

$^{23}\text{Na}(p, \gamma)^{24}\text{Mg}$ 및 $^{27}\text{Al}(p, \gamma)^{28}\text{Si}$ 반응을 이용한 HPGe 검출기의 응답함수

박상태

공주대학교 사범대학 물리교육과

2010년 4월 30일 접수 / 2010년 5월 22일 1차수정 / 2010년 6월 1일 2차수정 / 2010년 6월 2일 채택

본 연구에서는, 에너지에 따른 peak의 상대효율을 구하였으며, 검출기의 응답함수를 작성하였다. 이를 위해 고효율, 고분해능을 가진 HPGe 검출기(지름 78.7 mm, 길이 86.5 mm)를 이용하였으며 콤프턴 억제용으로 NaI 검출기를 사용하였다. 감마선 스펙트럼은 $^{23}\text{Na}(p, \gamma)^{24}\text{Mg}$ 및 $^{27}\text{Al}(p, \gamma)^{28}\text{Si}$ 반응을 이용하여 얻었으며, 이 때 입사 입자의 에너지는 각각 $E_p = 1424$ keV 및 $E_p = 992$ keV 이었다. 한편 스펙트럼 측정은 입사 빔 방향에 대해 55° 에서 하였으며, 사용한 가속기는 일본 동경공업대학의 3 MeV Pelletron 가속기를 이용하였다. 검출기의 응답함수는 1.2 MeV에서 9.4 MeV까지 0.75 MeV 간격으로 작성하였다.

중심어 : HPGe 검출기, 핵반응, Pelletron 가속기, 응답함수

1. 서론

일반적으로 검출기를 이용하여 측정된 파고스펙트럼을 측정스펙트럼이라고 하는데, 실제 측정이 어려워 이러한 측정스펙트럼을 얻기 어려운 경우에는 수학적으로 접근하여 스펙트럼을 얻을 수 있는데 이때의 스펙트럼을 검출기의 응답함수라고 한다. 측정 data로부터 원하는 정보를 직접 얻기가 곤란할 경우 또는 computer simulation을 통해 실험을 모사할 경우에 이 응답함수는 매우 유용하게 이용될 수 있다. 측정값 또는 계산값으로부터 그에 적합한 함수를 얻고자 할 때, 기본 데이터가 많으면 많을수록 함수의 정확도가 높아지듯이, 응답함수의 경우도 그 정확도를 높이기 위해 여러 가지 단일에너지에 대한 스펙트럼을 이론적으로 계산하는 것이 보통이지만, 스펙트럼의 수는 대상이 되는 검출기의 에너지 분해능과 구하고자 하는 에너지 범위에 따라 달라진다. 이론적으로 응답함수를 작성하기 위해서는 Monte Carlo 법[1]이 가장 많이 이용되지만, 가능하다면 직접 실험을 통해 응답함수를 구하는 것이 가장 정확할 것이다. 그 일환으로 얼마 전 일본에서는 실험 결과를 바탕으로 직접 응답함수를 만드는 방법에 관한 연구논문이 소개되었다[2]. 전자와 같이 simulation을 통한 방법은 1960년대 말 Betchelor, Gilboy, Parker

및 Vervinski[3] 를 비롯하여 최근까지도 많은 연구자들이 관심을 갖고 연구하고 있는 분야로서 이미 여러 종류의 계산 code가 세계적으로 많이 알려져 있으며, 국내에서도 여러 검출기 ($\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$, plastic, NaI(Tl), NE-213 등)에 대해서 이미 연구[4-8]된 바가 있다. 그러나 후자와 같이 실험결과로부터 응답함수를 직접 작성한 사례는 국내에서 찾아보기가 매우 어렵다. 특히 현재까지 보고된 응답함수는 에너지 영역이 2 MeV 이하로 한정되어 있어 핵반응에 의해 방출되는 고에너지의 스펙트럼 분석에는 별로 도움이 되지 못하였다.

본 연구는 이러한 연구배경을 바탕으로 에너지 범위를 약 10 MeV 영역까지 확장하여, 대형 HPGe 검출기(78.7 mm ϕ \times 86.5 mm : 콤프턴 억제형)의 응답함수를 구하고자 하였다. 실험 data는 감마선 표준선원과 $^{23}\text{Na}(p, \gamma)^{24}\text{Mg}$ ($E_p = 1424$ keV) 반응 및 $^{27}\text{Al}(p, \gamma)^{28}\text{Si}$ ($E_p = 992$ keV) 핵반응으로부터 얻었으며 이를 위해 동경공업대학의 3 MeV Pelletron 가속기를 사용하였다.

2. 이 론

검출기의 응답함수 $R(E', I)$ 는 에너지 deposition spectrum $D(E', E)$ 와 분해능 함수 $G(E, I)$ 로 나타낼 수 있으며 다음과 같이 표현된다.

책임저자 : 박상태, stpark@kongju.ac.kr, 공주대학교 물리교육과
충남 공주시 신관동 공주대학교 사범대학 물리교육과 209호

$$R(E', I) = \int_0^{E'} D(E', E) \cdot G(E, I) dE \quad (1)$$

여기서 E'은 선원에서 나오는 감마선의 원래 에너지이며, E는 검출기에서 측정되는 감마선 에너지이고 I는 파고 또는 channel을 나타낸다. 한편 D(E', E)는 E'의 입사 감마선이, E와 E+dE 사이의 에너지를 검출기에 부여할 확률이고, 검출기의 분해능 함수라고도 불리는 G(E, I)는 검출기에 부여된 에너지가 E일 때, I와 I+dI 사이에 파고가 생길 확률을 나타낸다. 분해능 함수의 일반적인 형태는 다음과 같이 가우스 함수로 가정한다.

$$G(E, I) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{1}{2} \left[\frac{(E - I)^2}{\sigma^2} \right]\right) \quad (2)$$

여기서 σ는 가우스함수의 표준편차를 나타낸다. 식 (1)에서 D(E', E)는 감마선 스펙트럼을 나타내지만, 감마선이 검출기내에서 움직이는 운동역학적인 요인들이 주로 포함되어 있는 함수로서 반응단면적, 방향 및 에너지 분포함수로 이루어져 있는 것으로 생각할 수 있으며 이 함수는 computer로 모사할 수 있다. 일반적으로 응답 함수를 computer로 모사하여 구한다는 말은 바로 이를 두고 하는 말이다. 그러나 본 연구에서 제시하고자 하는 방법은 D(E', E)함수를 계산에 의해서가 아니라 측정 스펙트럼으로부터 직접 구하는 것이며, 이 방법은 계산에 의한 방법 보다 더 정확하다는 평가를 받고 있다[2]. D(E', E)함수를 구하는 방법은 참고문헌 [4-8]에 자세히 소개되어 있으므로 여기서 구체적인 설명은 생략하겠다. 한편 G(E, I)는 검출기의 특성과 관련된 함수로서 에너지에 따른 검출기의 효율 및 분해능에 관한 정보가 포함되어 있다. 따라서 이 함수는 실험으로 충분히 얻어질 수 있는 함수이다.

3. 실험장치 및 방법

(1) 콤프턴 억제형 HPGe 검출기

본 실험에서는 콤프턴 억제형 HPGe 검출기를 이용하여 감마선의 파고스펙트럼을 측정하였다. 이 검출기는 표적에서 방출된 감마선을 측정하기 위해 환상 NaI(Tl) 검출기와 더불어 구성되어 있다. 본 연구에서는 근접한 에너지의 산란 감마선을 분리해서 측정하는 것이 중요하기 때문에 고분해능을 가진 HPGe 검출기를 주검출기로 선택하였다. HPGe 검출기의 특성을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Characteristic of HPGe Detector.

검출기 Model	EG & G GEM seriee 고순도 Ge 동축형 검출기
결정크기	78.7 mm φ × 86.5 mm
에너지 분해능 (FWHM)*	1.9 keV
상대검출효율**	100 %
peak 대 콤프턴 비	82
시간분해능	7.0 μs

* : ⁶⁰Co 선원에서 방출되는 1333 keV 감마선 peak의 반폭치

** : 선원에서 검출기까지의 거리를 25 cm로 했을 때, 1333 keV 감마선의 절대검출효율을 1.2 × 10⁻³으로 나눈 값

Table 2. Characteristic of Coaxial NaI(Tl) Detector.

결정크기	외경 254 mm φ, 내경 112 mm φ 길이 305 mm
광전자증배관	2 inch × 8 개
에너지 분해능*	10 %

* : ¹³⁷Cs 선원에서 방출된 662 keV 감마선 peak에 대한 반폭치의 비

HPGe 검출기는, 감마선이 통과할 때 생성되는 전자와 정공을 수집하므로써 전기신호를 생기게 한다. 그러나 전하의 생성과정은 광전효과 이외에, 콤프턴 산란 및 전자 쌍생성의 기여도 있기 때문에 전 에너지 peak 만을 가진

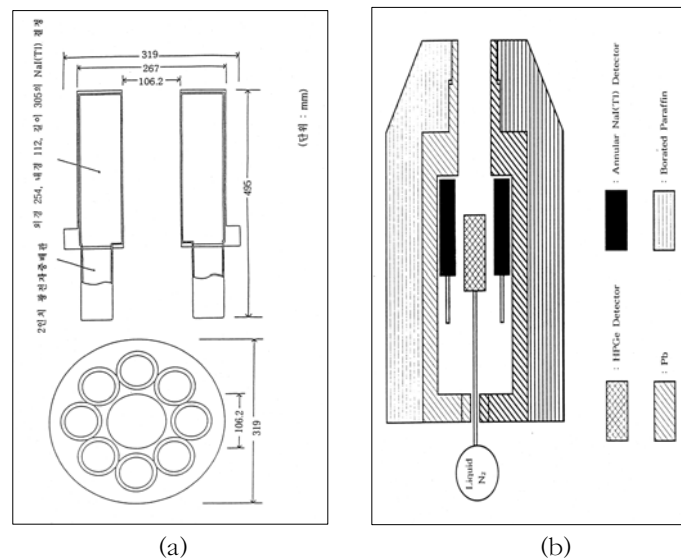
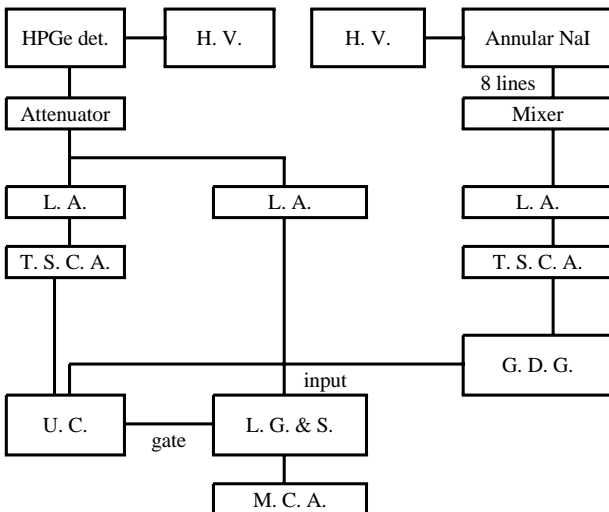


Fig. 1. (a) Cross-sectional diagram of coaxial NaI(Tl) detector, (b) Cross-sectional diagram of anti-compton HPGe detector.

이상적인 파고 분포를 얻기가 어렵다. 이러한 이유 때문에 콤프턴 억제형 환상 NaI(Tl) 검출기의 사용은 전 에너지 peak 부분이 강조된 단순한 파고스펙트럼을 얻을 수 있게 하고, 고에너지의 우주선에 의한 영향도 줄일 수 있어 핵반응에서와 같이 고에너지 감마선으로 인한 복잡한 파고스펙트럼을 단순화 시킬 수 있다. 전 에너지 peak에 비해 단일이탈 peak는 거의 1/10 정도이며, 이중이탈 peak는 거의 나타나지 않는다. 콤프턴 연속부분은 에너지에 따라 전 에너지 peak의 1/50~1/100로 감소된 형태를 띤다. 환상 NaI(Tl) 검출기의 특성은 Table 2에 표시하였으며 그 개략도는 Figure 1 (a)에 나타내었다. 한편 환상 NaI(Tl) 검출기가 탑재된 콤프턴 억제형 HPGe 검출기의 개략도는 Figure 1 (b)에 나타내었다.

(2) 감마선 측정회로

감마선 측정회로는 Figure 2와 같이 구성하였다. HPGe 검출기에는 3000 V의 바이어스 전압이 인가된다. 전치증폭기에서의 출력신호는 2 부분으로 나누어지는데, 한 개의 신호는 LA(Linear Amplifier)에 입력되어 6 μsec의 정형시간으로 파형정형 및 증폭된 다음 LG & S (Linear Gate and Stretcher)에 보내진다. 또 다른 신호는 LA에 입력되어 0.5 μsec의 정형시간으로 파형정형된 후 TSCA(Timing Single Channel Analyzer)로 보내지고 여기서 다시 논리신호로 바뀐 다음 UC(Universal Coincidence)의 coincidence에 입력된다. 한편 콤프턴 억제형 환상 NaI(Tl) 검출기의 광전자증배관에는 약 1000 V의 전압이 인가된다. 8 개의 각 광전자증배관의 dynode 신호는 Mixer에서 하나의 신호로 합해진 후 LA에서 증폭, 파형정형된 후 TSCA에 입력되고 논리신호로 바뀐다. 이 신호는 GDG(Gate and Delay Generator)에서 두 번째 신호와 시간 조정이 된 후 UC의



- L. A.: Linear Amplifier
- T. S. C. A.: Timing Single Channel Analyzer
- L. G. & S.: Linear Gate and Stretcher
- U. C.: Universal Coincidence
- G. D. G.: Gate and Delay Generator
- M. C. A.: Multi Channel Analyzer

Fig. 2. Block diagram for gamma-ray measurement.

anti-coincidence에 입력된다. 즉 HPGe 검출기에서의 파고 신호와 시간 신호가 1 : 1 대응하는 형태로 동시계수되고, 콤프턴 억제 신호와는 반동시계수가 이루어진다. UC의 출력은 gate 신호로 LG & S로 보내지고, LG & S의 출력신호는 다시 MCA(Multi Channel Analyzer)에 보내져 파고가 기록된다.

(3) $^{23}\text{Na}(p, \gamma)^{24}\text{Mg}$ 및 $^{27}\text{Al}(p, \gamma)^{28}\text{Si}$ 핵반응

본 연구에서는 식 (1)에 포함된 D(E', E) 함수를 실험적으로 구하기 위해 가속기를 이용하여 $^{23}\text{Na}(p, \gamma)^{24}\text{Mg}$ 및 $^{27}\text{Al}(p, \gamma)^{28}\text{Si}$ 반응을 일으켜, 반응에서 나오는 감마선 스펙트럼을 관측하였다. 이러한 핵반응을 이용하는 이유는, 반응과정에서 1.8 MeV~11.59 MeV 영역에서 여러 개의 다양한 특정 감마선이 방출되기 때문이다. 가속기는 일본 동경공업대학에 있는 3 MeV Pelletron 가속기 (미국 NEC사의 3UH-HC)로서 전하의 운반을 고무벨트 대신 스텐레스 스틸로 만들어진 금속 pellet을 나일론으로 연결하여 사용하는 Van de Graaff 형 정전가속기이다. 가속된 양성자 빔은 analyzing magnet에 의해 30° 방향으로 굽어진 다음 검출기가 배치되어 있는 표적이 놓인 가속기 끝단에 유도된다. 표적은 직경 30 mm, 두께 0.5 mm의 Ta판에 금속 Na 및 Al을 직경 10 mm로 진공 증착 한 것을 사용하였다. 가속기의 개략도는 Figure 3에 나타내었다.

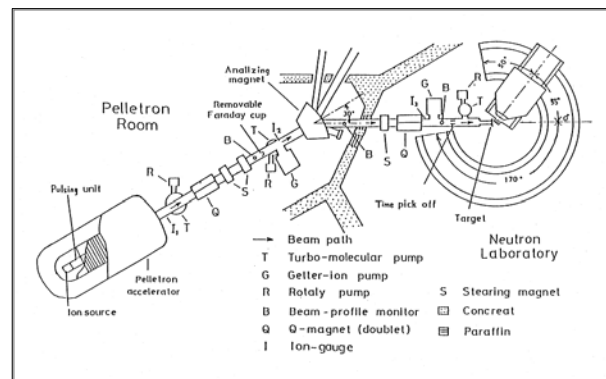


Fig. 3. 3 MeV Pelletron accelerator.

(4) 검출기의 분해능 및 효율

응답함수를 구성하기 위해서는 식 (1)에서와 같이 D(E', E) 함수뿐만 아니라 검출기의 분해능 함수 G(E, I)도 구해야 한다. G(E, I) 함수는 주로 검출기의 에너지 분해능 및 검출효율이 포함되어 있으며, 이를 구하기 위해 감마선 표준선원과 $^{27}\text{Al}(p, \gamma)^{28}\text{Si}$ 반응에서 얻은 감마선 에너지 스펙트럼을 이용하였다. 에너지 분해능 및 검출효율 계산에 이용된 감마선 선원은 Table 3에 나타내었다.

검출기의 분해능[9]을 다음과 같이 가정하고, Table 3에 주어진 각 peak에 대해 최소자승법으로 fitting(가정한 함수 사용)하여 각 계수를 구하였다. 또한 에너지에 따른 분해능을 Figure 4에 나타내었다.

$$\text{Resolution}(E) = \frac{2.35 \sqrt{pE^2 + qE + r}}{E} \quad (3)$$

$$p = (2.078 \pm 0.127) \times 10^{-7}, q = (-2.875 \pm 0.106) \times 10^{-3}, r = (7.425 \pm 0.103) \times 10 + 1$$

한편, 검출기의 전 에너지 peak 효율은 다음 식으로 가정하였으며, 마찬가지로 Table 3에 주어진 감마선 peak와 'Table of Isotope'[10]에 보고된 분기율을 이용하여, 측정스펙트럼에 나타난 peak의 순수 면적을 구함으로써 검출기의 효율을 계산하였다. peak의 면적 계산에는 콤프턴의 연속부분이 전 에너지 peak에 미치는 효과를 고려하여 계산하였다. 그러나 실제, 본 연구에서는 콤프턴 억제형 검출기를 사용하였기 때문에 그러한 영향은 크게 나타나지 않았다. Figure 5에 에너지에 따른 검출기의 효율[2]을 표시하였다.

$$\epsilon = \exp(a_1 E^2 + a_2 E + a_3) - \exp(a_4 E) \quad (4)$$

여기서, ϵ : 전 에너지 peak 효율
 E : 감마선 에너지

이 때

$$a_1 = (2.485 \pm 0.28) \times 10^{-2}, a_2 = (-6.820 \pm 0.321) \times 10^{-1}$$

$$a_3 = (2.787 \pm 0.115) \times 10^{-1}, a_4 = (-5.994 \pm 0.259) \times 10^{-1}$$

Table 3. Energy Resolution of HPGe Detector and Used Gamma-ray Energy for Efficiency.

공명반응	$E_i \rightarrow E_f$ (keV)	E_γ (keV)
$^{27}\text{Al}(p, \gamma)^{28}\text{Si}$ $E_p = 992 \text{ keV}$	R \rightarrow 10668	1874
	R \rightarrow 9765	2780.3
	R \rightarrow 9479	3063.3
	R \rightarrow 9417	3123.7
	R \rightarrow 9165	3377.9
	R \rightarrow 8589	3952.9
	R \rightarrow 7933	4608.4
	R \rightarrow 7799	4743
	R \rightarrow 7416	5125.8
	R \rightarrow 7381	5160
	R \rightarrow 6888	5653
	R \rightarrow 6879	5663.2
	R \rightarrow 6276	6265.3
	R \rightarrow 4618	7924
R \rightarrow 1779	10762.9	
표준선원	^{60}Co	1176
		1333
	^{22}Na	511

※ R: 공명준위, E_i : 공명준위의 에너지, E_f : 분기된 에너지 준위, E_γ : 방출된 감마선 에너지

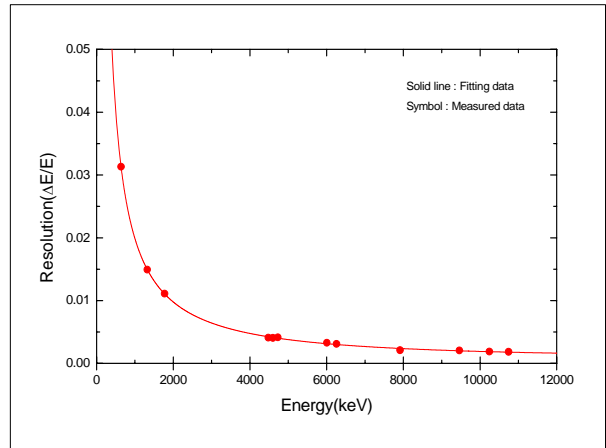


Fig. 4. Energy resolution of HPGe detector.

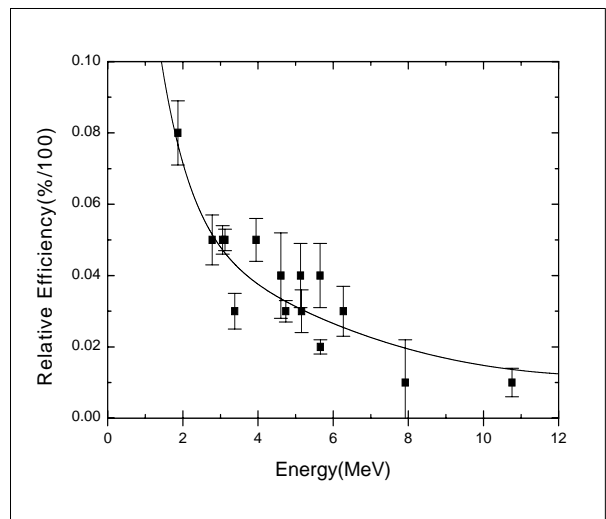


Fig. 5. Full peak energy efficiency of HPGe detector.

(5) 응답함수 구성

실험에서 얻은 감마선 파고 스펙트럼은 전 에너지 peak 부분과 콤프턴 연속부분 및 단일 이탈 부분이 합쳐진 것으로 볼 수 있다. 감마선 파고스펙트럼에서 전 에너지 peak에 대한 효율은 식 (4)와 같이 직접 구했다. $^{27}\text{Al}(p, \gamma)^{28}\text{Si}$ 반응에 의한 스펙트럼에는 다수의 peak들이 관측되는데 그 중에서 10.762 MeV 감마선에 의한 파고스펙트럼을 고에너지($> 2 \text{ MeV}$) 감마선 응답함수의 작성을 위해 직접 이용하였다. 저에너지($\leq 2 \text{ MeV}$) 영역에서의 응답함수는 감마선 표준선원에 의한 파고스펙트럼을 이용하여 구하였다. 아래에 전 에너지 peak 부분과 단일 이탈 peak 및 콤프턴 연속부분에 대한 검출기의 응답함수 구성과정을 차례로 설명한다.

① 전 에너지 peak

전 에너지 peak의 모양은 근사적인 가우스 함수 모양으로 표현된다. 따라서 전 에너지 peak의 분해능은 가우스 함수의 반폭치에 의해 근사적으로 나타내었으며 peak의 높이는 검출기의 효율로 결정하였다.

② 단일 이탈 peak

단일 이탈 peak도 전 에너지 peak과 마찬가지로 분해능을 가우스 함수의 반폭치에 의해 근사적으로 나타내었다. 다만 peak의 높이는 측정시간이나 조건에 따라 제각각이므로 식 (4)에서 단일 이탈 peak 에너지에서의 효율을 고려하여 규격화하였다.

③ Compton 부분

Compton 부분은 측정 파고스펙트럼에서 전 에너지 peak와 단일 이탈 peak를 제거한 부분이다. $^{23}\text{Na}(p, \gamma)^{24}\text{Mg}$ 반응의 경우 11.594 MeV, $^{27}\text{Al}(p, \gamma)^{28}\text{Si}$ 반응의 경우 10.762 MeV 감마선의 Compton 부분만을 택하여 11.594 MeV 및 10.762 MeV 감마선에 대해서 Compton 부분의 형태를 얻었다. 이렇게 하여 얻은 감마선의 Compton 부분을 압축하여 그 이하의 에너지에 대한 응답함수의 Compton 연속 부분에 사용한다. 그 후 Compton 부분의 면적과 전 에너지 peak 면적의 비에 효율의 비를 적용시켜서 서로 다른 에너지에 대해 규격화시킨다. 만약 구하고자 하는 Compton 부분이 위의 실험적으로 구한 Compton 부분 보다 에너지가 작은 경우, 높은 에너지의 Compton 부분을 압축하여 내삽 에너지의 Compton 끝단에 맞춘다. 그 반대의 경우에는, 실험으로 구한 Compton 부분을 같은 비율로 확대하여 외삽 에너지의 Compton 끝단에 맞춘다. 다음에 Compton 부분의 면적을 내삽 에너지에서의 Compton 검출효율로 규격화 한다. 이때 Compton 검출효율은 전 에너지와의 비에서 도출하였으며 각 감마선 에너지의 내삽 에너지점에서 Compton 부분의 형태를 구했다.

4. 결과 및 논의

이상과 같은 방법으로 전 에너지 peak, 단일 이탈 peak와 Compton부분을 합성하여 각 내삽 에너지에서의 응답함수를 얻을 수 있었다. 그 함수 모양은 감마선 에너지 1.2 MeV에서 9.4 MeV까지, 750 keV씩, 10개의 응답함수를 작성하고 그것의 한 조를 응답함수의 행렬로 하였으며 이것을 Figure 6에 나타내었다. 한편 작성된 응답함수를 검증하기 위해서 실제 측정 파고스펙트럼과 비교해 보았다. Figure 7에 ^{137}Cs 의 662 keV에 대해서 본 연구에서 구한 응답함수와 측정 스펙트럼을 비교하여 나타내었다. 그림에서 보는 것과 같이 두 스펙트럼은 매우 잘 일치함을 알 수 있다.

본 연구의 과정은 컴퓨터 모사에 의한 방법이 아닌, 실험으로 응답함수를 작성하는 방법을 제시함과 동시에 국내에서는 아직 한 번도 연구된 바가 없다는 점에서 그 의의를 둘 수 있다. 한편 본 연구에서 구한 응답함수는 그 에너지 영역이 약 10 MeV 까지 광범위한 것으로, 핵반응 연구에서와 같은 고에너지 감마선 스펙트럼 분석과 입사입자의 포획 yield 계산 및 원자로의 차폐체 설계 등으로도 응용이 가능할 것으로 기대된다. 또한 본 연구에서의 측정 system과 다른 경우라 하더라도, 전 에너지 peak 대 Compton peak 및 단일 이탈 peak의 비를 구할

수만 있다면, 본 연구에서 구한 응답함수를 그대로 활용할 수 있다.

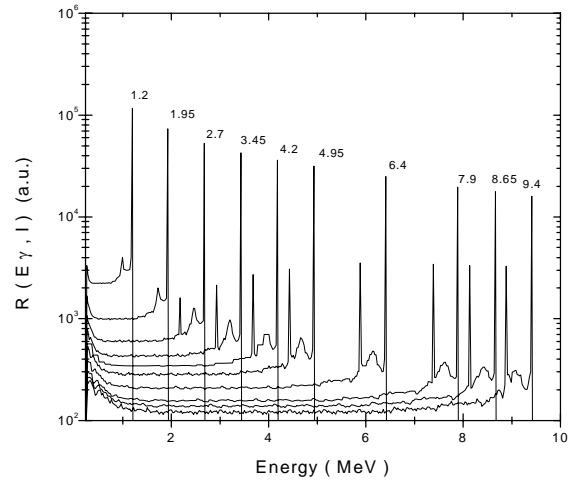


Fig. 6. Response function of HPGe detector.

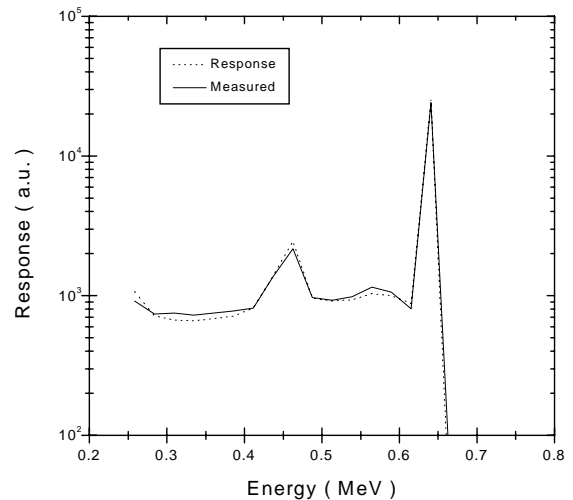


Fig. 7. Comparing 662 keV Gamma-ray Spectrum and Response Function.

참고문헌

- Galloway RB, Savalooni H. The Dependence on Scintillator Size of the Response of NE213 to Electrons and Protons. Nucl. Instr. Meth. 1982; 199(3):549-555.
- 堀 順一. 碩士學位論文. 東京工業大學, 1997.
- Burrus WR, Vervinski VV. Fast-neutron Spectroscopy with Thick Organic Scintillators. Nucl. Instr. Meth. 1969;67(2):181-196.
- 서민수. 구형 BiGeO 섬광검출기의 감마선 스펙트럼에 관한 연구. 석사학위논문. 부산대학교 물리학과, 1996.
- 최선수. Plastic 섬광검출기의 감마선 스펙트럼 unfolding에 관한 연구. 석사학위논문. 부산대학교 물리학과, 1994.
- 양승준. NaI(Tl) 검출기의 감마선 에너지스펙트럼 계산. 석사학위논문. 부산대학교 물리교육학과, 1991.
- 노태익. NE-213 검출기의 제작 및 감마선 스펙트럼

- 에 관한 연구. 박사학위논문. 부산대학교 물리학과, 1993.
8. 박상태. 유기액체섬광검출기에 의한 중성자 스펙트럼 연구. 박사학위논문. 부산대학교 물리학과, 1995.
 9. Scholermann H, Klein H. Optimizing the Energy

- Resolution of Scintillation Counters at High Energies, Nucl. Instr. Meth. 1980;169(1):25-31.
10. Table of Isotopes 8E, <http://www.wiley.com/legacy/products/subject/physics/toi/>

Response Function of HPGe Detector using $^{23}\text{Na}(p, \gamma)^{24}\text{Mg}$ and $^{27}\text{Al}(p, \gamma)^{28}\text{Si}$ Reaction

Sang Tae Park

Department of Physics Education, Kongju National University, Chungnam 314-701

Abstract - In the present work, peak relative efficiency for the energy was obtained and response function was worked out. This study was carried out using the high resolution high efficiency HPGe detector(diameter 78.7 mm, length 86.5 mm) and NaI(Tl) detector for anti-compton. The anti-coincidence of the signals from the two detectors could be used to lessen the Compton effect signal; thus, the γ -ray energy resolution could be improved. The γ -ray spectrum was measured at 55° to the direction of the incident proton beam. Reaction spectrum was obtained from the $^{23}\text{Na}(p, \gamma)^{24}\text{Mg}$ reaction at $E_p = 1424$ keV and $^{27}\text{Al}(p, \gamma)^{28}\text{Si}$ reaction at $E_p = 992$ keV. To accelerate the incident proton which creates the (p, γ) capture reaction, the 3 MeV Pelletron accelerator at the Tokyo Institute of Technology was used. Response function was worked out by a noble technique. We worked out a response function from 1.2 to 9.4 MeV at intervals of 0.75 MeV.

Key word : HPGe Detector, Nuclear Reaction, Pelletron Accelerator, Response Function