 있는 특징은 40분 이하의 부식시간을 갖는 비적과 45분 이상의 부식시간을 갖는 비적이 큰 차이를 보이고 있으며, 전자의 비적이 비교적 동일한 크기를 갖는 반면 후자의 비적은 그 크기에 있어서 변동이 심하고 파상적인 모양을 이루고 있는데 이것은 3-a)에서 언급한 바와 같이 LR의 CN 부분이 너무 얇게 폴리에스테필기판에 도포되어 있기 때문이라고 생각된다. 그러므로 LR의 적당한 부식시간으로는 비적의 크기가 부식시간에 비교적 변동이 적은 35분과 40분사이의 37분에서 결정하였다.

이상의 실험을 통하여 얻어진 비적검출의 최적 부식 조건은 Table 6와 같다.

3-c) α 입자의 노출거리에 따른 비적의 직경과 밀도 변화

본 연구에서는 CN 검출기의 대기압중의 α 입자 검출 특성을 알아보기 위하여 α 입자의 노출거리에 따른 비적직경과 밀도를 측정하여 CN 검출기에 대한 거리별 검출효율과 이에 따른 비적의 직경변화를 관측하였다.

우선 α 선원과 검출기 사이의 거리를 10 mm에서 40 mm까지 2 mm 간격으로 α 입자를 검출기에 조사하였다. 이때의 실험실 조건은 기압 758±1 mmHg, 기온

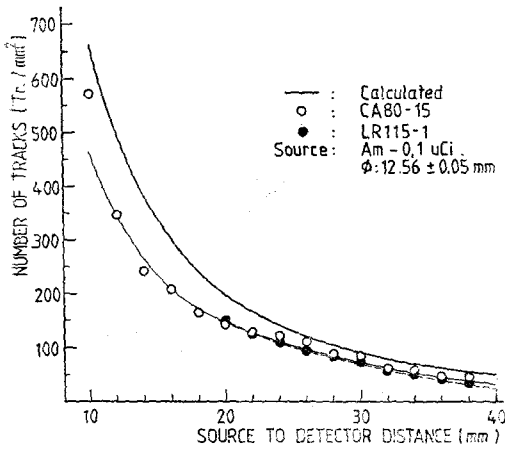


Fig. 7. Variation of number of tracks per unit area with source to detector distance for CA 80-15 and LR 115-1.

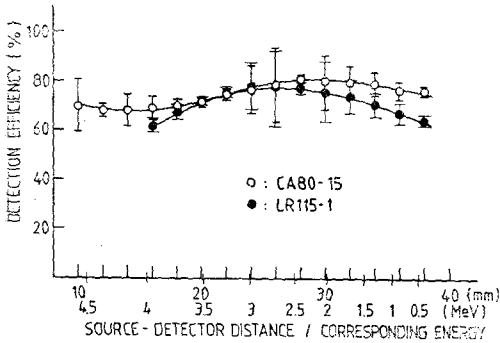


Fig. 8. Variation of detection efficiencies with source to detector distance for CA 80-15 and LR 115-1.

23.0±0.5 C, 상대습도 73±5%의 상태였으며, 이 조건에서 α 입자에 조사된 검출기를 최적부식조건에 따라 부식처리하였다.

CN의 검출효율은 Fig. 2와 같은 장치를 썼을 때 검출기에 들어갈 수 있는 α 입자의 이론적인 수와 검출기에 실제로 검출되는 α 입자의 수의 비로 결정된다. 이때 Fig. 2와 같은 장치에서 α 입자가 지름 5 mm를 갖는 지지대 위의 검출기에 이론적으로 들어갈 수 있는 거리별 단위면적당 α 입자의 수 N_{α} 는

$$N_{\alpha} = \frac{\text{기하학적 효율} \times \text{초당 } \alpha \text{ 입자의 붕괴율}}{\alpha \text{ 입자의 검출면적} \times \text{노출시간}}$$

으로 주어지므로, 이 값과 관측된 비적의 수와의 비로 대기압 조건하에서의 검출효율을 계산할 수 있다. 단, 기하학적 효율은 등방성 선원에 대한 Tsoulfonidis의 분율입체각 방법¹³⁾을 사용하여 반경 6.33 mm인 선원과 2.50 mm인 검출기 사이의 10~40 mm 거리에 대하

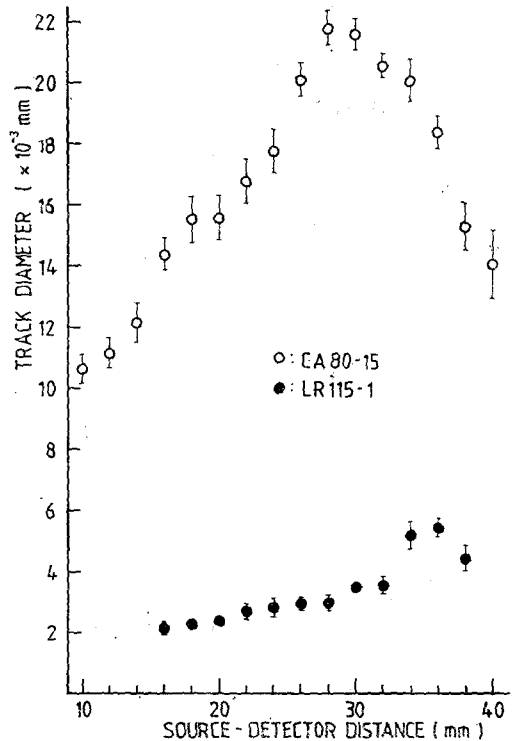


Fig. 9. Variation of track diameters with source to detector distance for CA 80-15 and LR 115-1.

여 계산한 것인데 그 수치는 Table 3과 같다¹⁴⁾. 한편 Fig. 7은 이론적으로 mm²당 검출될 것으로 계산된 α 입자의 수와 CN검출기에서 노출거리별로 직접 얻어진 계수치를, Fig. 8은 이때의 CN검출기의 검출효율을 노출거리별로 나타낸 것이다. 노출거리와 함께 표시한 환산에너지는 입의 두께의 공기층을 지난 α 입자가 에너지의 일부를 잃게 되는 점을 감안하여, 1기압, 15°C의 건조공기에서의 비경-에너지관계도표¹⁵⁾를 사용하여 α 입자가 검출기에 도달할 때의 에너지 값을 노출 거리별로 환산한 것이다.

이러한 결과를 토대로 본 연구에서 사용한 CA 80-15 및 LR 115-1 CN검출기의 공기층에서의 α 입자 평균 검출효율은 각각 74.5±7.3%, 71.8±5.6%임을 결정할 수 있었으며, 특히 이론적으로 선원에서 방출된 α 입자가 검출기에 도달할 것으로 예상되었던 것중의 약 25%에 해당하는 α 입자는 도중에 손실되었음을 알 수 있는데 이것들은 검출기에 도달하기 전에 공기입자와의 충돌로 에너지를 모두 상실한 것으로 해석된다.

그리고 본 연구에서 사용한 검출기의 α 입자 검출효율이 가장 큰 에너지 구간은 본 연구에서 사용한 부식

조건하에서 CA와 LR에 대해 각각 환산에너지 1.17~0.58 MeV(노출거리 27~33 mm) 및 1.54~1.09 MeV(노출거리 24~25 mm)의 에너지 구간으로 이 구간에서는 약 80%의 α 입자를 검출하며, 특히 이러한 검출기의 에너지별 검출효율을 부식조건과 함께 결정한다면 검출기의 에너지 의존특성에 관한 연구도 별도로 수행할 수 있을 것이다. 한편, 노출거리별로 생성된 비적의 직경을 관찰해 보면 이것은 곧 α 입자의 에너지(환산 에너지)에 따른 비적 직경의 변화를 살펴보는 것이 되는데 Fig. 9는 바로 공기 두께 변화에 따른 비적직경의 변화를 관측한 것이다. 공기층의 두께가 클수록(검출기에 입사하는 α 입자의 에너지가 작을수록) 비적 직경이 점차 증가하다가 어떤 최대값을 지나서는 다시 감소하고 있는데, 이 현상은 Benton 등과 그밖의 연구자들의 실험 결과와 비슷한 현상을 보여주고 있다. 이것은 α 입자의 전리폭선과 비슷한 양상으로서 α 입자에 의한 CN에서의 비적형성이 α 입자의 이온화율에 관여함을 쉽게 추측할 수 있게하며, 또한 Ion Explosion Spike Model의 비적형성과 동일한 연관성이 있음을 추측케 한다. Fig. 9에서 오차막대는 200~400 배율의 현미경으로 10회 측정하여 얻어진 1표준편차이다. 노출거리별(에너지별) 비적직경의 변화를 보여주고 있는 Fig. 9를 잘 활용한다면 동일한 부식조건이 주어졌을 때 비적의 크기를 가지고 그때 입사한 α 입자의 에너지를 추정할 수 있으며 Lück의 연구¹⁶⁾에서도 같은 현상을 보이고 있는데 이러한 비적직경의 변화 관계는 실제로 알파입자 스펙트로스코피와 그밖의 핵물리연구에 널리 사용된 사례가 있다¹⁷⁾.

4. 결 론

본 연구에서는 CN 고체 비적 검출기를 사용하여 α 방사능을 측정하기 위한 최적 부식조건과 특성을 실험적으로 조사 연구하였는 바 검출기의 부식인자중 부식농도와 부식시간을 측정함으로써 최적부식조건을 찾기 위하여 노력하였으며 그 결과 다음과 같은 결론에 도달하였다.

- 1) CA 80-15와 LR 115-1 CN 고체비적검출기로 α 입자를 측정하기 위한 최적 부식 조건은 각각 2N NaOH 용액에서 200분 및 1N NaOH 용액에서 37분 부식시키는 것이다.
- 2) 동 최적 부식조건하에서 얻은 CN 고체 비적 검출기의 α 입자 평균 검출효율은 대기압 조건에서 CA 80-15와 LR115-1에 대하여 각각 $74.1 \pm 7.3\%$, $71.8 \pm$

5.6%였으며, α 입자 검출효율이 가장 큰 에너지 구간은 CA 80-15와 LR 115-1에 대해 각각 1.17~0.58 MeV와 1.54~1.09 MeV로써 이 에너지 구간에서는 약 80%의 검출효율을 나타내었다.

- 3) 대기압하에서 방출되는 α 입자의 최대비정에 대응되는 공기층에서의 손실율은 약 25%로 관측되었다.
- 4) LR 115-1검출기의 α 입자를 검출하는 CN 부분이 너무 얇기 때문에 이 검출기는 특성의 비교적 낮은 에너지를 갖는 α 입자의 검출에 적당한 반면 CA 80-15검출기는 폭넓은 에너지 구간을 갖는 α 입자의 검출에 적당한 것으로 확인되었다.
- 5) CN 검출기를 사용하여 α 입자를 검출할 때는 처방전으로 주어진 부식조건을 그대로 사용하기 보다는 실험의 목적과 조건, 검출기 제원등에 따라 CN에 대한 최적 부식조건을 실험적으로 결정 선택하여야 하며 부식 실험은 CN이 부식인자에 민감하게 반응하기 때문에 세심히 수행되어야 한다. 특히 부식조건을 선택할때 부식농도의 변화보다는 부식시간의 변화에 대한 최적조건의 선택이 바람직하다.

REFERENCES

- 1) R.L. Fleischer, "The past and future roles of solid state nuclear-track detectors", *Nucl. Instr. Meth.* **147**, 1-10(1977).
- 2) M. Nicolae, "Possibilities and limits of using nuclear track detectors for dosimetry and microdosimetry," in *Pros. 9th Int. Conf. on Solid State Nuclear Track Detectors*, (F. Granzner et al. eds.) pp.771-786, Pergamon Press Oxford (1978).
- 3) R.L. Fleischer, *Nuclear Track in Solids*, pp. 56-72, Univ. of Calif. Press, Berkeley(1985).
- 4) E.V. Benton, *A Study of Charged Particle Track in Cellulose Nitrate*, U.S. Naval Radiological Defense Laboratory Report USNRDL-TR-68-14(1968).
- 5) M. Polany, *Physik* **7**, 323(1921).
- 6) 도진열, 전재식, 황상태 : "Cellulose Nitrate의 알파입자 비적특성", 대한방사선방어학회지 **9**, 61-66(1984).
- 7) 육종철, 노성기 : "고체비적 검출기를 이용한 중성자 선량추정", *ibid* **2**, 1-8(1977).
- 8) 강영호, 김도성 : "Cellulose Nitrate에 의한 α 입

- 자의 검출과 그 특성”, *경대논문집* **34**, 147(1982).
- 9) S.R. Hashemi-Nezhad et al., “Effect of etchant normality on the response of CA 80-15 cellulose nitrate to heavy ions,” in *Proc. 10th Int. Conf. On Solid State Nuclear Track Detectors*, (H. Francois et al eds.) pp. 325-332, Pergamon Press, Oxford(1978).
- 10) R.B. Gammage and A. Chowdhry, “Effect of etching solution normality on electrochemical etching of recoil particle tracks in polycarbonate,” *Health Phys.* **36**, 529(1979).
- 11) D. Hildebrand et al., “Some aspects of the etching behavior of cellulose nitrate as track detector”, in *Proc. 9th Int. Conf. On Solid State Nuclear Track Detectors*, (F. Granzer et al. eds.), pp.325-332, Pergamon Press, Oxford (1978)
- 12) C.B. Besant et al., “Detection efficiency and range measurements of alphas and protons in cellulose nitrate,” *ibid*, pp.363-371(1978).
- 13) N. Tsoulfanidis, *Measurement and Detection of Radiation*, pp.247-258, Hemisphere Publ. Corp. (1983).
- 14) 전재식, 명동범 : “지표공기중의 α 방사능측정 및 해석”, *대한방사선방어학회지* **11**, 130-137(1986).
- 15) R.E. Evans, *The Atomic Nucleus*, McGraw-Hill, Bombay, pp.647-653(1955).
- 16) H.G. Lück, “Investigations on energy resolution in detecting alpha particles using a cellulose nitrate detector,” *Nucl. Instr. Meth.* **124**, 359(1975).
- 17) V.A. Nikolaev, “Application of the track diameter measurement method in nuclear physics” in *Proc. 9th Int. Conf. On Solid State Nuclear Track Detectors*, (F. Granzer et al. eds.), pp. 1235-1243, Pergamon Press, Oxford (1978).

On the Etching Condition of Cellulose Nitrate Solid State Nuclear Track Detector (SSNTD)

Dong-Bum Myung and Jae-Shik Jun

Department of Physics, Chungnam National University, Taejeon, 300-31, Korea

An experimental study for an optimum etching of commercialized cellulose nitrate SSNTD, CA 80-15 and LR 115-1 for detecting alpha particles, was carried out. Although ordinary etching condition of the detectors has been recommended by the producer, a remarkable discrepancy in etching time was found. The detectors were irradiated with a $0.1\mu\text{Ci }^{241}\text{Am}$ alpha source under a known geometrical arrangement. Analysis on the track size as functions of etching time and etchant concentration and comparative examination of theoretically predicted number of tracks per unit area with that recorded on the detectors were made, including a study on the variation of detection efficiency with the effective energy of the incident alpha particles.