

가상 Frisch-그리드를 이용한 CdZnTe 감마선 소자 제작

- Fabrication of Virtual Frisch-Grid CdZnTe γ -Ray Detector -

고려대학교 방사선학과 · 대구가톨릭대학교 방사선학과¹⁾

박찬선 · 김필수 · 조평곤¹⁾ · 김정민 · 최중학 · 김기현

— 국문초록 —

Traveling heater method (THM) 방법을 이용하여 성장시킨 CdZnTe (CZT) 단결정 방사선 소자에 대한 고에너지 (high energy) 감마선 에너지 분해능 (energy resolution) 을 평가하고자 $6 \times 6 \times 12 \text{ mm}^3$ 크기의 CZT 소자를 제작하였다. 두꺼운 방사선 소자의 경우, 전자에 비해 상대적으로 이동속도가 느린 정공 (hole) 으로 인해 발생하는 hole-tailing 효과가 심화되어 고에너지 영역의 에너지 분해능이 저하되는 현상이 발생한다. 전자 (electron) 와 정공 (hole) 의 두 개의 전하 운반자 (charge carrier) 중에서 하나의 전하 운반자를 선택적으로 수집하여 에너지 분해능을 높이는 것이 가능하다. 가상 Frisch-그리드 (virtual Frisch-grid) 소자는 소자 내부의 가중 퍼텐셜 (weighting potential) 을 조절하여 전자에 의한 유도전류 (induced current) 만을 선택적으로 이용하는 방법으로써 제작 과정과 적용이 용이하다. 본 연구에서는 THM 방법으로 성장한 큰 부피의 CZT 방사선 소자의 특성과 가상 Frisch-그리드의 효율성을 평가하였다. 가상 Frisch-그리드의 적절한 위치와 너비는 Maxwell ver.14 (ANSYS, 미국) 를 이용하여 모의실험으로 정하였다. ^{137}Cs 동위원소를 이용한 펄스 높이 스펙트럼 (pulse height spectrum) 측정에서 가상 Frisch-그리드를 적용했을 때 662 keV 피크에 대해 2.2%의 에너지 분해능을 확인할 수 있었다.

중심 단어: CdZnTe, 가상 Frisch-그리드, 분광학, 엑스선 · 감마선 소자

I. 서 론

CdTe 기반의 화합물 반도체 방사선 소자들은 높은 원자번호로 인해 얇은 두께로도 우수한 정지력 (stopping power) 을 가지며, 1.5–2.2 eV 영역의 에너지 간격을 선택적으로 조절 가능하여 상온에서 냉각 없이 사용할 수 있다. 이와 같은 방사선 소자들은 비록 반도체 성장기술에 의존성이 크지만, $10^{-4} - 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{V}$ 의 운반자 이동도와 수명의 곱 (carrier mobility–lifetime product) 을 가진다.

지난 10년 동안 CdZnTe (CZT) 는 반도체 성장 기술의 발전과 신호 처리 기술의 발달 덕분에 현재 상용화에 가장 근접한 반도체 재료 중의 하나이다. CZT 단결정 성장 방법에는 HPB (high-pressure Bridgman) 법, 일반 브리지만 (general Bridgman) 법, THM (travelling heater method) 법이 대표적이다. 이들 중에서 HPB 법으로 성장시킨 CZT 소자의 성능이 가장 우수하지만 양산 효율이 낮아서 80% 이상의 수율과 HPB 법으로 성장한 소자의 성능에 근접하는 THM 법이 산업적인 면에서 주목을 받고 있다.

전하운반자의 이동도 (mobility) 차이에 의해서 발생하는 표동 (drift) 전류와 유도 (induced) 전류 차이는 두꺼운 반도체 소자에서 그 영향이 지대하며, 고에너지 감마선의 FWHM (full width half-maximum) 을 저하시키는 tailing 효과를 유발시킨다. 이러한 단점을 극복하기 위한 대표적인 방법으로는 단일 운반자 수집 (single carrier collec-

* 접수일 (2014년 10월 14일), 심사일 (2014년 11월 7일), 확정일 (2014년 12월 8일)

교신저자: 김기현, (136-703) 서울시 성북구 정릉로 161
고려대학교 보건과학대학 방사선학과
Tel : 02-940-2827
E-mail : khkim1@korea.ac.kr

tion)과 수정 기술(correction technique)이 있다. 단일 운반자 수정 기술은 빠른 전자와 느린 전자의 이동도에 의해 유도되는 신호의 시간이 다름을 이용해서 소프트웨어적으로 빠른 유도전류 성분만을 수집하는 상승시간구별(rise time discrimination)법, bi-parametric 기술이 대표적이다¹⁾. 이와 달리 방사선 소자의 전극 구조 변형을 통해 소자 내의 가중 퍼텐셜을 변형하여 단일 운반자를 수집하는 반구형 소자(hemispherical detector), Frisch-grid/ring, coplanar grid detector 등이 단일 운반자 수집기술의 대표적인 예이다^{2~4)}.

본 연구에서는 THM법으로 직접 성장시킨 CZT 단결정으로 가상 Frisch-그리드 소자를 제작하여, CZT 단결정의 특성 평가와 가상 Frisch-그리드 적용을 통한 CZT 소자의 에너지 분해능 개선 여부를 알아보려고 하였다.

II. 연구 방법

1. 가상 Frisch-그리드 CdZnTe 감마선 소자 이론적 배경

쇼클리-라모 이론(Shockley-Ramo theorem)에 의하면 물질 내에서 전하가 이동할 때 근접한 전극에 전하가 유도된다⁵⁾. 이때 유도되는 전하의 양은 물질 내의 가중 퍼텐셜에 의해 달라진다. 이때 유도 전하(induced charge)에 의해서 생성되는 유도 전류 i 는 다음과 같이 표현된다.

$$i = E_v q v \dots\dots\dots (1)$$

여기에서 E_v 는 전하의 움직임 방향으로의 가중 퍼텐셜에 의한 전기장, q 는 전하, v 는 전하의 속도이다.

가중 퍼텐셜은 인위적인 경계조건을 가진 소자 구조에 대해서 라플라스(Laplace) 방정식을 풀면 계산이 가능하다. 이때 전하가 유도되는 전극의 전압은 1로 다른 전극을 0으로 가정하고, 소자 내에 결함으로 인한 갇힌(trapped) 전하는 무시한다. 본 실험에서는 Maxwell ver.14(ANSYS, 미국)를 이용하여 가상 Frisch-그리드의 폭과 너비 변화에 따른 가중 퍼텐셜에 따른 전기장 분포를 모의실험 하였다.

그림 1a)는 반도체형 방사선 소자에서 양극과 음극, 금속막으로 제작된 가상 Frisch-그리드의 개략도와 감마선이 입사하였을 때 생성된 전자-전공쌍의 움직임을 보여주고 있다⁶⁾. 가상 Frisch-그리드 만든 후에 형성되는 가중 퍼텐셜은 그림 1b)에 잘 나타나 있다⁶⁾. Frisch 그리드와 양극 사이의 가중 퍼텐셜의 기울기가 급격하게 변화하

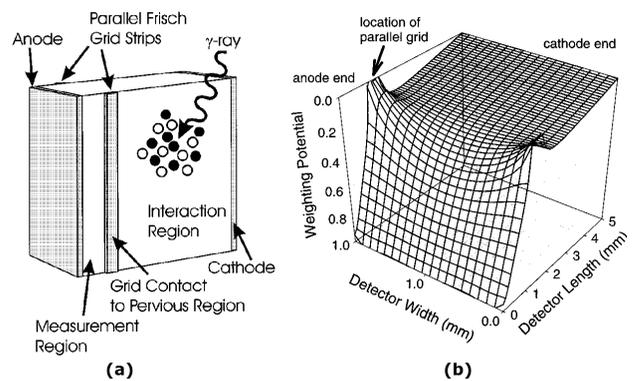


Fig. 1 (a) Schematic diagram of virtual Frisch-grid γ -ray detector and (b) weighting potential distribution along the anode to the cathode side for virtual Frisch-grid radiation detector. Very steep weighting potential variation between the anode and virtual Frisch-grid can be observable

는 반면에 Frisch그리드와 음극 사이에는 가중 퍼텐셜의 기울기가 완만하다. 가중 퍼텐셜의 기울기는 유도전하를 형성하는 전기장의 세기와 비례하므로, 식 (1)에서 보듯이 양극으로 이동하는 전자에 의해서 형성되는 유도전류는 큰 반면, 음극으로 이동하는 정공에 의한 유도전류는 미미한 값을 가지게 된다. 이러한 원리로 가상 Frisch-그리드를 통한 가중 퍼텐셜 조절은 전자와 정공 중 전자에 의한 유도전류 성분만을 선택적으로 이용할 수 있게 한다.

2. CdZnTe 단결정 성장 및 Frisch 그리드 제작

6N등급의 CdTe와 ZnTe을 공급 재료로 하여 850°C에서 Te 과다의 용매대를 사용해서 THM 방식으로 1인치 직경의 CZT ingot을 성장시켰다. 이때 성장한 CZT ingot은 다이아몬드 와이어 톱(diamond wire-saw)을 사용하여 8 mm의 두께의 웨이퍼로 절삭한 후, 웨이퍼에서 8×8×14 mm³ 부피의 막대 형태로 다시 절삭하였다. 절삭한 8×8×14 mm³ 막대는 기계적, 화학적 연마과정을 거쳐 최종적으로 6×6×12 mm³ 크기의 CZT 소자를 제작하였다. CZT 소자의 양극 및 음극은 AuCl₃ 용액을 사용하여 무전해(electroless) 방법으로 Au 전극을 형성하였다.

가상 Frisch 그리드는 폴리에틸렌 계열의 수축포를 사용하여 6×6×12 mm³를 감싼 후, 열을 가해 CZT 소자와 수축포를 밀착시키고, 양극으로부터 7 mm 떨어진 위치에 3 mm 너비의 알루미늄 박막을 사용하여 제작하였다. 제작된 CZT 가상 Frisch-그리드 소자의 모습이 그림 2에 나타나 있다. 실제 가상 Frisch 그리드 제작에 앞서, Frisch 그리드의 위치와 너비는 Maxwell ver.14(ANSYS, 미국)

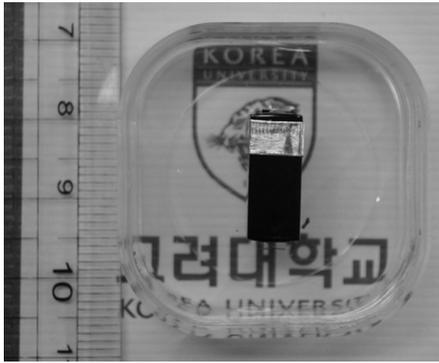


Fig. 2 Photograph of fabricated virtual Frisch-grid CZT detector. Detector size is $6 \times 6 \times 12\text{-mm}^3$ and 3-mm wide virtual Frisch-grid located at 7-mm away from the anode



Fig. 3 Photograph of a pulse height spectra measurement system. Full system consists of detector holder(eV product), preamplifier(eV product), shaping amplifier(ORTEC), and multi-channel analyzer(ORTEC)

을 사용하여 양극으로부터 Frisch 그리드의 위치와 너비를 변화시키면서 최적의 조건을 찾았다.

제작된 CZT 가상 Frisch-그리드 소자의 성능은 그림 3에 보이는 eV사의 시료 홀더 및 preamp, Ortec사의 shaping amplifier, MCA(multi-channel analyzer)를 이용했으며, 고에너지와 저에너지에 대한 반응도를 관찰하기 위해서 각각 $10 \mu\text{Ci}$ 의 ^{137}Cs 와 ^{57}Co 동위원소를 사용하여 펄스 높이 스펙트럼(pulse height spectra)을 측정하고, 에너지 분해능(energy resolution)을 평가하였다.

III. 결 과

1. 가상 Frisch-그리드의 위치와 너비에 따른 전기장 분포 모의실험

가상 Frisch-그리드의 위치, 너비, Frisch 그리드에

가하는 전압에 따른 CZT 소자내의 전기장의 분포를 모의 실험으로 계산하였다. 전하 운반자-수명의 곱이 $10^{-3} \text{cm}^2/\text{V}$ 이상인 CZT 소자의 경우 대략적으로 $10 \text{V}/\text{cm}$ 의 전기장 하에서 95% 이상의 전자수집효율(charge collection efficiency)을 나타낸다. 따라서 양극과 음극에 1,200 V의 전위차를 가하였고, Frisch 그리드는 접지 상태로, CZT 소자는 결함(defects)이 존재하지 않는 완벽한 상태로 가정하였다.

그림 4는 가상 Frisch-그리드의 유무에 따른 CZT 소자 내의 전기장 분포를 보여준다. Frisch 그리드가 없는 CZT 소자의 경우, 전형적인 평판형 소자(planar detector)에서 관측할 수 있는 균일한 전기장 분포를 나타내고 있다. 하지만, 양극으로부터 5 mm 지점에 너비 3 mm의 Frisch 그리드를 가정했을 때, 음극 부분의 전기장 분포가 매우 약해지는 경향을 보인다.

Frisch 그리드 너비가 전기장 분포에 미치는 영향을 모의 실험하기 위해서 양극으로부터 5 mm 지점에 너비가 각각 1, 5 mm인 Frisch 그리드를 가정하고, 전기장 분포를 계산한 결과가 그림 5에 나타나 있다. 그림 5에서 보듯이 가상 Frisch-그리드의 너비에 따른 CZT 내부 전기장 분포는 변화가 없음을 확인할 수 있다. 반면 그림 6에

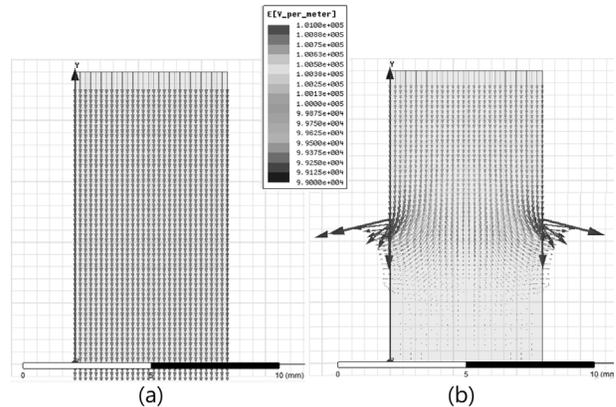


Fig. 4 Simulation results of internal electric field dependence on the (a) absence and (b) presence of virtual Frisch-grid. The size of the simulated detector is $6 \times 6 \times 12\text{-mm}^3$. The upper part is the anode and the lower part is the cathode in the figure. Internal electric field is uniform in the entire volume in the absence of virtual Frisch-grid. However, there is a very weak electric field between virtual Frisch-grid and the cathode. The anode biased at 1,200 V and the cathode and virtual Frisch-grid are grounded. The position and the width of virtual Frisch-grid are 5-mm away from the anode and 3-mm wide, respectively

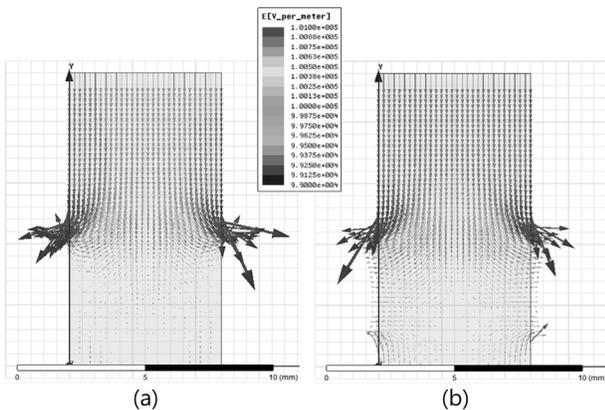


Fig. 5 Simulation results of internal electric field dependence on the width of virtual Frisch-grid; (a) 1-mm and (b) 5-mm. The size of the simulated detector is $6 \times 6 \times 12\text{-mm}^3$. The upper part is the anode and the lower part is the cathode in the figure. The position of virtual Frisch-grid is 5-mm away from the anode in both cases. The anode biased at 1,200 V and the cathode and virtual Frisch-grid are grounded. Internal electric field distribution is same as shown in figure. It means that the width of virtual Frisch-grid does not effect on the electric field distribution between the cathode and virtual Frisch-grid

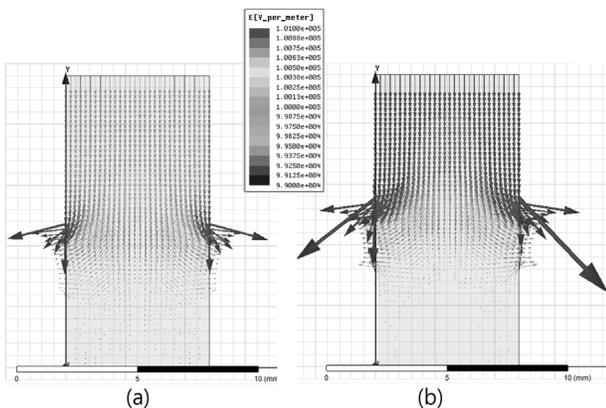


Fig. 6 Simulation results of internal electric field dependence on the position of virtual Frisch-grid with same width of 3-mm. Figure (a) is 5-mm and (b) is 7-mm away from the anode, respectively. The size of the simulated detector is $6 \times 6 \times 12\text{-mm}^3$. The upper part is the anode and the lower part is the cathode in the figure. The anode biased at 1,200 V and the cathode and virtual Frisch-grid are grounded. The electric field between the cathode and virtual Frisch-grid is nearly same but the electric field between virtual Frisch-grid and the anode become strong as virtual Frisch-grid approaches to the anode

서 보듯이 동일한 너비를 가지는 Frisch 그리드를 양극으로부터 각각 5, 7 mm의 다른 위치에 가정했을 때의 내부 전기장 분포 모의실험 결과는 Frisch 그리드의 너비보다는 위치가 CZT 내부 전기장 분포 변화에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 즉, Frisch 그리드의 시작 부분부터 음극까지의 전기장의 분포가 약해지는 반면, 양극 부분으로의 전기장 분포가 강해짐을 알 수 있다.

CZT 가상 Frisch-그리드 소자의 경우, 음극 방향에서 입사하는 감마선에 의해 전자-정공쌍이 생성되고, 생성된 전자와 정공은 외부 전기장에 의해 전자(electron)는 양극으로, 정공(hole)은 음극으로 이동하게 된다. 이때, 가상 Frisch-그리드에 의해서 변형된 전기장에 의해 전자는 더욱더 가속되고, 정공은 느려지게 되어, 전자에 의한 신호만을 포획할 수 있다.

최적화된 CZT의 너비, 그리고 양극으로부터의 가상 Frisch-그리드 위치를 전기장 분포 모의실험으로 좀 더 명확히 알 수 있다.

2. 펄스 높이 스펙트럼 측정

제작된 가상 Frisch-그리드 CZT 소자의 에너지 분해능을 평가하기 위해서, (1) 가상 Frisch-그리드를 장착하지 않은 상태, (2) 가상 Frisch-그리드를 플로팅(floating) 상태, (3) 가상 Frisch-그리드를 접지 상태로 각각 조건을 달리하여 측정된 ^{137}Cs 의 펄스 높이 스펙트럼 측정 결과가 그림 7에 나타나 있다⁷⁾. 그림 7a에서 보듯이 Frisch 그리드를 설치하지 않았을 때에는 CZT 소자 내부의 결함(defects)에 의한 공간전하(space charge)의 영향으로 내부 전기장이 defocusing되면서 ^{137}Cs 의 662 keV를 관측할 수가 없었다. (그림 4a)의 모의실험의 경우, CZT 소자 내부의 결함을 무시했기 때문에 양극에서 음극으로의 평행한 전기장 분포를 얻을 수 있지만, CZT 단결정 성장과 표면 처리 기술의 발전에도 불구하고 CZT 소자의 내부와 표면에는 여전히 결함(defects)이 존재하기 때문에, CZT 소자 내부의 공간전하(space charge)로 인해 실제 CZT 소자 내부는 defocusing 형태의 전기장 분포를 가진다.

가상 Frisch-그리드를 플로팅 상태에서 측정된 경우, 그림 7b에서 보듯이 내부 전기장 분포가 변화하면서 662 keV를 관측할 수 있었지만, 에너지 분해능이 매우 낮음을 알 수 있다. 마지막으로 그림 7c에서 보듯이 가상 Frisch-그리드를 접지한 후 뚜렷한 662 keV가 피크가 관측이 되며, 약 2.2%의 에너지 분해능을 보였다. 이것은

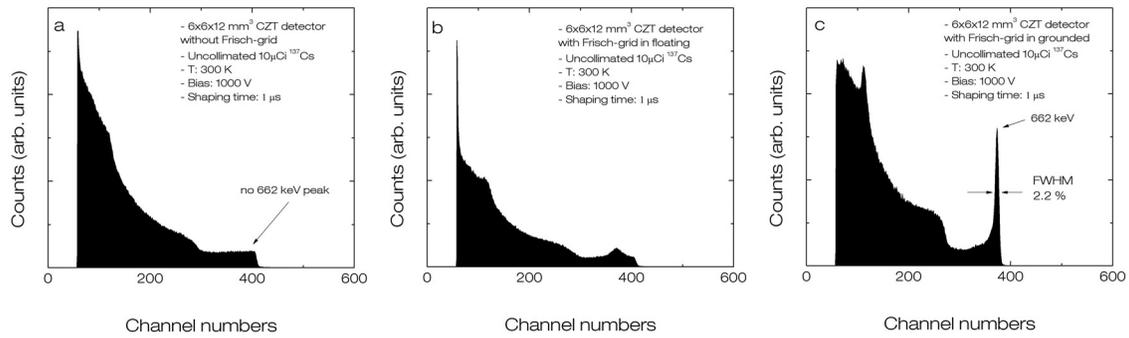


Fig. 7 Pulse height spectra of $^{137}\text{Cs}(10\mu\text{Ci})$ taken with CZT detector (a) without and (b), (c) with virtual Frisch-grid. The data acquisition time was setup as 30 seconds in all cases. The width and the position of Frisch-grid are 3-mm and 7-mm away from the anode, respectively. Virtual Frisch-grid is in floating state in the figure (b) and in ground state in the figure (c). Due to the defocusing field originated from space charge interfere internal electric field, no 662 keV peak cannot be detectable without virtual Frisch-grid. However, the energy resolution of 662 keV was notably improved when virtual Frisch-grid was grounded

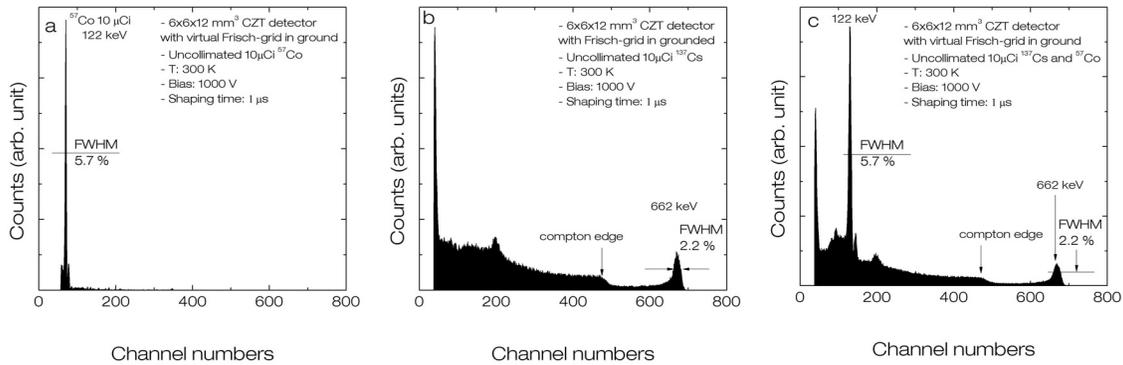


Fig. 8 Pulse height spectra of (a) $^{57}\text{Co}(10\mu\text{Ci})$, (b) $^{137}\text{Cs}(10\mu\text{Ci})$, and (c) ^{57}Co and ^{137}Cs when single or dual isotope source was placed in front of virtual Frisch-grid detector. The data acquisition time was setup as 30 seconds in all cases. The width and the position of virtual Frisch-grid are 3-mm and 7-mm away from the anode, respectively. Gamma peak of both 122- and 662-keV are effectively detected with just one large-volume virtual Frisch-grid CZT detector as shown in the figure (c). Energy resolution of 122-keV peak of ^{57}Co and 662-keV peak of ^{137}Cs is 5.9% and 2.2%, respectively

가상 Frisch-그리드로 인해 CZT 소자 내부의 공간전하에 의한 defocusing 전기장의 분포가 focusing 형태로 변형되고, 전자에 의한 신호만을 수집함으로써 정공에 의해 형성되는 tailing 효과를 제거했기 때문이다.

CZT 가상 Frisch-그리드 소자의 입사하는 감마선의 에너지에 따른 분해능을 시험하기 위해서, ^{57}Co 과 ^{137}Cs 각각의 동위원소에 대한 펄스 높이 스펙트럼과 두 동위원소를 동시에 노출하여 펄스 높이 스펙트럼을 측정하였다. 그림 8은 ^{57}Co , ^{137}Cs , ^{57}Co 과 ^{137}Cs 을 함께 노출하였을 때의 측정 결과를 보여준다. ^{57}Co 의 122 keV 피크의 에너지 분해능 대략 5.7%로 매우 우수한 결과를 보여주며, 그림

8c에서 보듯이 두 개의 동위원소를 동시에 노출하였을 때에도 122 keV와 662 keV가 뚜렷하게 검출됨을 알 수 있다. 122 keV와 662 keV 에너지 광자에 대한 CZT($Z_n=10\%$)의 질량감쇠계수(mass-attenuation coefficient)는 89.58 g/cm^2 과 0.0749 g/cm^2 로 CZT의 밀도(5.75 g/cm^3)를 고려하였을 때 12 mm의 CZT 소자에 122 keV는 모두 흡수되고, 662 keV는 60% 정도가 흡수되기 때문에, 동일한 활성도(activity)를 가지는 동위원소를 사용하더라도 662 keV 피크가 122 keV 피크에 비해 상대적으로 낮은 수치를 나타낸다.

IV. 결론 및 고찰

반도체 성장 기술의 발달로 인해 큰 부피를 가지는 CZT 소자의 제작이 가능해졌다⁸⁾. 하지만, CZT 반도체 기본 물질인 전자와 정공의 큰 이동도 차이로 인해 큰 부피를 가지는 CZT 소자에서는 에너지 분해능이 저하되는 현상이 발생하게 된다. 이 문제점을 해결하기 위해, 인위적으로 가중 퍼텐셜을 조절할 수 있는 가상 Frisch-그리드 개념을 CZT 소자에 접목해, 전자-정공 두 개의 전하 운반자 중 전자만을 수집하여 CZT 방사선 소자의 에너지 분해능을 높이고자 하였다. 약 2.2%의 에너지 분해능을 보여주는 가상 Frisch-그리드를 적용한 CZT 방사선 소자의 에너지 분해능은 여러 분야에서 활발히 이용될 수 있는 우수한 결과이다. 물론, 실험에 사용한 CZT 소자가 결함(defect)을 가지지 않는다는 가정 하에 나온 실험 결과이므로 실제 CZT 소자 제작과 가상 Frisch-그리드 위치나 너비 선정에 있어 최적화가 필요하다.

방사선을 이용한 진단 및 치료 장비가 갖추어야 할 기본적인 특성은 측정의 정확성과 더불어 환자 피폭 선량을 낮추는 데 있다. 형광체 기반의 간접형(indirect) 방사선 소자의 경우 대략 하나의 전자-정공쌍(electron-hole pair)을 형성하는데 대략 100-500 eV의 에너지가 필요하지만, 반도체 기반의 직접형(direct) 방사선 소자의 경우 간접형의 1/20-1/100인 5 eV가 요구된다. 이것은 CZT 기반의 방사선 소자를 의료용에 적용한다면, 환자의 피폭 선량을 현재의 1/20-1/100으로 줄일 수 있다는 것을 의미한다. 그리고 가상 Frisch-그리드를 적용한 CZT 감마선 소자가 현재 상용화 되어 있는 형광체 기반의 의료기기, 국가보안, 우주 산업 등에 바로 적용이 가능함을 보여주었다.

참고문헌

1. D. S. McGregor, Z. He, H. A. Seifert, D. K. Wehe, and R. A. Rojas: Single Charge Carrier Type Sensing with a Parallel Strip Pseudo-Frisch-Grid CdZnTe Semiconductor Radiation Detector, *Appl. Phys. Letts.*, 72(7), 792-795, 1998
2. A. Kargar, A. M. Jones, W. J. McNeil, M. J. Harrison, and D. S. McGregor: CdZnTe Frisch collar detectors for γ -ray spectroscopy, *Nucl. Instr. and Meth. Phys. Res. A*, 558, 497-503, 2006
3. M. van Pamelan and C. Budtz-Jorgensen: CdZnTe Drift Detector with Correction for Hole Trapping, *Nucl. Instr. and Meth. A*, 411, 197-200, 1998
4. A. Owens and A. G. Kozorezov: Single Carrier Sensing in Compound Semiconductor Detectors, *Nucl. Instr. and Meth. A*, 563, 31-36, 2006
5. Z. He: Review of the Shockley-Ramo theorem and its application in semiconductor gamma-ray detectors, *Nucl. Instr. Meth. A*, 463, 250-267, 2001
6. D. S. McGregor, R. A. Rojas, Z. He, D. K. Wehe, M. Driver, and M. Blakely: Geometrically Weighted Semiconductor Frisch Grid Radiation Spectrometers, *Nucl. Instr. and Meth. A*, 422, 164-168, 1999.
7. A. E. Bolotnikov, N. M. Abdul-Jabbar, S. Babalola *et al.*: Optimization of virtual Frisch-grid CdZnTe detector designs for imaging and spectroscopy of gamma rays, *SPIE*, 6706-02, 2007
8. K. H. Kim, A. E. Bolotnikov, G. S. Camarda *et al.*: New Approaches for Making Large-Volume and Uniform CdZnTe and CdMnTe Detectors: *IEEE Trans. Nucl. Sci.* 59(4), 1510, 2012

1. D. S. McGregor, Z. He, H. A. Seifert, D. K.

•Abstract

Fabrication of Virtual Frisch-Grid CdZnTe γ -Ray Detector

Chansun Park · Pilsu Kim · PyongKon Cho¹⁾ · Jonghak Choi · Jungmin Kim · KiHyun Kim

Department of Radiologic Science, Korea University

¹⁾*Department of Radiological Science, Catholic University of Daegu*

Large volume of $6 \times 6 \times 12 \text{ mm}^3$ CdZnTe γ -ray detector was fabricated with CdZnTe single crystals grown by Traveling Heater Method (THM) to evaluate the energy resolution of 662 keV in ^{137}Cs . Hole tailing effect which originated from the large mobility difference in electron and hole degrade energy resolution of radiation detector and its effects become more severe for a large volume detectors. Generally, single carrier collection technique is very useful method to remove/minimize hole tailing effect and thereby improvement in energy resolution. Virtual Frisch-grid technique is also one of single charge collection method through weighting potential engineering and it is very simple and easily applicable one. In this paper, we characterized CZT detector grown by THM and evaluated the effectiveness of virtual Frisch-grid technique for a high energy gamma-ray detector. The proper position and width of virtual Frisch-grid was determined from electric field simulation using ANSYS Maxwell ver. 14.0. Energy resolution of 2.2% was achieved for the 662 keV γ -peak of ^{137}Cs with virtual Frisch-grid CdZnTe detector.

Key Words : CdZnTe, virtual Frisch-grid, spectroscopy, X- and γ -ray detector