

การศึกษาค่า Build-up factor ของตะกั่วที่ช่วงพลังงานรังสีแกมมา 356 to 1332 keV The Study of Gamma Rays Build Up Factor for Lead at Energy Range 356 to 1332 keV

กนกวรรณ บุญเรือน^{1,i} ภาวินี บุญแต่ง^{1,i} สรียา สังวาลเดช^{1,t}
พฤทธิพล ลิ้มกิจเจริญภรณ์^{1,2} และ จักรพงษ์ แก้วขาว^{1,2}

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
²ศูนย์วิจัยแก้วและวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
ⁱsomsom.saylom@gmail.com, ⁱsweetsweet64@hotmail.com, ^tsangwandet@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาค่า Build up factor ของตะกั่วที่พลังงานรังสีแกมมา 356 – 1332 keV โดยใช้แหล่งกำเนิดรังสีแกมมา Ba-133, Na-22, Cs-137 และ Co-60 และใช้หัววัดรังสีซินทิเลชัน NaI(Tl) เป็นหัววัดรังสี Pb จากผลการทดลองที่ได้พบว่าค่าความเข้มของปริมาณรังสีแกมมาที่เกิดจากการดูดกลืนของตะกั่วและค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้น (μ) จะมีค่าลดลงแบบปริมาณเชิงเส้นเมื่อพลังงานรังสีแกมมาเพิ่มขึ้นนอกจากนี้ยังพบว่าค่า Build up factor ซึ่งได้จากอัตราส่วนระหว่าง Bad geometry และ Good geometry จะมีค่ามากขึ้นตามความหนาของแผ่นตะกั่วที่ใช้ในการทดลอง

คำสำคัญ: build up factor, หัวนับวัดรังสีซินทิเลชัน, ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้น

Abstract

In this study was investigated the gamma-ray build up factor of lead (Pb). The radioactive source of gamma-ray were used Ba-133, Na-22, Cs-137 and Co-60. The experiment have been using NaI(Tl) scintillation detector readout for gamma energy ranging from 356 – 1332 keV. The result found that the intensity of gamma ray(I) and linear attenuation coefficients (μ) decreases with increasing lead thickness. The result of build up factors which obtained from good geometry and bad geometry were found to be increases with increasing thickness of lead in experiment.

Keywords: build up factor, scintillation detector, linear attenuation coefficients

1. บทนำ

ในปัจจุบันได้มีการนำรังสีแกมมามาใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลาย เช่น การตรวจโรคทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ (Nuclear medicine), การตรวจสแกนกระดูก (Bone scan), การเกษตรกรรมและการศึกษาฟิสิกส์ขั้นสูง เป็นต้น แต่ในขณะเดียวกันก็มีความอันตรายสูงหากนำไปใช้ไม่ถูกวิธีและได้รับรังสีในปริมาณสูง (ทีมงานทฤษฎี, 2556) ในปัจจุบันได้มีการนำโลหะตะกั่วมาประยุกต์ใช้ในการกำบังรังสี ซึ่งโลหะตะกั่ว (Pb) มีคุณสมบัติเด่น คือ มีจุดหลอมเหลวต่ำ มีความหนาแน่นสูง 11.34 kg/cm^3 สามารถต้านทานการก่อก้อนได้ดี ถึงแม้ว่าตะกั่วจะมีความแข็งแรงอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, 2549) งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาค่า Build up factor ของตะกั่วโดยใช้แหล่งกำเนิดรังสีแกมมา Ba-133, Na-22, Cs-137 และ Co-60 ที่พลังงาน 356-1332 keV ซึ่งในการทดลองนี้ได้ใช้ความหนา

ของแผ่นตะกั่วที่มีความหนาตั้งแต่ 1.66-15.92 mm นอกจากนี้ยังได้ศึกษาสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้นและค่าความเข้มข้นของปริมาณรังสีแกมมาที่เกิดจากการดูดกลืนของตะกั่วอีกด้วย

2.ทฤษฎี

เมื่อรังสีแกมมาพุ่งผ่านสสารจะถูกดูดกลืน โดยอันตรกิริยาของรังสีแกมมากับอะตอมของวัสดุดูดกลืนโดยหลักใหญ่ คือ ผลของโฟโตอิเล็กทริกคอมป์ตันและผลิตผลคู่ส่งผลให้ความเข้มของรังสีลดลงตามระยะทางที่พุ่งผ่านวัสดุดูดกลืน การลดลงของพลังงานของรังสีแกมมาที่ตกกระทบจะอยู่ในรูปเอ็กซ์โพเนนเชียลดังระบุตามกฎของแลมเบิร์ต (Lambert's law)

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

โดยที่ I_0 คือ ความเข้มของรังสีแกมมาก่อนที่จะผ่านตัวกลาง

I_x คือ ความเข้มของรังสีแกมมาหลังผ่านตัวกลาง(วัช ชิตตระการ, 2541 : 130-131)

จากสมการที่ (1) จะได้

$$\ln \frac{I}{I_0} = -\mu x \quad (2)$$

เมื่อรังสีทะลุผ่านวัสดุดูดกลืนรังสีแล้ว รังสีจะเกิดการเคลื่อนที่ได้อีก 2 แบบ คือพุ่งผ่านวัสดุดูดกลืนเป็นเส้นตรงไปยังหัววัดรังสีซินทิเลชันกับเกิดการกระเจิงของรังสีหลายครั้งแล้วจึงเคลื่อนที่ไปยังหัววัดรังสีซินทิเลชัน จากการที่รังสีเกิดการกระเจิงหลายครั้งส่งผลให้ผลการทดลองมีข้อผิดพลาด ซึ่งสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดนั้นได้โดยใช้ Build up factor ดังสมการ

$$\text{Build up factor} = \frac{\text{Collided} + \text{Uncollided Intensity}}{\text{Uncollided Intensity}} \quad (3)$$

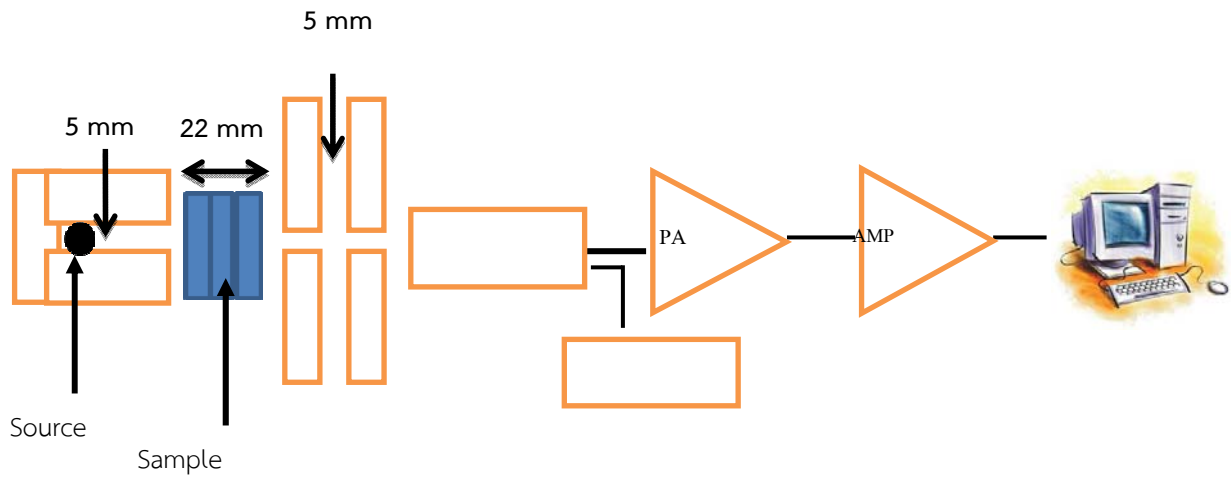
ค่า Build up factor ขึ้นอยู่กับต้นกำเนิดการแผ่รังสีแกมมา, ความหนาของวัสดุดูดกลืน, geometry และพลังงานของรังสีแกมมา ดังนั้น สามารถแสดงตามสมการ(Tsoufanidis N.,1983)

$$I = BI_0 e^{-\mu x} \quad (4)$$

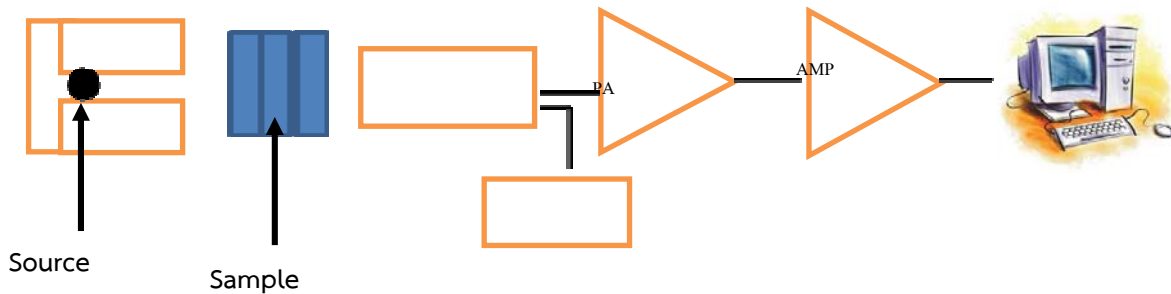
จากการทดลองค่า Build up factor จะหาได้จากอัตราส่วนระหว่าง Bad geometry และ Good geometry โดยวัดจากความหนาของวัสดุดูดกลืนรังสี(Limkitjaroenponnet al., 2014)

3.อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงาน

การจัดอุปกรณ์ในการทดลองหาค่า Build-up factor ของตะกั่วที่พลังงานรังสีแกมมาต่างๆ ซึ่งใช้ความหนาของแผ่นตะกั่วตั้งแต่ 1.66mm ถึง 15.92 mm โดยเริ่มจากการจัดแผ่นตะกั่วให้มีลักษณะและระยะห่างต่างๆดังในรูปภาพที่ 1 ซึ่งเป็นการวัดแบบ Good geometry และรูปภาพที่ 2 ซึ่งเป็นการวัดแบบ Bad geometry หลังจากนั้นเชื่อมต่อหัวนับวัดรังสีซินทิเลชัน NaI(Tl) ขนาด 10 x 10 x 10 mm³ ต่อเข้ากับ preamplifier (Model 2007B) ซึ่งจะส่งสัญญาณไปที่ amplifier (Model 2022) ผลิตโดย บริษัท Canberra หลังจากนั้นสัญญาณจะถูกส่งไปวิเคราะห์และประมวลผลใน Multichannel Analyzer โดยใช้โปรแกรม Gamma Acquisition & Analysis ซึ่งแหล่งกำเนิดรังสีแกมมาที่ใช้ในการทดลองได้แก่ ¹³³Ba, ²²Na, ¹³⁷Cs และ ⁶⁰Co โดยจะมีช่วงพลังงานตั้งแต่ 356 keV ถึง 1332 keV



รูปภาพที่ 1 การวัดแบบ Good geometry

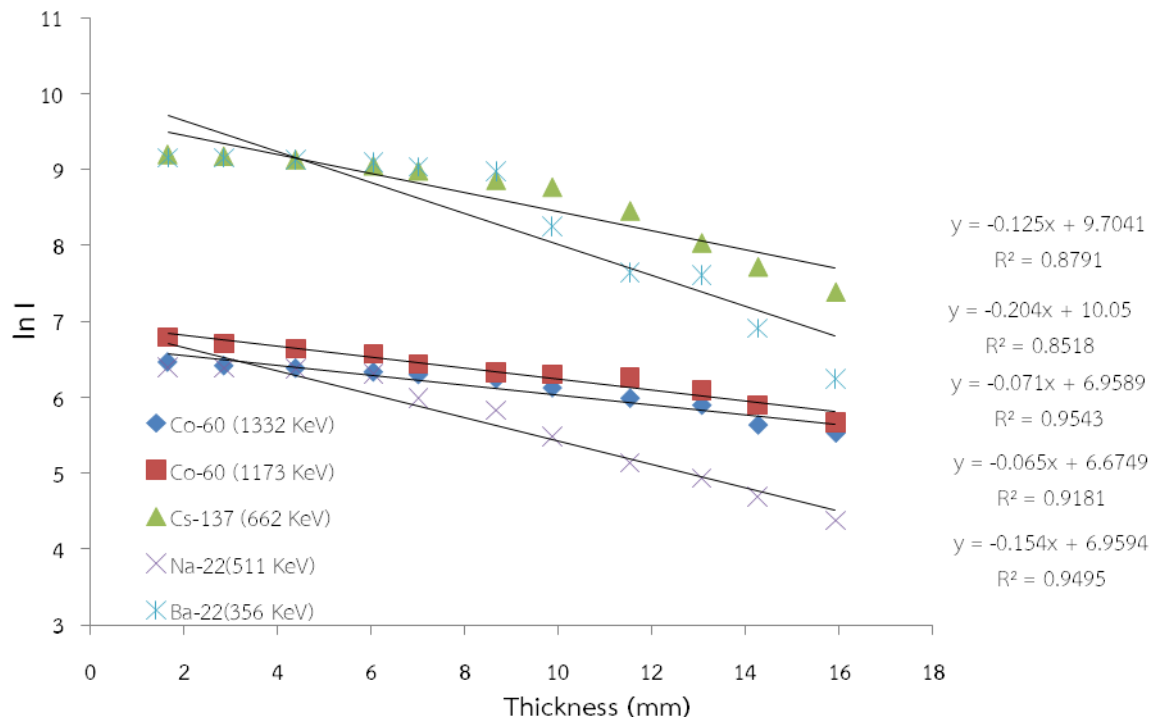


รูปภาพที่ 2 การวัดแบบ Bad geometry

วิธีการคำนวณหาค่า Build-up factor ของตะกั่วที่ระดับพลังงานรังสีแกมมาต่างๆ คำนวณได้จาก อัตราส่วนระหว่าง Bad geometry ต่อ Good geometry ดังสมการที่ 3

4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

ในการทดลองหาค่า Build-up factor ของตะกั่วที่ระดับพลังงานรังสีแกมมา 356 keV ถึง 1332 keV โดยใช้ความหนาของตะกั่วที่ 1.66 mm ถึง 15.92 mm ผลการทดลองพบว่าความเข้มข้นของปริมาณรังสีแกมมาที่เกิดการดูดกลืนของตะกั่ว(I) จะมีค่าลดลงแบบปริมาณเชิงเส้นเมื่อความหนาของตะกั่วเพิ่มขึ้น (วิทวัส เวงชัยยง, 2548) ดังแสดงในรูปภาพที่ 3



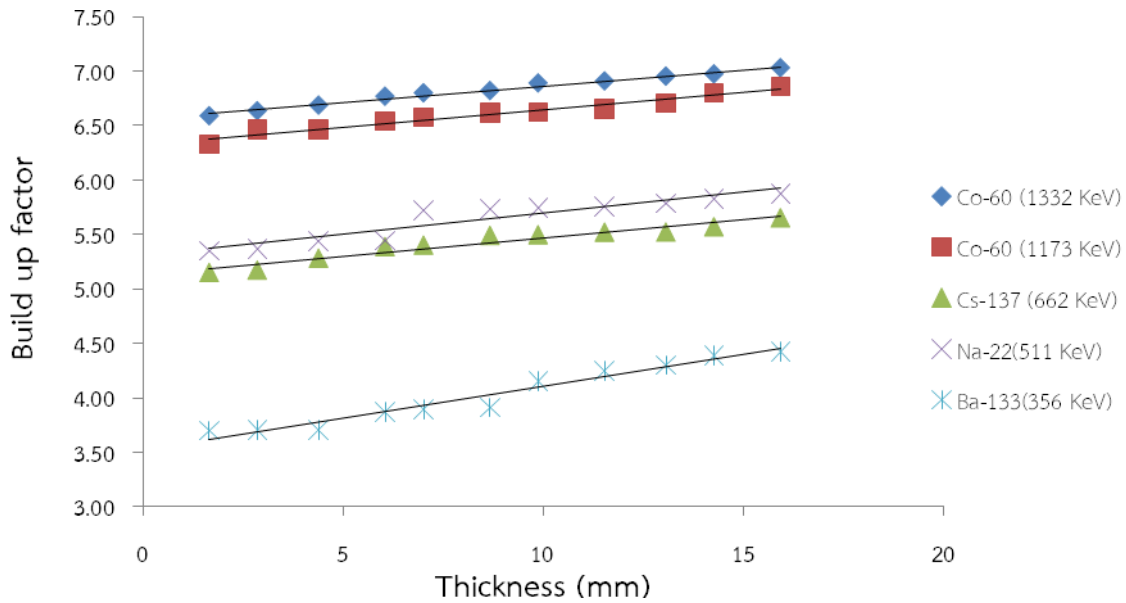
รูปภาพที่ 3 กราฟ ln I ที่ความหนาของตะกั่วต่างกันที่พลังงาน 356 keV ถึง 1332 keV

ตารางที่ 1 แสดงค่าการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้นของตะกั่ว พบว่าค่าการทดลองแบบ Good geometry มีค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้นลดลงเมื่อพลังงานรังสีแกมมาเพิ่มขึ้น โดยสอดคล้องกับค่าทางทฤษฎีซึ่งใช้โปรแกรม WinXCom ในการคำนวณ (บุบผา สุดใส และคณะ, 2555)

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้นของตะกั่วจากการวัดแบบ Good geometry และโปรแกรม WinXCom

Energy	μ (mm ⁻¹)	
	Good geometry	WinXCom
356	0.204	0.325
511	0.154	0.177
662	0.125	0.125
1173	0.071	0.070
1332	0.065	0.064

ในการทดลองหาค่า Build-up factor ของตะกั่วที่ระดับพลังงานรังสีแกมมา 356 keV ถึง 1332 keV ผลการทดลองพบว่า เมื่อความหนาของตะกั่วเพิ่มขึ้นจะทำให้ ค่า Build-up factor เพิ่มขึ้นในลักษณะเชิงเส้น โดยค่า build up factor เพิ่มขึ้นเมื่อความหนาเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากอันตรกิริยาที่เกิดขึ้นภายในอะตอมของตะกั่ว เมื่อความหนาของตะกั่วเพิ่มขึ้นนั่นก็คืออะตอมของตะกั่วเพิ่มขึ้นทำให้อันตรกิริยาภายในอะตอมของตะกั่วเกิดเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ค่า build up factor เพิ่มขึ้นด้วย



รูปภาพที่ 4 กราฟการเปลี่ยนแปลงค่า build up factor ของตะกั่วต่างกันที่พลังงาน 356 keV ถึง 1332 keV

5.สรุป

ในการทดลองนี้ พบว่าความหนาของตะกั่วมีผลต่อการลดและเพิ่มของค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้น และค่า build up factor โดยใช้ความหนาของตะกั่ว 1.66 mm ถึง 15.92 mm โดยใช้พลังงานรังสีแกมมา 356 ถึง 1332 keV ซึ่งเมื่อความหนาของตะกั่วเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงเส้นลดลงและพบว่าค่า build up factor มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาของตะกั่วเพิ่มขึ้นนอกจากนี้ค่าความเข้มข้นของปริมาณรังสีแกมมาที่เกิดจากการดูดกลืนของตะกั่วจะลดลงเมื่อพลังงานของรังสีแกมมาเพิ่มขึ้น

6.เอกสารอ้างอิง

- ธวัช ชิตตระการ.(2541). การตรวจและการวัดรังสี. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บุบผา สุดใส,ยงยุทธ ทองสุข. (2555). การศึกษาค่าเลขอะตอมยังผลของแร่ฟริไนท์. ปริญญาครุศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.
- วิทวัส เขวงชัยยง. (2548). การสร้างวัสดุป้องกันรังสี. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวัสดุศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2549). หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.(พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ครุสภาลาดพร้าว.
- Limkitjaroenporn P., Kaewkhao J., Boonruan K., Boontang P., Sungwandech S., (2014). The experimental gamma-ray build up factor of aluminum at energy range 356 to 1332 keV. Center of Excellence in Glass Technology and Materials Science (CEGM) NakhonPathomRajaphatUniversity.
- Tsoufanidis N. (1983). Measurement and detection of radiation. 1sted. New York: Hemisphere publishing.
- ทีมงานทฤษฎีปัญญา (2556). รังสีแกมมา. ค้นเมื่อ 30 มกราคม 2558 จาก http://www.trueplookpanya.com/new/cms_detail/knowledge/25436/.
- สมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย.(2547).รังสีในชีวิตประจำวัน.ค้นเมื่อ 22 มกราคม 2558 จาก <http://www.nst.or.th/article/article5101/article5101e.htm>