

# ค่าความสามารถในการแยกพีคพลังงานของผลึกซินทิลเลเตอร์ LaBr<sub>3</sub> (Ce) ที่ช่วงพลังงานรังสีแกมมาตั้งแต่ 356 – 1332 keV

## The Energy Resolution of LaBr<sub>3</sub> (Ce) Scintillator at a Variety of Gamma Ray Sources with Variable Energy in the Range 356 – 1332 keV

กิตติศักดิ์ ศรีวงศ์ษา<sup>1,3\*</sup>, พงศนิพล ลิ้มกิจเจริญภรณ์<sup>1</sup> และจักรพงษ์ แก้วขาว<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

<sup>2</sup>ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศ ทางแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

<sup>3</sup>โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร

\*SRIWONGSA\_K@su.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาคณสมบัติในการเรืองแสงแบบซินทิลเลชันของผลึกซินทิลเลเตอร์ LaBr<sub>3</sub> (Ce) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.40×10 ตารางมิลลิเมตร ทำการวัดในช่วงพลังงานรังสีแกมมาตั้งแต่ 356 – 1332 keV โดยใช้หลอดทวีคูณแสงเบอร์ R4607A – 27 จากการศึกษา พบว่าหัววัด LaBr<sub>3</sub> (Ce) ให้ค่าความสามารถในการแยกพีคพลังงาน (Energy Resolution) ที่ดีมาก สามารถแบ่งแยกความแตกต่างของพลังงานรังสีแกมมาได้ชัดเจน ค่าความสามารถในการแยกพีคพลังงานจะลดลงเมื่อพลังงานเพิ่มมากขึ้น และมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับส่วนกลับของรากที่สองของพลังงาน ( $\frac{1}{\sqrt{E}}$ )

**คำสำคัญ:** LaBr<sub>3</sub> (Ce), ความสามารถในการแยกพีคพลังงาน

### Abstract

*In this research, the scintillation of LaBr<sub>3</sub> (Ce) scintillator with the same size of diameter 25.40×10 mm<sup>2</sup> have been compared using R4607A – 27 photomultiplier tube (PMT) readout for photon energies ranging from 356 keV to 1332 keV. The study showed that LaBr<sub>3</sub> (Ce) detector has an excellent energy resolution because its ability to resolve small differences in the energy of incident gamma – rays. The energy resolution consumption is reduced when energy is increasing and the linearity of resolution with  $\frac{1}{\sqrt{E}}$*

**Keywords:** LaBr<sub>3</sub> (Ce), energy resolution

### 1. บทนำ

หนึ่งในเครื่องมือที่ดีที่สุดในการแสดงถึงข้อมูลต่าง ๆ จากการทดลองที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างนิวเคลียร์ คือ การใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์สเปกตรัมจากรังสีแกมมาที่ถูกปล่อยออกมา เนื่องจากการกลับจากสถานะโลตสู่สถานะปกติของนิวเคลียส หรือในปฏิกิริยานิวเคลียร์ (Szymanska et al., 2008) เพื่อความเข้าใจในกระบวนการนิวเคลียร์ต่าง ๆ ต้องใช้การสังเกตด้วยเครื่องมือที่มีความละเอียดสูง ค่าความสามารถในการแยกพีคพลังงาน (energy resolution) ที่ดี พร้อมกับประสิทธิภาพของเครื่องมือที่เหมาะสม การใช้เครื่องตรวจจับสเปกตรัมจะให้ผลข้อมูลทั้งด้านพลังงาน และความเข้มของรังสีที่ถูก

ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดรังสี หนึ่งในเครื่องตรวจสอบสเปกตรัมที่ใช้กันมาอย่างยาวนานและใช้กันมากที่สุด คือ เครื่องตรวจวัดแบบซินทิลเลชัน (Etim Inniobong Prosper et al., 2012)

ผลึกซินทิลเลชันนิยมนำมาใช้ในการตรวจสอบรังสีแกมมา หรือรังสีเอกซ์ (Knoll et al., 2000) ซึ่งซินทิลเลเตอร์คือวัสดุทั่วไปที่สามารถปล่อยพลังงานโฟตอนต่ำ ๆ (ในช่วงที่ตามองเห็น) ออกมาเมื่อวัสดุนี้ถูกชนโดยอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าพลังงานสูง เครื่องตรวจวัดแบบซินทิลเลเตอร์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ อินทรีรี่ และอนินทรีรี่ ประเภทของวัสดุที่จะนำมาใช้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เครื่องตรวจวัดแบบซินทิลเลเตอร์ที่ถูกนำมาใช้มากที่สุด คือ เครื่องตรวจวัดแบบซินทิลเลเตอร์ประเภทอนินทรีรี่ ส่วนใหญ่เป็นผลึกของโลหะอัลคาไลด์ โดยเฉพาะพวกโลหะอัลคาไลด์เฮไลด์ (alkali halide) และมีสารอื่นเจือปนอยู่เล็กน้อย เช่น NaI (TI) และ CsI (TI) ธาตุที่อยู่ในวงเล็บหมายถึงสารเจือปน

ในปัจจุบันได้นำธาตุซีเรียมมาเจือปนกับซินทิลเลเตอร์เฮไลด์ เช่น  $\text{LaCr}_3$  (Ce) และ  $\text{LaBr}_3$  (Ce) เพื่อพัฒนาให้เครื่องมือวัดแบบซินทิลเลเตอร์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง  $\text{LaBr}_3$  (Ce) มีคุณสมบัติที่โดดเด่นมาก เนื่องจากมีแสงที่ปล่อยออกมาสูง (ประมาณ 63,000 photons/MeV) ในเวลาการสลายตัวอย่างรวดเร็วเท่ากับ 16 ns (Van Loef et al., 2002) และมีค่าความสามารถในการแยกพีคพลังงานที่ต่ำมาก สำหรับการเลือกที่จะนำมาประยุกต์ใช้งาน โดยเฉพาะปัจจัยทางด้านความสามารถในการแยกพีคพลังงาน มีลักษณะโดดเด่นมากกว่าความหนาแน่น และสัมประสิทธิ์การลดทอน ในงานวิจัยนี้ใช้รังสีแกมมาในการตรวจสอบหาค่าความสามารถในการแยกพีคพลังงาน ของผลึกซินทิลเลเตอร์  $\text{LaBr}_3$  (Ce) กับหลอดทวิคูณแสงเบอร์ R4607A - 27

## 2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

**ทฤษฎีของความสามารถในการแยกพีคพลังงาน (energy resolution) จากเครื่องตรวจวัดแบบซินทิลเลเตอร์**

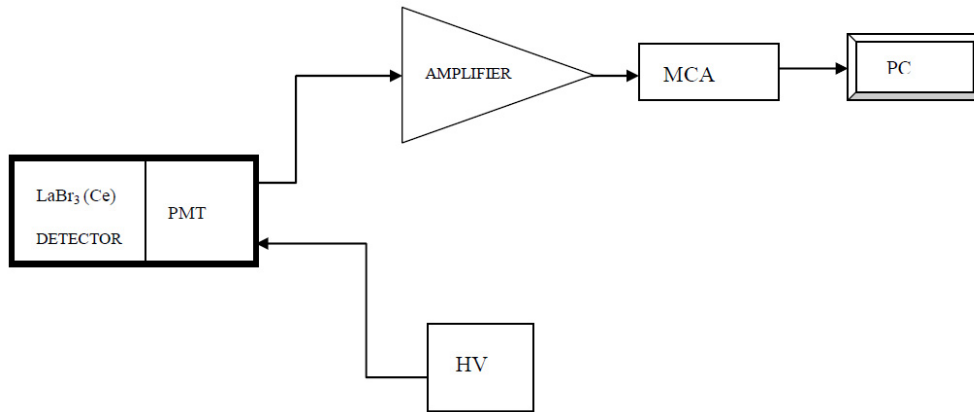
ความสามารถในการแยกพีคพลังงานจากเครื่องตรวจวัด เป็นตัวบ่งชี้ความสามารถในการแบ่งแยกความแตกต่างของพลังงานน้อย ๆ ในเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจากรังสีแกมมา นิยามได้ ดังนี้ (เฉลิม วนะรักษ์., 2549)

$$R = \frac{FWHM}{E_0} \times 100 \quad (4)$$

$R$  หมายถึง ความสามารถในการแยกพีคพลังงาน,  $FWHM$  หมายถึง ค่าความกว้างที่ความสูงครึ่งค่า, และ  $E_0$  หมายถึง พลังงานของรังสีแกมมาจากแหล่งกำเนิดรังสี

## 3. วิธีการทดลอง

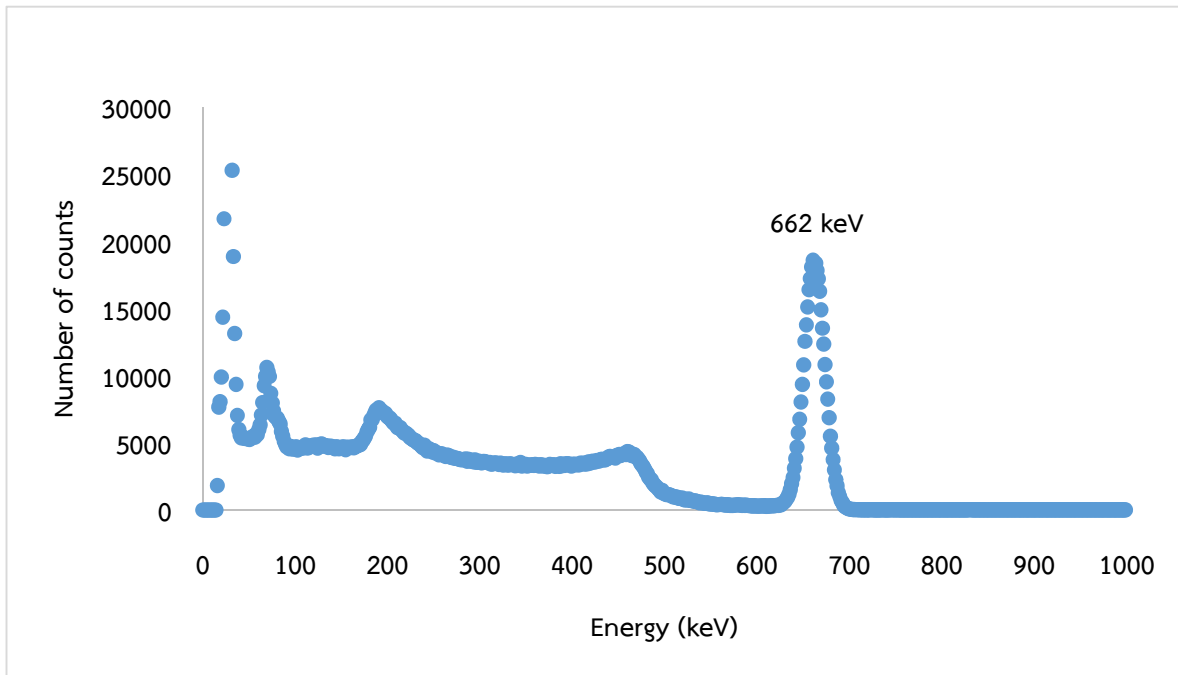
ในการศึกษาหาค่าความสามารถในการแยกพีคพลังงานในครั้งนี้ ใช้ผลึกซินทิลเลเตอร์  $\text{LaBr}_3$  (Ce) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง  $25.40 \times 10$  ตารางมิลลิเมตร คู่กับหลอดทวิคูณแสงเบอร์ R4607A - 27 แหล่งกำเนิดรังสีแกมมาที่ใช้ ได้แก่  $^{133}\text{Ba}$  (356 keV),  $^{22}\text{Na}$  (511, 1274 keV),  $^{137}\text{Cs}$  (662 keV) และ  $^{60}\text{Co}$  (1173, 1332 keV) โดยปรับค่าฟังก์ชัน Coarse gain = 300x, Fine gain = 0.35x, และ High Voltage = 800 โวลต์ และเชื่อมต่ออุปกรณ์ ดังรูปที่ 1



รูปภาพที่ 1 การจัดการทดลองเพื่อหาค่าความสามารถในการแยกพีคพลังงานของผลึกซินทิลเลเตอร์ LaBr<sub>3</sub> (Ce)

#### 4. ผลการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อนำค่าจำนวนของการนับ (Number of counts) กับพลังงาน 662 keV จาก <sup>137</sup>Cs มาเขียนกราฟ จะได้สเปกตรัมของรังสีแกมมาที่มีพลังงาน 662 keV จาก <sup>137</sup>Cs ในเวลา 1,000 วินาที วัดโดยใช้ผลึกซินทิลเลเตอร์ LaBr<sub>3</sub> (Ce) ดังรูปภาพที่ 2

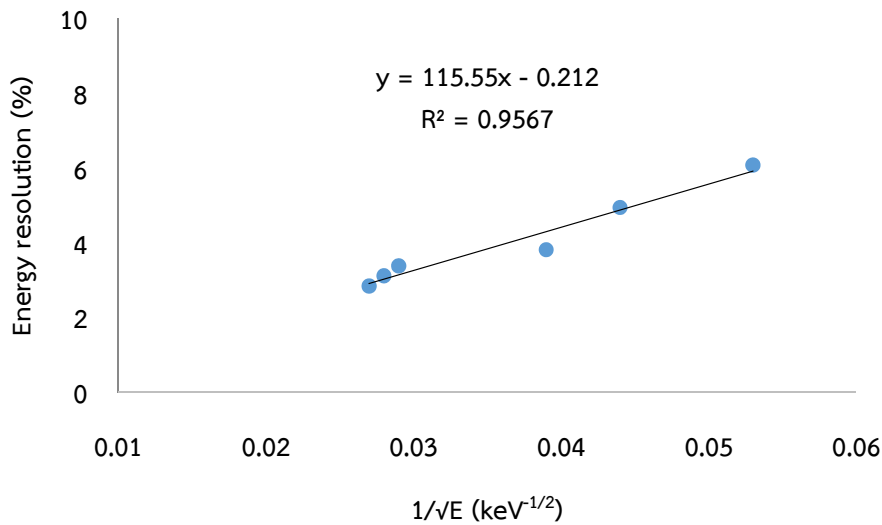


รูปภาพที่ 2 สเปกตรัมของรังสีแกมมาที่มีพลังงาน 662 keV จาก <sup>137</sup>Cs ที่วัดโดยใช้ผลึกซินทิลเลเตอร์ LaBr<sub>3</sub> (Ce)

ตารางที่ 1 ค่าความสามารถในการแยกพีคพลังงานของหัววัด LaBr<sub>3</sub> (Ce) จากแหล่งกำเนิดรังสี <sup>133</sup>Ba, <sup>22</sup>Na, <sup>137</sup>Cs และ <sup>60</sup>Co

Source	E (keV)	FWHM (keV)	R%
<sup>133</sup> Ba	356	21.62	6.07
<sup>22</sup> Na	511	25.23	4.94
<sup>137</sup> Cs	662	25.23	3.81
<sup>60</sup> Co	1173	39.65	3.38
<sup>22</sup> Na	1274	39.65	3.11
<sup>60</sup> Co	1332	37.84	2.84

จากตารางที่ 1 พบว่า พลังงานเพิ่มมากขึ้นค่าความสามารถในการแยกพีคพลังงานจะลดลง  
นำค่าที่ได้จากตารางที่ 1 มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการแยกพีคพลังงานกับส่วนกลับ  
ของรากที่สองของพลังงาน ( $\frac{1}{\sqrt{E}}$ ) ดังรูปภาพที่ 3



รูปภาพที่ 3 กราฟเชิงเส้นของความสามารถในการแยกพีคพลังงานกับ  $\frac{1}{\sqrt{E}}$

จากรูปภาพที่ 3 พบว่า ค่าความสามารถในการแยกพีคพลังงานกับส่วนกลับของรากที่สองของพลังงานมีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น

## 5. สรุปผลการทดลอง

จากตารางที่ 1 ซึ่งแสดงค่าความสามารถในการแยกพีคพลังงานของหัววัด LaBr<sub>3</sub> (Ce) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.40×10 ตารางมิลลิเมตร จากพลังงานจากแหล่งกำเนิดรังสี <sup>133</sup>Ba, <sup>22</sup>Na, <sup>137</sup>Cs และ <sup>60</sup>Co ในช่วงพลังงานรังสีแกมมาตั้งแต่ 356 – 1332 keV โดยใช้หลอดทวิคูณแสงเบอร์ R4607A – 27 พบว่า ผลึกซินทิลเลเตอร์ LaBr<sub>3</sub> (Ce) ให้ค่าความสามารถในการแยกพีคพลังงาน เป็น 6.07%, 4.94%, 3.81%, 3.38%, 3.11%, และ 2.84% ที่อุณหภูมิห้อง ตามลำดับ และพบว่า ค่าความสามารถในการแยกพีคพลังงานมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับส่วนกลับของรากที่สองของพลังงาน

## 6. เอกสารอ้างอิง

- เฉลิม วนะรักษ์. (2549). การเปรียบเทียบผลึกซินทิลเลเตอร์ CsI(Na), NaI(Tl) และ BGO ในการวัดสเปกตรัมรังสีแกมมา, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชามาตรวิทยาทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- Etim Inibong Prosper, Obu Joseph Abebe, and Ushie James Ogr. (2012). Characterisation of Cerium – Doped Lanthanum Bromide scintillation detector. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 2012 (6), 162 – 172.
- Knoll, G (2000). *Radiation Detection and Measurement*. (3rd Ed). John Wiley & sons Inc.
- Szymanska, K., Achenbach, P. and Agnello, M., Resolution. (2008). Efficiency and stability of HpGe detector operating in a magnetic field at various gamma-ray energies. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A*, 2008 (592), 486-492.
- Van Loef E. V. D., Dorenbos, P. and Kramer, K. W. (2002). Scintillation properties of LaBr<sub>3</sub>: Ce crystals: fast, efficient and high energy-resolution scintillator. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A*. 2002 (486), 254-258.