

^{10}B 의 중성자방사화분석을 위한 Pu-Be원천에서 나오는 중성자의 감속에 대한 연구

량봉만, 박기철

위대한 수령 김일성 동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리는 원자력기술을 개발하고 원자력발전소를 건설하기 위한 문제를 자체의 기술, 자체의 힘으로 자력갱생하여 완성하여야 합니다.》(《김일성전집》 제62권 459페이지)

중성자방사화분석(NAA)은 중성자포획자름면적이 큰 원소들과 다원소분석에 리용되는 핵적방법으로서 일부 핵물리분석방법들의 결함을 보충해주는 빠르고 비파괴적인 방법이다.

중성자방사화분석에 의한 ^{10}B 측정에서는 열중성자를 리용하므로 원천의 열중성자를 최대로 증가시키는 문제 즉 빠른중성자에너지를 열에너지한계까지 감속시키는 문제가 중요하게 제기되고있다.[1, 2]

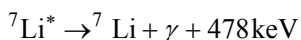
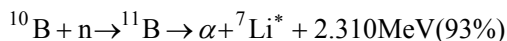
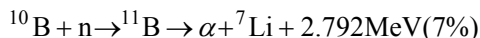
론문에서는 ^{10}B 측정을 위한 중성자방사화분석에서 측정효율을 높이는 중요한 문제의 하나인 Pu-Be원천에서 나오는 빠른중성자의 열화특성을 고찰하였다.

1. 중성자방사화분석을 리용한 ^{10}B 분석원리

중성자방사화분석에 의한 ^{10}B 측정은 열중성자로 붕소원소를 쪼임하였을 때 핵반응 생성물로부터 방출되는 γ 선의 검출에 기초하고있다.[1]

붕소는 $^{10}\text{B}(\text{n}, \alpha\gamma)^7\text{Li}^*$ 에 대한 열중성자흡수자름면적($\sigma_{th} = 3\,840\text{b}$)이 크므로 열중성자방사화분석에서 가장 감도가 높은 원소의 하나이다.[2]

붕소와 열중성자와의 핵반응식은 다음과 같다.



웃식에서 알수 있는바와 같이 열중성자와 붕소핵이 반응할 때 $^7\text{Li}^*$ 핵이 기저상태로 내려오면서 478keV의 단색 γ 선을 내는데 이것을 리용하여 붕소농도를 측정할수 있다.

2. Pu-Be원천에 대한 중성자감속실험

^{10}B 측정실험에서는 원천에서 방출되는 빠른중성자들을 최대로 열화시키는 문제가 선차적으로 나선다.

Pu-Be원천에 대한 중성자감속실험체계의 구성도는 그림 1과 같다.

실험에서 리용되는 Pu-Be원천은 방사능의 세기가 $1.18 \cdot 10^6$ 개/s 이고 중성자스펙트럼이 0~11MeV의 연속에너지범위를 가지며 평균에너지는 4MeV이다.

중성자감속제로 리용되는 매질들은 큰 산란자름면적과 작은 흡수자름면적을 가지는 가벼운 원소들을 포함하여야 하므로 파라핀을 감속제로 리용하였다.

실험에서는 원천과 검출기사이에 있는 파라핀의 두께를 변화시키면서 열중성자검출기(CHM-18)와 NaI(Tl)섬광검출기로 열중성자 및 γ 선의 계수속도를 측정하는 방법으로 열중성자의 변화와 γ 선을 고찰하였다.

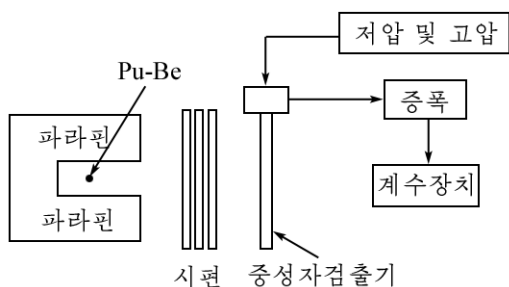


그림 1. 중성자감속실험체계의 구성도

3. 결과 및 분석

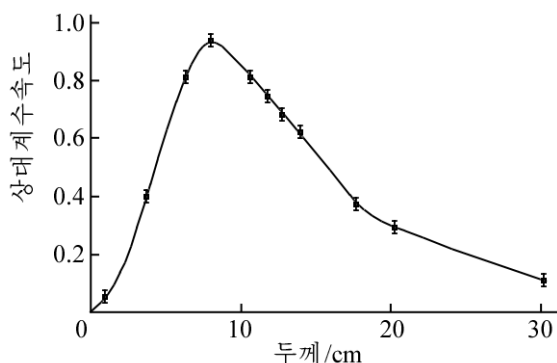


그림 2. 파라핀의 두께에 따르는 열중성자의 상대계수속도변화

원천과 검출기사이에 있는 파라핀의 두께를 변화시키면서 측정한 열중성자의 상대계수속도변화는 그림 2와 같다.

그림 2에서 보는바와 같이 열중성자는 파라핀의 두께가 증가함에 따라 커지다가 감소하는데 그것은 두께가 커짐에 따라 많은 열중성자들이 감속제 그자체에서 흡수되기 때문이다.

실험으로부터 Pu-Be원천과 감속제로서 파라핀을 리용하는 경우에 중성자방사화분석에서 원천과 봉산용액사이에 7.8cm의 파

라핀감속층을 설치하면 원천의 리용률을 최대로 높일수 있다는것을 알수 있다.

붕소농도측정실험에서 감속제로 파라핀을 리용할 때 원천에서 방출되는 빠른중성자들은 열화되는 동시에 파라핀의 수소원자에 의한 $\text{H}(n, \gamma)\text{D}$ 핵반응에 의하여 단색인 2.223MeV의 즉발 γ 선도 방출된다.

파라핀의 두께에 따르는 열중성자에 의한 즉발 γ 선의 변화는 그림 3과 같다.

그림 3에서 보는바와 같이 감속매질에서 방출되는 즉발 γ 선의 최대값이 열중성자의 최대값과 차이나는것은 파라핀에서 열중성자의 확산때문이며 계수속도가 감소하는 원인은 열중성자가 파라핀의 두께에 따라 감소하기때문이다. 붕소농도측정에서

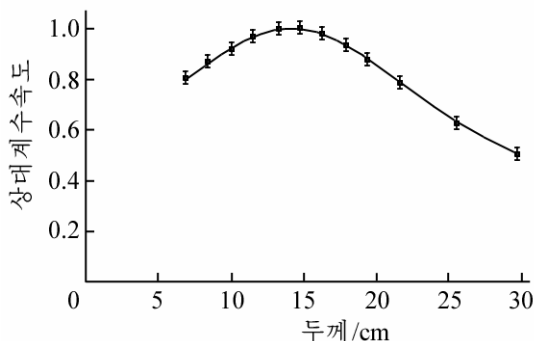


그림 3. 파라핀의 두께에 따르는 열중성자에 의한 즉발 γ 선의 변화

NaI(Tl)검출기에 직접 입사되는 즉발 γ 선은 연을 리용하여 차폐하여야 한다.

맺 는 말

다른 중성자원천들에 비해 비교적 낮은 세기를 가지는 Pu-Be원천을 리용하여 붕산용액에서의 ^{10}B 을 측정하는 중성자방사화분석에서 ^{10}B 측정의 효율을 높일수 있는 한가지 방법을 밝혔다. 실험을 통하여 원천과 붕산용액사이에 7.8cm의 파라핀감속층을 설치하면 열중성자의 리용률을 최대로 높일수 있다는것을 확증하였다.

참 고 문 헌

- [1] Kamal Hadad et al.; International Journal of Hydrogen Energy, 47, 1, 2016.
- [2] A. E. Abd; Nuclear Instrument and Methods in Physics Research, B 337, 62, 2014.

주체109(2020)년 9월 5일 원고접수

On the Slowing Down of Neutron out of Pu-Be Source for Neutron Radioactivation Analysis of ^{10}B

Ryang Pong Man, Pak Ki Chol

We have explained a method that can enhance the measurement efficiency in neutron radioactivation analysis of ^{10}B by using Pu-Be source.

In case of using the paraffin as the neutron moderator, it is the most reasonable that the thickness of the slowing down layer between source and boric acid solution is 7.8cm.

Keywords: neutron radioactivation analysis, neutron slowing down