

การศึกษาอันตรกิริยาของโฟตอนในโลหะผสม Cu/Zn Study on Interaction of Photon to Alloys Cu/Zn

จุมพล ขอบขำ^{1*} พฤทธิพล ลิ้มกิจเจริญภรณ์¹ และ จักรพงษ์ แก้วขาว²

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

²ศูนย์วิจัยแห่งความเป็นเลิศ ทางแก้วและวัสดุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

*chumphon@thonburi-u.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาค่าทฤษฎีของอันตรกิริยาของโฟตอนในโลหะผสม Cu/Zn ใช้รังสีแกมมาในช่วงพลังงาน 356-1332 keV โดยใช้โปรแกรม WinXCom ในการคำนวณ ผลที่ได้พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลมีค่าลดลงเมื่อพลังงานรังสีแกมมาเพิ่มขึ้น ค่าโพโตอิเล็กทริกอินโคฮีเรนต์และโคฮีเรนต์มีค่าลดลงเมื่อพลังงานรังสีแกมมาเพิ่มขึ้น แต่พบว่าค่าการผลิตอิเล็กตรอนคู่มิแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่ช่วงพลังงานรังสีแกมมา 1173 keV ขึ้นไป นอกจากนี้ยังพบอันตรกิริยาหลักในค่าอินโคฮีเรนต์ตลอดช่วงพลังงาน 356-1332 keV

คำสำคัญ: อันตรกิริยา, โฟตอน, โลหะผสม Cu/Zn

Abstract

In this work, the mass attenuation coefficients, photoelectric Absorption, incoherent, coherent and pair production of the Cu/Zn alloy have been calculated with theoretically values of WinXcom program at 356-1332 keV gamma ray energies. The mass attenuation coefficients and partial interactions were decrease with increasing gamma ray energies but the trend of pair production was increase above 1173 keV. Moreover, the incoherent scattering interaction was found to be the main interaction process in this energy range of Cu/Zn.

Keywords: interaction, photon, alloys Cu/Zn

1. บทนำ

ในการศึกษาอันตรกิริยาของโฟตอนในสสารนั้น มีความสำคัญต่อการนำไปประยุกต์การใช้งานในด้านต่างๆ เช่น การประยุกต์ใช้งานด้านการแพทย์ โรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงการนำไปใช้งานในด้านกำลังรังสี ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวล ค่าเลขอะตอมยังผล และค่าความหนาแน่นของอิเล็กตรอนนั้นล้วนเป็นค่าพื้นฐานที่จะต้องทำการวัดก่อนนำวัสดุใดๆ ไปใช้งานกับรังสีเอกซ์หรือรังสีแกมมาเป็นต้น (Cevic, U., et al, 2005)

ค่าทางทฤษฎีของสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวล ค่าเลขอะตอมยังผล และค่าความหนาแน่นของอิเล็กตรอนนั้นได้ถูกคิดค้นพัฒนาโดย Hubbell และ Setzer (Hubbell, JH., Seltzer, SM., 1995) ซึ่งได้พัฒนาต่อให้คำนวณได้จากคอมพิวเตอร์ โดย Berger และ Hubbell เรียกโปรแกรมว่า Xcom ซึ่งสามารถหาค่าของสสารทั้งที่เป็นแบบธาตุ สารประกอบ และสารผสม ในช่วงพลังงาน 1 keV ถึง 100 GeV (<http://physics.nist.gov/xcom.html>) และไม่นานมานี้ Gerward ได้พัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปขึ้น โดยเรียกโปรแกรมว่า WinXcom (Gerward, L., et al, 2004)

ในปัจจุบันได้มีงานวิจัยมากมายที่เกี่ยวข้องกับสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวล Gowda et al. ได้ศึกษาค่าเลขอะตอมยังผล และค่าความหนาแน่นของอิเล็กตรอนของ amino acids ในช่วงพลังงาน 30-1333 keV (Gowda, S., et al, 2005)

El-Kateb et al. ได้ศึกษาภาคตัดขวางและเลขอะตอมยังผลของโลหะผสม (alloy) โดยเฉพาะทองเหลือง (Cu/Zn) ในอัตราส่วน 81.621%/18.379% เวทแฟรคชัน (El-Kateb AH., et al, 2000) ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวล เลขอะตอมยังผลและค่าความหนาแน่นของอิเล็กตรอน ของทองเหลือง ในช่วงพลังงาน 356-1332 keV โดยใช้โปรแกรม WinXcom

2. ทฤษฎี

ค่าทางทฤษฎีสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวล (μ_m)

ค่าทางทฤษฎีสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลของโลหะผสมสามารถคำนวณได้จากโปรแกรม WinXCom ตามความสัมพันธ์สมการ 1

$$\mu_m = \sum_i^n w_i (\mu_m)_i \quad (1)$$

เมื่อ $(\mu_m)_i$ เป็นสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลสำหรับแต่ละธาตุในโลหะผสม และ w_i เป็นเวทแฟรคชันของธาตุในโลหะผสม (Kaewkhao, J., et al, 2008)

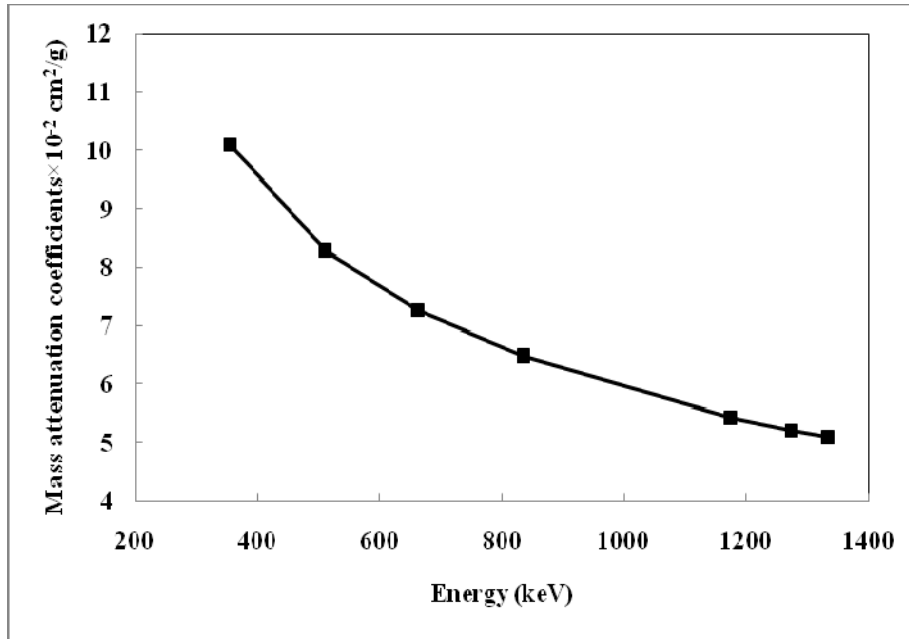
3. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

ตารางที่ 1 แสดงค่า สัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวล และ ค่า Partial interactions ของ Cu/Zn (65.53%/34.47 fractional weight)

Energy (keV)	$(\mu_m)_{th}$ ($\times 10^{-2} cm^2/g$)	photoelectric ($\times 10^{-2} cm^2/g$)	Incoherent ($\times 10^{-2} cm^2/g$)	Coherent ($\times 10^{-2} cm^2/g$)	Pair ($\times 10^{-2} cm^2/g$)
356	10.11	0.67	9.03	0.41	0.00
511	8.30	0.25	7.84	0.20	0.00
662	7.28	0.13	7.03	0.12	0.00
835	6.48	0.08	6.33	0.08	0.00
1173	5.45	0.04	5.37	0.04	2.99×10^{-3}
1274	5.22	0.03	5.15	0.03	1.03×10^{-3}
1332	5.11	0.03	5.03	0.03	1.65×10^{-3}

จากตารางที่ 1 ได้แสดงค่าทางทฤษฎีของค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลและค่าอัตราการเกิดอันตรกิริยาอื่น ๆ ของ Cu/Zn ที่ช่วงพลังงานรังสีแกมมา 356 keV – 1332 keV ซึ่งคำนวณได้จากโปรแกรม WinXcom โดยผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ El-Kateb et al.

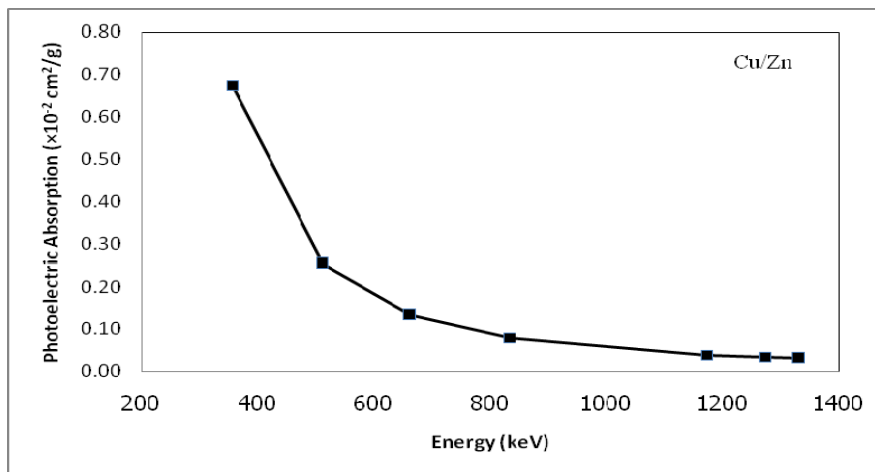
3.1 สัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวล



รูปภาพที่ 1 กราฟสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวล ช่วงพลังงานรังสีแกมมา 356 keV – 1332 keV

จากรูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลกับพลังงานรังสีแกมมา 356 keV – 1332 keV พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลมีค่าลดลงเมื่อพลังงานมีเพิ่มมากขึ้น

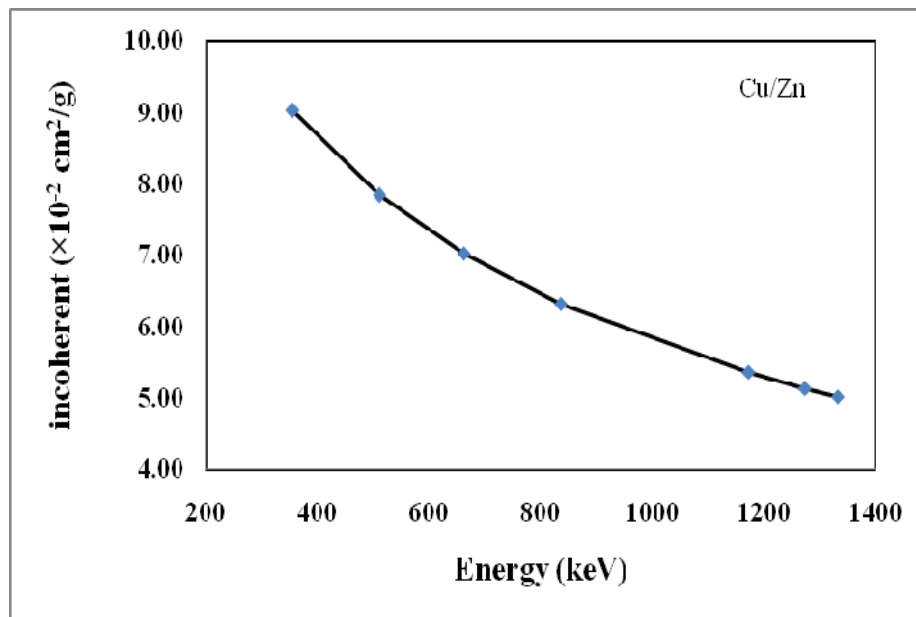
3.2 โฟโตอิเล็กตริก



รูปภาพที่ 2 กราฟควารโฟโตอิเล็กตริก ช่วงพลังงานรังสีแกมมา 356 keV – 1332 keV

จากภาพรูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโฟโตอิเล็กตริกกับพลังงานรังสีแกมมา 356 keV – 1332 keV พบว่าค่าโฟโตอิเล็กตริก มีค่าลดลงเมื่อพลังงานรังสีแกมมาเพิ่มมากขึ้นและพบว่าช่วงพลังงานรังสีแกมมา 1173 keV – 1332 keV จะเกิดค่าโฟโตอิเล็กตริกน้อยมากเมื่อเทียบกับช่วงพลังงานรังสีแกมมาต่ำๆ

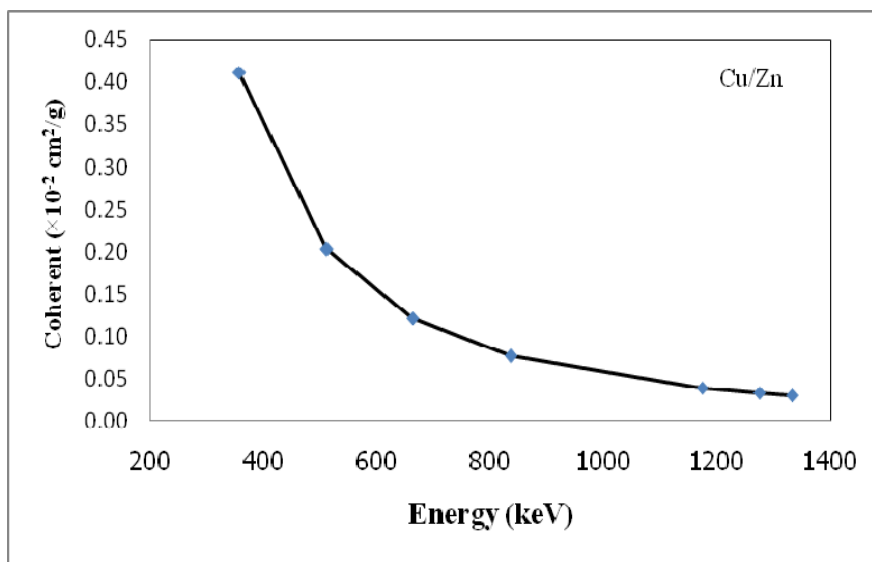
3.3 อินโคฮีเรนซ์



รูปภาพที่ 3 กราฟอินโคฮีเรนซ์ช่วงพลังงานรังสีแกมมา 356 keV – 1332 keV

จากรูปภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอินโคฮีเรนซ์กับพลังงานรังสีแกมมา 356 keV– 1332 keV พบว่าค่าอินโคฮีเรนซ์มีค่าลดลงเมื่อพลังงานรังสีแกมมามีค่าเพิ่มขึ้นนอกจากนี้ยังพบว่าค่าอินโคฮีเรนซ์เป็นอัตรากิริยาหลักที่เกิดขึ้นในวัสดุทองเหลือง

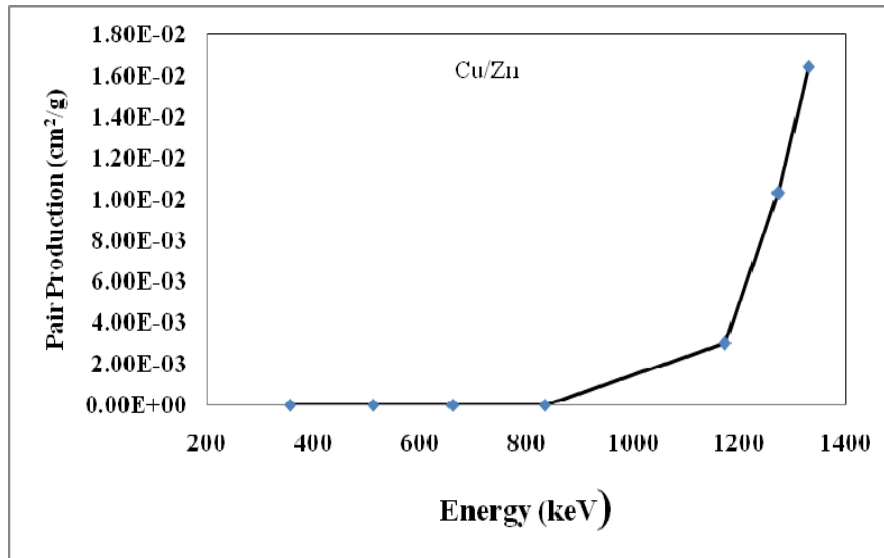
3.4 โคฮีเรนซ์



รูปภาพที่ 4 กราฟโคฮีเรนซ์ช่วงพลังงาน 356 keV – 1332 keV

จากรูปภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าโคฮีเรนซ์กับพลังงานรังสีแกมมา 356 keV– 1332 keV พบว่าค่าโคฮีเรนซ์มีค่าลดลงเมื่อพลังงานมีค่าเพิ่มขึ้น และจะพบว่าค่าโคฮีเรนซ์มีค่าน้อยมากในทุกช่วงพลังงาน

3.5 การผลิตอิเล็กตรอนคู่



รูปภาพที่ 5 กราฟการผลิตอิเล็กตรอนคู่ ช่วงพลังงาน 356 keV – 1332 keV

จากภาพรูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการผลิตอิเล็กตรอนคู่กับพลังงานรังสีแกมมา 356 keV – 1332 keV พบว่าค่าการผลิตอิเล็กตรอนคู่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่ช่วงพลังงานรังสีแกมมา 1173 keV ขึ้นไป

4. สรุปผล

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาค่าทางทฤษฎี สัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลและอัตรากิริยาอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นในทองเหลือง ในช่วงพลังงานรังสีแกมมา 356 keV – 1332 keV โดยใช้โปรแกรม WinXCom ในการคำนวณสามารถสรุปผลได้ดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลมีค่าลดลงเมื่อพลังงานรังสีแกมมาเพิ่มขึ้นและพบว่าแนวโน้มของค่าโพโตอิเล็กตริก อินโคอีเรนจ์และโคอีเรนจ์มีค่าลดลงเหมือนกัน แต่พบว่าการผลิตอิเล็กตรอนคู่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่ช่วงพลังงานรังสีแกมมา 1173 keV ขึ้นไป

5. เอกสารอ้างอิง

- Cevic, U., Baltus, H., Celik, S., Karaca, I., Kopya, AI. (2005). “Measurement of mass attenuation coefficient for YBaCuO superconductor at different energies”, **Superconductor Science & Technology**, Vol. 18, pp. 101–106.
- Hubbell, JH., Seltzer, SM. (1995), “Tables of X-ray mass attenuation coefficients from 1 keV to 20 MeV for elements Z =1–92”, **National Institute of Standards and Technology (IR) Report**, pp. 5632. WWW <http://physics.nist.gov/xcom.html>.
- Gerward, L., Guilbert, N., Jensen, KB., Levring, H. (2004). “WinXCom-a program for calculating X-ray attenuation coefficients”, **Rad Phys and Chem**, Vol. 71, pp. 653-654.
- Gowda, S., Krishnaveni, S., Gowda, R. (2005). “Studies on effective atomic numbers and electron densities in amino acids and sugars in the energy range 30–1333 keV”, **Nucl Instr and Meth B**, Vol. 239, pp. 361–369.
- El-Kateb, AH., Rizk, RAM., Abdul-Kader, AM. (2000). “Determination of atomic cross-sections and effective atomic numbers for some alloys”, **Annals of Nuclear Energy**, Vol. 27, pp. 1333–1343.