การเปรียบเทียบคุณสมบัติการแยกชัดพลังงานของผลึก BGO LYSO และ CsI(Tl) สำหรับวัดสเปกตรัมรังสีแกมมาที่พลังงาน 662 keV

Comparative Studies of Energy Resolution of BGO, LYSO and CsI(Tl) Crystals for Gamma Ray Detection at 662 keV

วุฒิชัย ไชยภักษา[1*], พฤฒิพล ลิ้มกิจเจริญภรณ์[1,2] และจักรพงษ์ แก้วขาว[1, 2]

[1]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[2]ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศทางแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[*]Chaipuksa_ch@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ได้ศึกษาคุณสมบัติด้านการแยกชัดพลังงานของผลึกซินทิลเลเตอร์ BGO, LYSO และ CsI(Tl) ขนาด 10 x 10 x 10 mm^3 โดยต่อกับหลอดทวีคูณแสงเบอร์ R1306 ทำการวัดในช่วงพลังงานรังสีแกมมา 662 keV พบว่าที่พลังงานรังสีแกมมา 662 keV จากต้นกำเนิดรังสี ^{137}Cs ผลึกซินทิลเลเตอร์ CsI(Tl) ให้ค่าการแยกชัดพลังงานที่ดีสุดที่ร้อยละ 7.13 ผลึกซินทิลเลเตอร์ LYSO ให้ค่าการแยกชัดพลังงานที่ 10.31 และผลึกซินทิลเลเตอร์ BGO ให้ค่าการแยกชัดพลังงานที่ 16.59 และพบว่าผลึกซินทิลเลเตอร์ LYSO ให้ค่าการนับวัดที่สูงที่สุด

คำสำคัญ: CsI(Tl), LYSO, BGO, การแยกชัดพลังงาน

Abstract

This research was investigated the scintillation response of BGO, LYSO and CsI(Tl) with the dimension 10 x 10 x 10 mm^3. The scintillator was compared for gamma energies at 662 keV using R1306 photomultiplier tube readout. The results show a very good energy resolution of 7.13% for CsI(Tl) crystal gives superior than 10.31% of LYSO and 16.59% of BGO crystals. From the number of counts values, LYSO crystal show very high count rate than CsI(Tl) and BGO crystals.

Keywords: CsI(Tl), LYSO, BGO, energy resolution

1. บทนำ

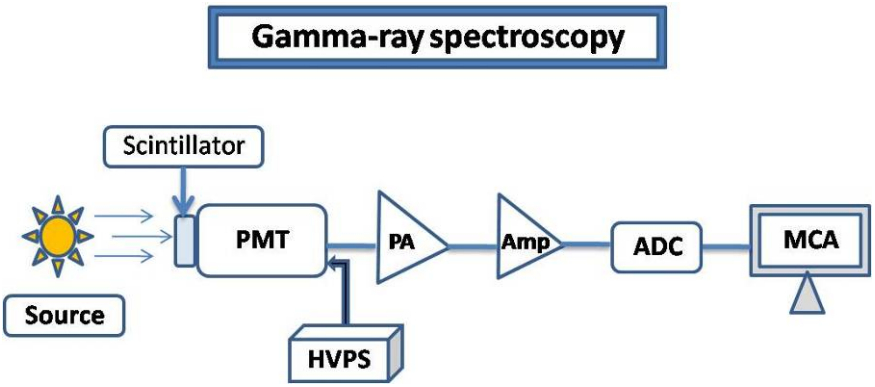
ซินทิลเลเตอร์ คือ วัสดุที่ใช้เป็นตัวทำให้เกิดกระบวนการเรืองแสง ที่เรียกว่า ซินทิลเลชัน (Scintillation) ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเมื่อโฟตอนที่มีพลังงานสูง (UV, X-rays, **γ**-rays) ตกกระทบสารแล้วสารนั้นเกิดการเปล่งแสงออกมาและเครื่องมือตรวจวัดที่ใช้หลักการนี้เรียกว่า เครื่องนับวัดรังสีแบบซินทิลเลชั่น (Scintillation Counter) เนื่องจากความเข้มแสงจากซินทิลเลชั่นมีค่าน้อยมาก จึงจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณก่อน โดยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการขยายแสงซินทิลเลชันได้แก่ หลอดทวีคูณแสง (Photomultiplier Tube;PMT) (ปนัดดา เคนมี, 2550) (Van Eijk C.W.E., 2001) ในปัจจุบันการใช้หัววัดซินทิลเลชัน (scintillation detector) วัดรังสี ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการตรวจวัดสเปกตรัมรังสีแกมมา ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในงานหลายด้าน ทั้งในด้านการแพทย์โดยนำมาประยุกต์ในการตรวจและติดตามการรักษาผู้ป่วยด้วยวิธีการทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ นอกจากนี้ยังได้ประยุกต์ใช้ใน ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ด้านอุตสาหกรรม ด้านเกษตรกรรม รวมไปถึงงานด้านธรณีวิทยา เป็นต้น

ในการนำหัววัดซินทิลเลชันมาใช้วัดรังสีแกมมานั้นนิยมใช้ผลึกซินทิลเลเตอร์ชนิดอนินทรีย์ (Inorganic Scintillator) ในปัจจุบันได้มีงานวิจัยมากมายที่เกี่ยวข้องกับการนำหัววัดซินทิลเลชันมาใช้วัดรังสีแกมมา โดยใช้ผลึกซินทิลเลเตอร์ชนิด อนินทรีย์ อาทิเช่น (Kimble T. et al., 2003), (Moszynski M. et al., 2002) และ (Dorenbos P. et al., 1995) ซึ่งการตรวจวัดปริมาณรังสีแกมมานั้นต้องเลือกใช้ผลึกให้มีความเหมาะสม ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาถึงคุณสมบัติต่าง ๆในการตรวจวัดปริมาณรังสีของตัวผลึกซินทิลเลเตอร์ เช่น ค่า Energy Resolution, Light yield, Emission Spectrum, Excitation Spectrum, Intrinsic Energy Resolution และ Decay Time เป็นต้น ดังนั้นเมื่อทราบถึงคุณสมบัติของผลึกเหล่านี้แล้วทำให้สามารถเลือกผลึกซินทิลเลเตอร์ที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานต่อไป (Wanarak C. et al., 2012)

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบสมบัติความสามารถด้านการแยกชัดพลังงาน (Energy Resolution) ของผลึกซินทิลเลเตอร์ BGO, LYSO และ CsI(Tl) ที่พลังงานรังสีแกมมา 662 keV

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ในการประกอบหัววัดรังสีของผลึกซินทิลเลเตอร์ BGO, LYSO และ CsI(Tl) ขนาด 10 x 10 x 10 mm^3 ผลิตโดยบริษัท Nuclear System Co., Ltd. นั้น เริ่มจากการนำผลึกซินทิลเลเตอร์มาเชื่อมต่อ (Coupling) กับหลอดทวีคูณแสงเบอร์ R1306 ผลิตโดยบริษัท Hamamatsu โดยใช้ Silicone Grease ในการเชื่อมต่อซึ่งจะต้องมีคุณสมบัติค่อนข้างหนืดเพื่อให้ผลึกซินทิลเลเตอร์และผิวหน้าของหลอดทวีคูณแสงสามารถยึดติดกันได้ หลังจากนั้นจึงหุ้มด้วยวัสดุเทปสีดำเพื่อป้องกันแสงจากภายนอก นำหัววัดต่อเข้ากับ Preamplifier (Model 2007B) ซึ่งจะส่งสัญญาณต่อไปที่ Amplifier (Model 2022) ผลิตโดยบริษัท Canberra สัญญาณจะถูกส่งไปทำการวิเคราะห์ประมวลผลใน Multichannel Analyzer โดยใช้โปรแกรม Gamma Acquisition & Analysis ต้นกำเนิดรังสีที่ใช้คือ ^{137}Cs มีช่วงพลังงาน 662 keV ดังรูปภาพที่ 1

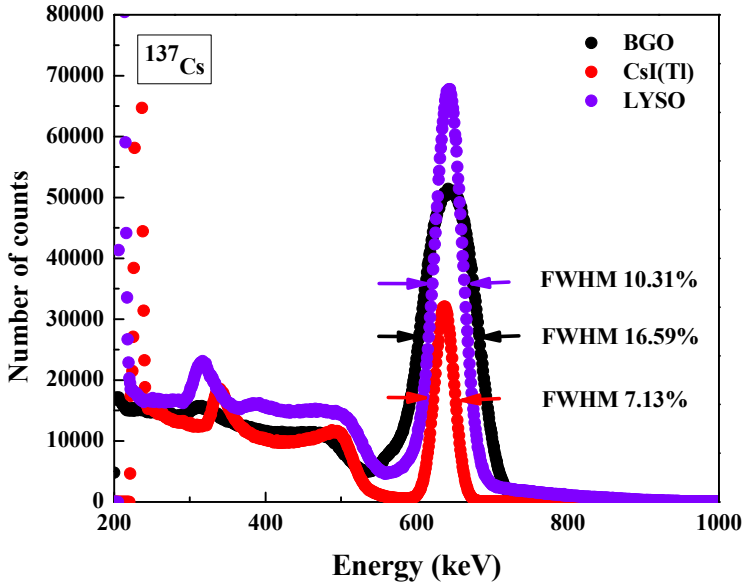


รูปภาพที่ 1 ระบบนับวัดรังสีแบบซินทิลเลชั่นสำหรับวัดสเปกตรัมรังสีแกมมา

3. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

ค่าแยกชัดพลังงานของผลึกซินทิลเลเตอร์ BGO, LYSO และ CsI(Tl)

การหาค่าแยกชัดพลังงานของผลึกซินทิลเลเตอร์ BGO, LYSO และ CsI(Tl) สำหรับพลังงานรังสีแกมมา พบว่าที่พลังงาน 662 keV จากต้นกำเนิดรังสี ^{137}Cs CsI(Tl) ให้ค่าการแยกชัดพลังงานที่ดีสุดที่ร้อยละ 7.13 ผลึกซินทิลเลเตอร์ LYSO ให้ค่าการแยกชัดพลังงานที่ 10.31 และผลึกซินทิลเลเตอร์ BGO ให้ค่าการแยกชัดพลังงานที่ 16.59



รูปภาพที่ 2 ค่า Energy spectra และค่าแยกชัดพลังงานของรังสีแกมมาที่มีพลังงาน 662 keV จาก ^{137}Cs

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติพื้นฐานต่าง ๆเช่น ความหนาแน่น ค่าเลขอะตอมยังผลและค่าแยกชัดพลังงานของผลึกซินทิลเลเตอร์ทั้ง 3 ชนิด

ตารางที่ 1 แสดงค่าความหนาแน่น ค่าเลขอะตอมยังผลและค่าแยกชัดพลังงานของผลึกซินทิลเลเตอร์ BGO, LYSO และ CsI(Tl)

Crystal	Density [g/cm^3]	Z_{eff}	$\Delta E / E$ [%]
CsI(Tl)	4.18	54	7.13
LYSO	7.15	65	10.31
BGO	7.11	74	16.59

4. สรุปผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ ได้ศึกษาการแยกชัดพลังงานในการวัดสเปกตรัมรังสีแกมมาของผลึกซินทิลเลเตอร์ BGO, LYSO และ CsI(Tl) โดยนำมาประกอบกับหลอดทวีคูณแสงเบอร์ R1306 จากผลการทดลองสามารถสรุปผลได้ดังนี้

จากรูปภาพที่ 2 ซึ่งแสดงค่าแยกชัดพลังงาน พบว่า ที่พลังงาน 662 keV จากต้นกำเนิดรังสี ^{137}Cs ผลึกซินทิลเลเตอร์ CsI(Tl) ให้ค่าการแยกชัดพลังงานที่ดีสุดที่ร้อยละ 7.13% และผลึกซินทิลเลเตอร์ LYSO จะมีค่าการนับวัด (Number of counts) ที่มากที่สุด

5. เอกสารอ้างอิง

ปนัดดา เคนมี. (2550). **การเปรียบเทียบผลึกซินทิลเลเตอร์ BGO และ LSO ในการวัดสเปกตรัมรังสีแกมมา**,วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชามาตรวิทยาทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Dorenbos, P., De Haas, J. T. M. & Van Eijk, C. W. E. (1995). "Non-Proportionality in the Scintillation response and the Energy Resolution obtainable with Scintillation Crystals", **IEEE Transactions on Nuclear Science**, Vol. 42, pp. 2190-2202.

Kimble, T., Chou, M. & Chai, B. H.T. (2003). "Scintillation Properties of LYSO Crystals", **Institute of Electrical and Electronics Engineers,** pp. 1434-1437.

Moszynski, M., Zalipska, J., Balcerzyk, M., Kapusta, M., Mengesha, W. & Valentine, J.D. (2002). "Intrinsic energy resolution of NaI(Tl)", **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A**, Vol. 484, pp. 259-269.

Van Eijk, C.W.E. (2001). "New inorganic scintillators aspects of energy resolution", **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A**, vol, 471. pp. 244-248.

Wanarak, C., Chewpraditkul, W. & Phunpueok, A. (2012). "Light yield non-proportionality and energy resolution of $Lu_{1.95}Y_{0.05}SiO_5$:Ce and Lu_2SiO_5:Ce scintillation crystals", **Procedia Engineering**, Vol. 32, pp. 765-771.