

**สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง**

**การวิเคราะห์และเปรียบเทียบหัวกระสุนสำหรับนิติวิทยาศาสตร์**



เลขที่.....  
เลขทะเบียน..... **81613**  
วัน,เดือน,ปี. **19 มิ.ย. 2551**

b. 11933537  
i. ....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์  
คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Bullet Analysis and comparison for Forensic science

Mr.Suwan Plaipichit  
Mr.Bunphot Sae-kow

เลขที่.....  
ลงทะเบียน.....  
วัน,เดือน,ปี.....

b.....
i.....

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Degree of  
Bachelor of Science  
Department of Applied Physics  
Faculty of Science  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Academic Year 2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง	การวิเคราะห์และเปรียบเทียบหัวกระสุนสำหรับนิติวิทยาศาสตร์
นักศึกษา	นายสุวรรณ พลายพิชิต นายบรรพต แซ่ไคว้ว
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์ – เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.จิติ หนูแก้ว
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	พ.ต.ท.กীরติ แปลกบรรจง พ.ต.ท.ศุภฤกษ์ อภรณ์รัตน์ นางสาวมัณฑิมา สายโสภา

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	รศ.ดร.วิญญู เพชรภา
กรรมการ	ดร.ปิติพร ถนอมงาม
กรรมการ	อ.พุฒิยาภรณ์ ทิววงศ์
กรรมการที่ปรึกษา	รศ.ดร.จิติ หนูแก้ว
กรรมการที่ปรึกษาร่วม	พ.ต.ท.กীরติ แปลกบรรจง
กรรมการที่ปรึกษาร่วม	พ.ต.ท.ศุภฤกษ์ อภรณ์รัตน์
กรรมการที่ปรึกษาร่วม	นางสาวมัณฑิมา สายโสภา

.....  
(รองศาสตราจารย์วิชาญ เดชิตธีระ)  
หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่ควรเผยแพร่  
โดยไม่ขออนุญาตจากอธิการบดี หรือผู้อำนวยการคณาจารย์ที่เกี่ยวข้อง  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง	การวิเคราะห์และเปรียบเทียบหัวกระสุนสำหรับนิติวิทยาศาสตร์
นักศึกษา	นายสุวรรณ พลายพิชิต นายบรรพต แซ่ไถ่
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สาขาวิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์-เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2550
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. จิติ หนูแก้ว
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	พ.ต.ท.กীরติ แปลกบรรจง พ.ต.ท.สุภฤกษ์ อภรณ์รัตน์ นางสาวมัจฉิมา สายโสภา

#### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันอาชญากรรมที่เกิดขึ้น ส่วนมากจะใช้อาวุธปืนในการก่อเหตุ โดยมีหลักฐานสำคัญในที่เกิดเหตุก็คือหัวกระสุนปืนและปลอกกระสุนปืน ซึ่งในทางกฎหมายนั้นหลักฐานจำเป็นจะต้องมีความเชื่อถือได้ ดังนั้นโครงการพิเศษนี้ จึงได้ทำการตรวจวัดหัวกระสุนปืนที่พบมากในประเทศไทยด้วยเครื่องวัดการเรืองรังสีเอ็กซ์เพื่อวิเคราะห์หาธาตุและใช้เครื่องวัดการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์เพื่อวิเคราะห์หาสารประกอบที่มีอยู่ในหัวกระสุน จากการศึกษาพบว่าไม่พบความแตกต่างในส่วนของเปลือกทองแดงที่ใช้หุ้มหัวกระสุนฟูลเมทอลเจ็ทแต่ละยี่ห้อ แต่พบความแตกต่างในส่วนของหัวกระสุนชนิดที่เป็นลูกตะกั่วล้วนกับส่วนที่เป็นตะกั่วของลูกกระสุนชนิดฟูลเมทอลเจ็ทแต่ยี่ห้อเดียวกันและต่างยี่ห้อกัน ซึ่งเราจะใช้ความแตกต่างของส่วนนี้ในการวิเคราะห์หัวกระสุนชนิดต่างๆเพื่อให้เกิดประโยชน์ในทางนิติวิทยาศาสตร์ต่อไป

<b>Special Project Title</b>	Bullet Analysis and comparison for Forensic science	
<b>Name</b>	Mr. Suwan	Plaipichit
	Mr. Bunphot	Sae-kow
<b>Department</b>	Applied Physics <b>Faculty of Science</b>	
<b>Program</b>	Applied Physics-Science and Industry Instrumentation	
<b>Academic Year</b>	2007	
<b>Special Project Advisor</b>	Assoc. Prof. Dr. Jiti	Nukeaw
<b>Co-Special Project Advisor</b>	Pol.Lt.Col.Keerate	Plaegbunchong
	Pol.Lt.Col.Subphareark	Arepornrat
	Miss.Matchima	Saysopa

### ABSTRACT

Nowadays, there are gun used involving violent crimes and most evidences occurred in the crime scenes are bullet and cartridges. By the law, all these evidences should be able to be proved and reliable. This academic special project studies the identification of bullets found in Thailand. The technique of X-ray Fluorescence and X-ray Diffraction are used to analyze elements that are composed in the bullets and to investigate its compounds, respectively. The experiment shows that there is not any difference in the components of various types of copper bullet jackets. There are varieties in components of each type of Lead Round Nose and Lead bullets with Full Metal Jacket, not only in the same brand bullet manufacturer but also difference brands bullet manufacturer. This academic project performs the analysis of chemical mixture and accumulates its database in order to be utilized in criminal investigation and forensic science.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องมาจากได้รับการสนับสนุน และคำแนะนำที่ดีจาก รศ.ดร.จิตติ หนูแก้ว ผู้ซึ่งให้คำแนะนำปรึกษาทางวิชาการด้วยดีตลอดมา พร้อมทั้งปลุกฝังสิ่งดีงามให้นักศึกษาทุกคนอย่างจริงใจ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัยควอนตัมและสารกึ่งตัวนำทางแสง(QOS Lab) และสถาบันนิติวิทยาศาสตร์ กระทรวงยุติธรรม กลุ่มงานตรวจสอบอาวุธปืนและวัตถุพยานทางฟิสิกส์ที่มีเครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ เพื่อให้นักศึกษาได้ใช้ในโครงการพิเศษนี้ รวมถึงผู้มีความรู้ในห้องปฏิบัติการนี้ด้วย ไม่ว่าจะเป็นพันตำรวจโท กิรติ แผลกบรรจง และพันตำรวจโทศุภฤกษ์ อภรณ์รัตน์ ที่คอยให้ความสะดวกในการทำโครงการ และให้คำปรึกษา พี่มัชฌิมา สายโสภาก (พี่มัช) ที่คอยให้คำแนะนำ และชี้แนะในเรื่องXRD พี่นภาพร ชี้อตระกูล (พี่นัม) ที่คอยดูแลในการทำโครงการ ขอขอบคุณนายอรณนพ จัทรหอม(พี่นพ) อ.เบญจพล ต้นฮู้(พี่เบญ) ดร.ศุภนิจ พรธีระภัทร(พี่หน่อง) อ.อภิชาติ สังทอง(พี่ชาติ) อ.ทศิยาภรณ์ ทิววงศ์(พี่โม) และอ.ปกรณ์ ประจวบวัน ที่คอยให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาด้วยดีมาโดยตลอด

สุดท้ายต้องขอขอบคุณบิดา มารดาที่คอยเป็นกำลังใจ ให้คำแนะนำและสนับสนุนในทุกด้าน ด้วยดีเสมอมา และเพื่อนๆชาวฟิสิกส์ประยุกต์ทุกคนที่เป็นกำลังใจ

นายสุวรรณ พลายพิชิต

นายบรรพต แซ่ไคว้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ประวัติความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ลูกกระสุนปืน	3
2.1.1 ชนิดของลูกกระสุนปืน	3
2.1.1.1 Full Metal Jacket : FMJ	3
2.1.1.2 Jacket Hollow Point : JHP	4
2.1.1.3 Lead Round Nose : LRN	4
2.1.1.4 Wad Cutter	4
2.1.1.5 Semi-Wad Cutter	5
2.1.1.6 Jacket Soft Point : JSP	5
2.1.1.7 กระสุนปืนที่มีลูก(หัว)กระสุนปืน แบบ Glaser Safty Slug	5
2.1.1.8 กระสุนปืนที่มีลูก(หัว)กระสุนปืนแบบ THVTrès Haute Vitesse	6
2.2 การเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffraction)	7
2.2.1 ทฤษฎีการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์	7
2.3 การเรืองรังสีเอ็กซ์ (X-ray fluorescence)	10
2.3.1 ทฤษฎีการเรืองรังสีเอ็กซ์	10
2.3.2 หลักการทำงานของเครื่องวัดการเรืองรังสีเอ็กซ์	11
บทที่ 3 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย	14
3.1 ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับหัวกระสุน	15

3.2 ศึกษาการทำงานของเครื่องมือที่ใช้วัดหัวกระสุน	16
3.2.1 เครื่องวัดการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ (x-ray diffractometer: XRD)	16
รุ่น D8 Discover with GADDS	
3.2.2 เครื่องวัดการเรืองรังสีเอ็กซ์ (x-ray fluorescence spectroscopy: XRFS) รุ่น Eagle III	17
3.2.2.1 ส่วนประกอบหลักของเครื่องวัดการเรืองรังสีเอ็กซ์	18
(x-ray fluorescence spectroscopy)	
3.2.2.2 หลักการทำงานของเครื่องวัดการเรืองรังสีเอ็กซ์	21
(x-ray fluorescence spectroscopy)	
3.3 ออกแบบการทดลอง	23
3.3.1 ตั้งสมมติฐาน	23
3.3.2 กำหนดตัวแปร	23
3.3.3 ทำการทดลอง	23
3.3.3.1 กระบวนการนำหัวกระสุนออกจากลูกกระสุน	23
3.3.3.2 กระบวนการผ่าหัวกระสุน	23
3.3.3.3 กระบวนการขัดผิวหัวกระสุน	23
3.3.3.4 การนำหัวกระสุนไปตรวจสอบด้วยเครื่องการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์	24
3.3.3.5 การนำหัวกระสุนไปตรวจสอบด้วยเครื่องวัดการเรืองรังสีเอ็กซ์	24
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล	26
4.1 กระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิดlead round nose (LRN) ยี่ห้อ Thai Arms	26
4.1.1 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย x-ray fluorescence spectroscopy: XRFS	26
4.1.2 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย x-ray diffractometer: XRD	26
4.2 กระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิดlead round nose (LRN) ยี่ห้อ Bullet Master	27
4.2.1 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย x-ray fluorescence spectroscopy: XRFS	27
4.2.2 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย x-ray diffractometer: XRD	27
4.3 กระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิดFull Metal Jacket ยี่ห้อ Bullet Master	28
4.3.1 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย x-ray fluorescence spectroscopy: XRFS	28
4.3.2 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย x-ray diffractometer: XRD	28
4.3.3 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นJacketด้วย	29
x-ray fluorescence spectroscopy: XRFS	
4.3.4 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นjacketด้วย	29
x-ray diffractometer: XRD	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4	กระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิดFull Metal Jacket ยี่ห้อ Seller&Bellot	30
4.4.1	การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย x-ray fluorescence spectroscopy: XRFS	30
4.4.2	การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย x-ray diffractometer: XRD	30
4.4.3	การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นJacketด้วย x-ray fluorescence spectroscopy: XRFS	31
4.4.4	การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นjacketด้วย x-ray diffractometer: XRD	31
4.5	กระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิดJacket hollow point ยี่ห้อ Seller&Bellot	32
4.5.1	การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย x-ray fluorescence spectroscopy: XRFS	32
4.5.2	การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย x-ray diffractometer: XRD	32
4.5.3	การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นJacketด้วย x-ray fluorescence spectroscopy: XRFS	33
4.5.4	การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นjacketด้วย x-ray diffractometer: XRD	33
4.6	กระสุนขนาด .38 หัวกระสุนชนิดlead round nose (LRN) ยี่ห้อ Bullet Master	34
4.6.1	การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย x-ray fluorescence spectroscopy: XRFS	34
4.6.2	การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย x-ray diffractometer:XRD	34
4.7	กระสุนขนาด .38 หัวกระสุนชนิดlead round nose (LRN) ยี่ห้อ Olympicarms	35
4.7.1	การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย x-ray fluorescence spectroscopy: XRFS	35
4.7.2	การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย x-ray diffractometer:XRD	35
4.8	กระสุนขนาด .38 หัวกระสุนชนิดFull metal jacket ยี่ห้อ Bulletmaster	36
4.8.1	การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย x-ray fluorescence spectroscopy: XRFS	36
4.8.2	การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย x-ray diffractometer:XRD	36
4.8.3	การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นJacketด้วย x-ray fluorescence spectroscopy: XRFS	37
4.8.4	การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นjacketด้วย x-ray diffractometer: XRD	37
4.9	กระสุนขนาด .45 หัวกระสุนชนิดFull metal jacket ยี่ห้อ Bulletmaster	38
4.9.1	การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย x-ray fluorescence spectroscopy: XRFS	38
4.9.2	การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย x-ray diffractometer:XRD	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9.3 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นJacketด้วย x-ray fluorescence spectroscopy: XRFS	39
4.9.4 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นjacketด้วย x-ray diffractometer: XRD	39
4.10 กระสุนขนาด .45 หัวกระสุนชนิดFull metal jacket ยี่ห้อ Americaneagle	40
4.10.1 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย x-ray fluorescence spectroscopy: XRFS	40
4.10.2 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย x-ray diffractometer: XRD	40
4.10.3 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นJacketด้วย x-ray fluorescence spectroscopy: XRFS	41
4.10.4 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นjacketด้วย x-ray diffractometer: XRD	41
4.11 กระสุนขนาด .357Magnum หัวกระสุนชนิดJacket soft point ยี่ห้อ Winchester	42
4.11.1 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย x-ray fluorescence spectroscopy: XRFS	42
4.11.2 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย x-ray diffractometer: XRD	42
4.11.3 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นJacketด้วย x-ray fluorescence spectroscopy: XRFS	43
4.11.4 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นjacketด้วย x-ray diffractometer: XRD	43
4.12 การเปรียบเทียบความแตกต่างของหัวกระสุนแต่ละชนิด	44
4.12.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของหัวกระสุนขนาด 9 mm โดยใช้เครื่อง XRFS	44
4.12.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของหัวกระสุนขนาด 9 mm โดยใช้เครื่อง XRD	45
4.12.3 เปรียบเทียบความแตกต่างของหัวกระสุนขนาด .38 โดยใช้เครื่อง XRFS	47
4.12.4 เปรียบเทียบความแตกต่างของหัวกระสุนขนาด .38 โดยใช้เครื่อง XRD	47
4.12.5 เปรียบเทียบความแตกต่างของหัวกระสุนขนาด .45 โดยใช้เครื่อง XRFS	49
4.12.6 เปรียบเทียบความแตกต่างของหัวกระสุนขนาด .45 โดยใช้เครื่อง XRD	49
4.12.7 เปรียบเทียบความแตกต่างของjacketของหัวกระสุนขนาดต่างๆ โดยใช้เครื่อง XRFS	51
4.12.8 เปรียบเทียบความแตกต่างของjacketของหัวกระสุนขนาดต่างๆ โดยใช้เครื่อง XRD	52
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	53
5.1 สรุปผลวิจัย	53
เอกสารอ้างอิง	54

เอกสารภาคผนวกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น 55  
 55 รศ.ดร.กัญญาพร นามวงศ์  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 หัวกระสุนชนิด Full Metal Jacket	3
รูปที่ 2.2 แสดงภาพตัดขวางของหัวกระสุน	3
รูปที่ 2.3 หัวกระสุน Ball	3
รูปที่ 2.4 หัวกระสุนชนิด Jacket Hollow Point	4
รูปที่ 2.5 หัวกระสุนชนิด Lead Round Nose	4
รูปที่ 2.6 หัวกระสุนชนิด Wad Cutter	4
รูปที่ 2.7 หัวกระสุนชนิด Semi-Wad Cutter	5
รูปที่ 2.8 หัวกระสุนชนิด Jacket Soft Point	5
รูปที่ 2.9 หัวกระสุนชนิด Glaser Safty Slug	5
รูปที่ 2.10 หัวกระสุนชนิด THVT <sup>r</sup> ès Haute Vitesse	6
รูปที่ 2.11 การตกกระทบและการสะท้อนของรังสีเอกซ์	8
รูปที่ 2.12 รูปแบบของการเลี้ยวเบน	8
รูปที่ 2.13 แสดงส่วนประกอบต่างของบัตรข้อมูล PDF	9
รูปที่ 2.14 กระบวนการเกิด photoelectron absorbtion	10
รูปที่ 2.15 การเรื่อรังสีเอ็กซ์	10
รูปที่ 2.16 ระบบ EDXRF	11
รูปที่ 2.17 ระบบ EDXRF	
(a) เมื่อใช้หลอดกำเนิดรังสีเอ็กซ์	12
(b) เมื่อใช้สารกัมมันตรังสีเป็นแหล่งกำเนิดรังสีเอ็กซ์	12
รูปที่ 2.18 สเปกตรัมของตัวอย่างเหล็กที่ได้จากการบันทึกด้วย EDXRF	13
สเปกโตรมิเตอร์มี Rh เป็นแอโนดในหลอดกำเนิดรังสีเอ็กซ์ (ตัวเลขในพีคมีหน่วยเป็น keV)	
รูปที่ 3.1 เครื่อง XRD รุ่น D8 Discover with GADDS	16
รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบภายในเครื่อง D8	17
รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบภายในเครื่อง D8	17
รูปที่ 3.4 เครื่อง XRF รุ่น Eagle III	17
รูปที่ 3.5 แสดงส่วนประกอบของ XRF	18
รูปที่ 3.6 หลอดเอ็กซ์เรย์(Micro-focus X-ray tube)	18
รูปที่ 3.7 ระบบกำหนดขนาดลำพลังงาน	19
รูปที่ 3.8 ระบบกำหนดขนาดลำพลังงาน	19

รูปที่ 3.9 ระบบกำหนดขนาดลำพลังงาน	19
รูปที่ 3.10 Rotary Pump	20
รูปที่ 3.11 แสดงระบบการทำงานของ XRF	21
รูปที่ 3.12 เครื่องขัดผิวหัวกระสุนปืน	24
รูปที่ 3.13 แท่นวางชิ้นงาน	24
รูปที่ 4.1 ผลการวัดจากเครื่องXRFSของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิด lead round nose (LRN) ยี่ห้อ Thai Arms	26
รูปที่ 4.2 ผลการวัดจากเครื่องXRDของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิด lead round nose (LRN) ยี่ห้อ Thai Arms	26
รูปที่ 4.3 ผลการวัดจากเครื่องXRFSของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิด lead round nose (LRN) ยี่ห้อ Bullet Master	27
รูปที่ 4.4 ผลการวัดจากเครื่องXRDของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิด lead round nose (LRN) ยี่ห้อ Bullet Master	27
รูปที่ 4.5 ผลการวัดจากเครื่องXRFSของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิด Full Metal Jacket ยี่ห้อ Bullet Master	28
รูปที่ 4.6 ผลการวัดจากเครื่องXRDของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิด Full Metal Jacket ยี่ห้อ Bullet Master	28
รูปที่ 4.7 ผลการวัดจากเครื่องXRFSของส่วนที่เป็นJacketของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิดFull Metal Jacket ยี่ห้อ Bullet Master	29
รูปที่ 4.8 ผลการวัดจากเครื่องXRDของส่วนที่เป็นJacketของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิดFull Metal Jacket ยี่ห้อ Bullet Master	29
รูปที่ 4.9 ผลการวัดจากเครื่องXRFSของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิด Full Metal Jacket ยี่ห้อ Seller&Belot	30
รูปที่ 4.10 ผลการวัดจากเครื่องXRDของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิด Full Metal Jacket ยี่ห้อ Seller&Belot	30
รูปที่ 4.11 ผลการวัดจากเครื่องXRFSของส่วนที่เป็นJacketของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิดFull Metal Jacket ยี่ห้อ Seller&Belot	31
รูปที่ 4.12 ผลการวัดจากเครื่องXRDของส่วนที่เป็นJacketของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิดFull Metal Jacket ยี่ห้อ Seller&Belot	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ใช้ประโยชน์ด้าน 32 รศ. 32  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Jacket hollow point ยี่ห้อ Seller&Bellot	
รูปที่ 4.14 ผลการวัดจากเครื่องXRDของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิด	32
Jacket hollow point ยี่ห้อ Seller&Bellot	
รูปที่ 4.15 ผลการวัดจากเครื่องXRFSของส่วนที่เป็นJacketของกระสุนขนาด 9 มม.	33
หัวกระสุนชนิดJacket hollow point ยี่ห้อ Seller&Bellot	
รูปที่ 4.16 ผลการวัดจากเครื่องXRDของส่วนที่เป็นJacketของกระสุนขนาด 9 มม.	33
หัวกระสุนชนิดJacket hollow point ยี่ห้อ Seller&Bellot	
รูปที่ 4.17 ผลการวัดจากเครื่องXRFSของกระสุนขนาด .38 หัวกระสุนชนิด	34
lead round nose (LRN) ยี่ห้อ Bullet Master	
รูปที่ 4.18 ผลการวัดจากเครื่องXRDของกระสุนขนาด .38 หัวกระสุนชนิด	34
lead round nose (LRN) ยี่ห้อ Bullet Master	
รูปที่ 4.19 ผลการวัดจากเครื่องXRFSของกระสุนขนาด .38 หัวกระสุนชนิด	35
lead round nose (LRN) ยี่ห้อ Olympicarms	
รูปที่ 4.20 ผลการวัดจากเครื่องXRDของกระสุนขนาด .38 หัวกระสุนชนิด	35
lead round nose (LRN) ยี่ห้อ Olympicarms	
รูปที่ 4.21 ผลการวัดจากเครื่องXRFSของกระสุนขนาด .38 หัวกระสุนชนิด	36
Full metal jacket ยี่ห้อ Bulletmaster	
รูปที่ 4.22 ผลการวัดจากเครื่องXRDของกระสุนขนาด .38 หัวกระสุนชนิด	36
Full metal jacket ยี่ห้อ Bulletmaster	
รูปที่ 4.23 ผลการวัดจากเครื่องXRFSของส่วนที่เป็นJacketของกระสุนขนาด .38	37
หัวกระสุนชนิดFull metal jacket ยี่ห้อ Bulletmaster	
รูปที่ 4.24 ผลการวัดจากเครื่องXRDของส่วนที่เป็นJacketของกระสุนขนาด .38	37
หัวกระสุนชนิดFull metal jacket ยี่ห้อ Bulletmaster	
รูปที่ 4.25 ผลการวัดจากเครื่องXRFSของกระสุนขนาด .45 หัวกระสุนชนิด	38
Full metal jacket ยี่ห้อ Bulletmaster	
รูปที่ 4.26 ผลการวัดจากเครื่องXRDของกระสุนขนาด .45 หัวกระสุนชนิด	38
Full metal jacket ยี่ห้อ Bulletmaster	
รูปที่ 4.27 ผลการวัดจากเครื่องXRFSของส่วนที่เป็นJacketของกระสุนขนาด .45	39
หัวกระสุนชนิดFull metal jacket ยี่ห้อ Bulletmaster	

เอกสารรูปที่ 4.28 ผลการวัดจากเครื่องXRDของส่วนที่เป็นJacketของกระสุนขนาด .45 ใช้ประโยชน์ด้าน 39  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หัวกระสุนชนิด Full metal jacket ยี่ห้อ Bulletmaster	
รูปที่ 4.29	ผลการวัดจากเครื่อง XRFs ของกระสุนขนาด .45 หัวกระสุนชนิด Full metal jacket ยี่ห้อ Americaneagle	40
รูปที่ 4.30	ผลการวัดจากเครื่อง XRD ของกระสุนขนาด .45 หัวกระสุนชนิด Full metal jacket ยี่ห้อ Americaneagle	40
รูปที่ 4.31	ผลการวัดจากเครื่อง XRFs ของส่วนที่เป็น Jacket ของกระสุนขนาด .45 หัวกระสุนชนิด Full metal jacket ยี่ห้อ Americaneagle	41
รูปที่ 4.32	ผลการวัดจากเครื่อง XRD ของส่วนที่เป็น Jacket ของกระสุนขนาด .45 หัวกระสุนชนิด Full metal jacket ยี่ห้อ Americaneagle	41
รูปที่ 4.33	ผลการวัดจากเครื่อง XRFs ของกระสุนขนาด .357 Magnum หัวกระสุนชนิด Jacket soft point ยี่ห้อ Winchester	42
รูปที่ 4.34	ผลการวัดจากเครื่อง XRD ของกระสุนขนาด .45 หัวกระสุนชนิด Jacket soft point ยี่ห้อ Winchester	42
รูปที่ 4.35	ผลการวัดจากเครื่อง XRFs ของส่วนที่เป็น Jacket ของกระสุนขนาด .357 Magnum หัวกระสุนชนิด Jacket soft point ยี่ห้อ Winchester	43
รูปที่ 4.36	ผลการวัดจากเครื่อง XRD ของส่วนที่เป็น Jacket ของกระสุนขนาด .45 หัวกระสุนชนิด Jacket soft point ยี่ห้อ Winchester	43
รูปที่ 4.37	กราฟเปรียบเทียบผลที่ได้จากเครื่อง XRFs ของหัวกระสุนขนาด 9 mm	44
รูปที่ 4.38	กราฟเปรียบเทียบผลที่ได้จากเครื่อง XRD ของหัวกระสุนขนาด 9 mm	45
รูปที่ 4.39	(ขยาย)กราฟเปรียบเทียบผลที่ได้จากเครื่อง XRD ของหัวกระสุนขนาด 9 mm	46
รูปที่ 4.40	กราฟเปรียบเทียบผลที่ได้จากเครื่อง XRFs ของหัวกระสุนขนาด .38	47
รูปที่ 4.41	กราฟเปรียบเทียบผลที่ได้จากเครื่อง XRD ของหัวกระสุนขนาด .38	48
รูปที่ 4.42	(ขยาย)กราฟเปรียบเทียบผลที่ได้จากเครื่อง XRD ของหัวกระสุนขนาด .38	48
รูปที่ 4.43	กราฟเปรียบเทียบผลที่ได้จากเครื่อง XRFs ของหัวกระสุนขนาด .45	49
รูปที่ 4.44	กราฟเปรียบเทียบผลที่ได้จากเครื่อง XRD ของหัวกระสุนขนาด .45	50
รูปที่ 4.45	กราฟเปรียบเทียบผลที่ได้จากเครื่อง XRD ของหัวกระสุนขนาด .45	50
รูปที่ 4.46	กราฟเปรียบเทียบผลที่ได้จากเครื่อง XRFs ของ jacket ของหัวกระสุนปืนทั้งหมด	51
รูปที่ 4.47	กราฟเปรียบเทียบผลที่ได้จากเครื่อง XRD ของ jacket ของหัวกระสุนปืนทั้งหมด	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 แสดง peak ที่พบที่มุมต่างๆ	45
ตารางที่ 2 แสดง peak ที่พบที่มุมต่างๆ	47
ตารางที่ 3 แสดง peak ที่พบที่มุมต่างๆ	49



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ประวัติความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ในปัจจุบันที่สื่อต่าง ๆ นำเสนอข่าวในรูปแบบต่าง ๆ นั้น ทุกครั้งที่ได้รับชมข่าวพบว่าจะต้องมีข่าวอาชญากรรมรวมอยู่ด้วยเสมอ ซึ่งเป็นการยืนยันว่าในปัจจุบันปัญหาอาชญากรรมมีการเพิ่มขึ้น รูปแบบการเกิดอาชญากรรมมีหลายรูปแบบด้วยกัน แต่รูปแบบที่พบบ่อยในปัจจุบันเป็นไปในลักษณะการใช้อาวุธปืนในการก่อคดี และยังพบว่า การสืบสวนสอบสวนในคดีลักษณะเช่นนี้พบว่าในขบวนการสืบสวนสอบสวนมีความยุ่งยากและใช้เวลาในการดำเนินการพอสมควร ในกรณีปกติคือเมื่อมีการใช้อาวุธปืนในการก่อคดีจะพบปลอกกระสุนปืนหรือหัวกระสุนปืนซึ่งเป็นวัตถุพยานที่จะใช้ในการสืบสวนคดีต่อไป โดยปลอกกระสุนจะบอกว่กระสุนเป็นกระสุนขนาดเท่าไรและยี่ห้ออะไร ส่วนหัวกระสุนจะบอกถึงชนิดของปืนและวิถีกระสุนได้ แต่สำหรับในกรณีของคดีที่ไม่พบปลอกกระสุนหรือหัวกระสุนในสถานที่เกิดเหตุ พบเพียงเศษหัวกระสุนหรือวัตถุพยานอื่นที่ไม่สามารถระบุรายละเอียดได้ ในกรณีเช่นนี้จะต้องมีการนำเศษหัวกระสุนหรือวัตถุพยานที่สามารถเก็บได้ในสถานที่เกิดเหตุไปตรวจพิสูจน์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ขั้นสูงเช่น เครื่อง X-ray diffraction , เครื่อง X-ray fluorescence เป็นต้น ซึ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือดังกล่าวต้องใช้เวลาในการดำเนินการพอสมควร ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นที่มาของการทำฐานข้อมูลของส่วนประกอบของกระสุนปืน ซึ่งประกอบด้วยฐานข้อมูลของหัวกระสุน , ดินปืนและการจำลองขนาดแผลและวิถีกระสุน ซึ่งงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาและทำฐานข้อมูลในส่วนของหัวกระสุนปืน

ลูกกระสุนปืนหรือหัวกระสุนปืนส่วนมากทำด้วยตะกั่ว,ทองแดง หุ้มตะกั่ว,ทองแดงแกนเหล็กสาเหตุที่ทำด้วยตะกั่วเพราะว่าตะกั่วมีความถ่วงจำเพาะสูงเมื่อทำเป็นลูกกระสุนปืนในขนาดเดียวกันจะมีน้ำหนักมากเมื่อวิ่งด้วยความเร็วเท่ากันจะให้แรงปะทะสูงกว่าโลหะอื่นแต่ราคาสูงกว่าจึงนำโลหะมาทดแทน

ดังนั้นจึงได้มีการนำเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์มาพิสูจน์หัวกระสุนต่างๆ และมีหลายวิธีที่จะหาข้อมูลมายืนยันว่าหัวกระสุนที่พบ ณ ที่เกิดเหตุเป็นหัวกระสุนที่มาจากกระบอกยิงของผู้ต้องสงสัย ได้แก่

- 1) ใช้SEMเพื่อวัดความลึกของร่องเกลียวในหัวกระสุนแล้วนำมาเปรียบเทียบกับความลึกของหัวกระสุนที่ได้จากการยิงปืนของผู้ต้องสงสัย
- 2) ใช้XRFเพื่อดูว่าหัวกระสุนที่พบนั้นมีธาตุอะไรประกอบอยู่บ้างและมีอัตราส่วนเท่าไร
- 3) ใช้XRDเพื่อตรวจสอบสารประกอบที่มีอยู่ในหัวกระสุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งวิธีที่ 2,3 นี้สามารถใช้เก็บข้อมูลของหัวกระสุนแต่ละซี่ห่อ ชนิด ขนาด แล้วนำมาใช้เป็นฐานข้อมูล เพื่อใช้เปรียบเทียบกับหัวกระสุนที่พบในที่เกิดเหตุ

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาอาวุธปืนต่างๆว่ามีอะไรบ้าง เป็นอย่างไร
- 2) เพื่อศึกษาการวิเคราะห์หัวกระสุนหลายๆชนิดในทางนิติวิทยาศาสตร์
- 3) เพื่อทำการเปรียบเทียบหัวกระสุนหลายๆชนิดในทางนิติวิทยาศาสตร์

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษา วิเคราะห์และเปรียบเทียบหัวกระสุนปืน โดยการนำหัวกระสุนปืนหลายๆชนิด หลายซี่ห้อมาวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือต่างๆ เช่น XRD XRF เป็นต้น แล้วนำผลที่ได้มาเป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบกันของหัวกระสุนชนิดต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

- 1) มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องของอาวุธปืนและหัวกระสุน
- 2) มีความรู้ความเข้าใจในการใช้เครื่องมือต่างๆในการนำมาวิเคราะห์หัวกระสุน
- 3) มีความสามารถในการวัดและวิเคราะห์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบ
- 4) มีความสามารถในการนำหัวกระสุนมาเปรียบเทียบชนิด ซี่ห่อ เพื่อนำไปใช้ในทางนิติวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1 ลูกกระสุนปืน

ลูกกระสุนปืน หรือ หัวกระสุนปืน ส่วนมากทำด้วยตะกั่ว, ทองแดงหุ้มตะกั่ว, ทองแดงแกน เหล็กสาเหตุที่ทำด้วยตะกั่วเพราะว่าตะกั่วมีความถ่วงจำเพาะสูงเมื่อทำเป็นลูกกระสุนปืนในขนาดเดียวกันจะมีน้ำหนักมากกว่า เมื่อวิ่งด้วยความเร็วเท่ากันจะให้แรงปะทะสูงกว่าโลหะอื่น แต่ราคาสูงกว่า จึงนำโลหะมาทดแทน

##### 2.1.1 ชนิดของลูกกระสุนปืน

2.1.1.1 Full Metal Jacket : FMJ คือกระสุนที่มีโลหะแข็งเป็นเปลือกหุ้มอยู่ ซึ่งส่วนมากเปลือกจะทำด้วยทองแดง ทองเหลือง อะลูมิเนียม หรือเหล็กชุบทองแดง ส่วนแกนกลางจะทำด้วยเหล็กหรือตะกั่ว เมื่อถูกเป้าหมายแล้วหัวจะยังคงสภาพเดิมอยู่ มีอำนาจในการทะลุทะลวงสูง แสดงดังรูปที่ 2.1 และรูปที่ 2.2 แสดงภาพตัดขวางของหัวกระสุน ซึ่งกระสุนปืนพาณิชย์จะเรียก FULL METAL JACKET (FMJ) ส่วนกระสุนทางการทหารจะเรียก ว่า BALL ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.1 หัวกระสุนชนิด Full Metal Jacket



รูปที่ 2.2 แสดงภาพตัดขวางของหัวกระสุน



รูปที่ 2.3 หัวกระสุน Ball

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.1.2 Jacket Hollow Point : JHP** คือหัวกระสุนที่คล้ายกับ Full Metal Jacket แต่จะแตกต่างที่หัวกระสุนชนิดนี้จะมีรูอยู่ที่หัว ซึ่งเมื่อถูกเป้าหมายแล้วจะไม่ทะลุทะลวง แต่จะฝังอยู่กับเป้าหมาย(หัวจะบานหรือเรียกว่าระเบิด) และทำอันตรายต่อเนื้อเยื่อมนุษย์ได้รุนแรงกว่ากระสุนที่หุ้มมน ภาพของ Jacket Hollow Point แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 หัวกระสุนชนิด Jacket Hollow Point

**2.1.1.3 Lead Round Nose : LRN** คือหัวกระสุนที่ทำด้วยตะกั่วทั้งลูก แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 หัวกระสุนชนิด Lead Round Nose

**2.1.1.4 Wad Cutter** คือหัวกระสุนที่ทำด้วยตะกั่วเหมือน Lead Round Nose แต่จะต่างกันที่ลักษณะของหัว Wad Cutter จะตัดหัวจนเรียบ เป็นกระสุนที่ใช้สำหรับซ้อมยิง หรือใช้ในการแข่งขัน เพราะจะง่ายต่อการนับคะแนน หัวกระสุน Wad Cutter แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 หัวกระสุนชนิด Wad Cutter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต่อจากนี้ไปถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.5 Semi-Wad Cutter จะคล้ายๆกับ Wad Cutter แต่จะต่างตรงที่ Semi-Wad Cutter จะไม่ตัดหัวจนเรียบ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.7



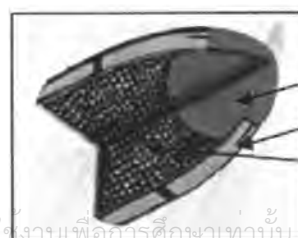
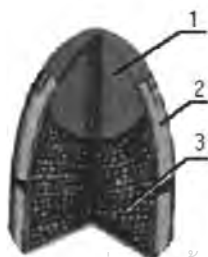
รูปที่ 2.7 หัวกระสุนชนิด Semi-Wad Cutter

2.1.1.6 Jacket Soft Point : JSP คือหัวกระสุนที่หุ้มด้วยโลหะแข็ง เช่นทองแดง แกนกลางเป็นตะกั่ว แต่จะไม่หุ้มด้วยทองแดงทั้งหมด จะเหลือส่วนปลายที่ออกมาเป็นตะกั่ว แสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 หัวกระสุนชนิด Jacket Soft Point

2.1.1.7 กระสุนปืนที่มีลูก(หัว)กระสุนปืน แบบ Glaser Safty Slug ดังแสดงในรูปที่ 2.9 เป็นกระสุนปืนที่ภายในหัวกระสุนบรรจุเม็ดตะกั่วเล็กๆจำนวนมากภายในเปลือกทองแดงบางๆเมื่อกระทบจะแตกออกเป็นลูกปราชกระຈาย เพื่อสร้างความยับยั้งให้แก่บาดแผล

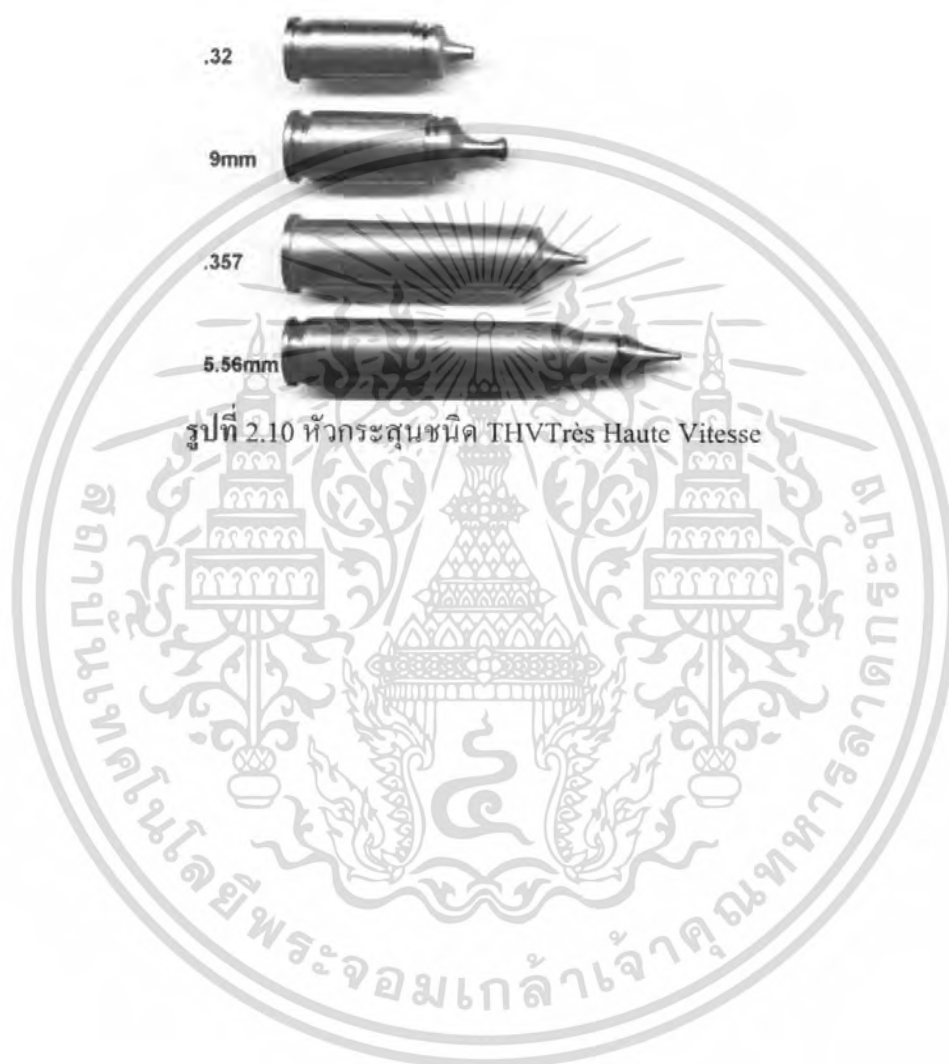


เม็ดพลาสติก  
เปลือกทองแดงบางๆ  
เม็ดตะกั่วเล็กๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้เผยแพร่ลงสื่อที่แสดงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.9 หัวกระสุนชนิด Glaser Safty Slug

2.1.1.8 กระสุนปืนที่มีลูก(หัว)กระสุนปืนแบบ THVTrès Haute Vitesse เป็นกระสุนปืนที่หัวกระสุนปืนมีความเร็วสูง ดังแสดงในรูปที่ 2.10



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 การเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ (X-Ray Diffraction)

### 2.2.1 ทฤษฎีการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์

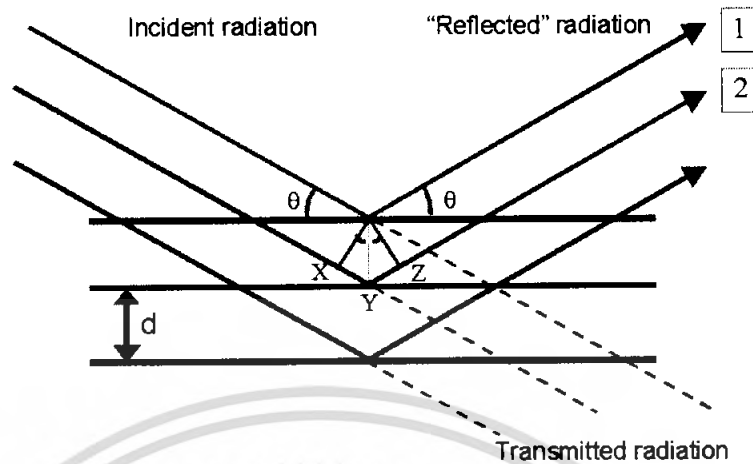
การเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์(X-ray diffraction)จะอาศัยหลักการของแสงที่แสดงคุณสมบัติเป็นคลื่น(wave)การศึกษาโครงสร้างผลึกจากการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ใช้วิธี $\theta$ - $2\theta$  ดิฟแฟรกโทมิเตอร์ ( $\theta$ - $2\theta$  Diffractometer Method) เทคนิคนี้ใช้รังสีเอ็กซ์ความยาวคลื่นเดียว (ความยาวคลื่น 0.1542 nm) ตกกระทบตัวอย่าง ซึ่งอาจเป็นผลึกเดี่ยวหรือวัสดุหลายผลึกก็ได้ ซึ่งตัวอย่างจะหมุนไปเป็นมุม  $\theta$  ในขณะที่อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณรังสีเอ็กซ์ (X-ray detector) จะเคลื่อนที่ไปเป็นมุม  $2\theta$  เพื่อให้การเลี้ยวเบนสอดคล้องกับกฎของแบรกก์

#### Bragg's Law

ในปี พ.ศ. 2455 (ค.ศ. 1912) W.H. Bragg และ W.L. Bragg ได้เสนอแนวคิดที่ว่า เราสามารถมองว่าผลึกจัดเรียงตัวเป็นชั้น(layer) หรือ ระนาบ( plane ) ของอะตอมซึ่งสามารถสะท้อนคลื่นที่ตกกระทบโดยมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ทั้งนี้ลำคลื่นที่สะท้อนออกไปจากระนาบต่างๆ ดังกล่าวจะมีความเข้มสูง ถ้าหากความแตกต่างระหว่างระยะเดินทาง(path-difference)ของคลื่นที่สะท้อนจากระนาบที่อยู่ข้างเคียง จะมีค่าเป็นจำนวนเท่าของความยาวคลื่นที่ตกกระทบ ดังสมการ

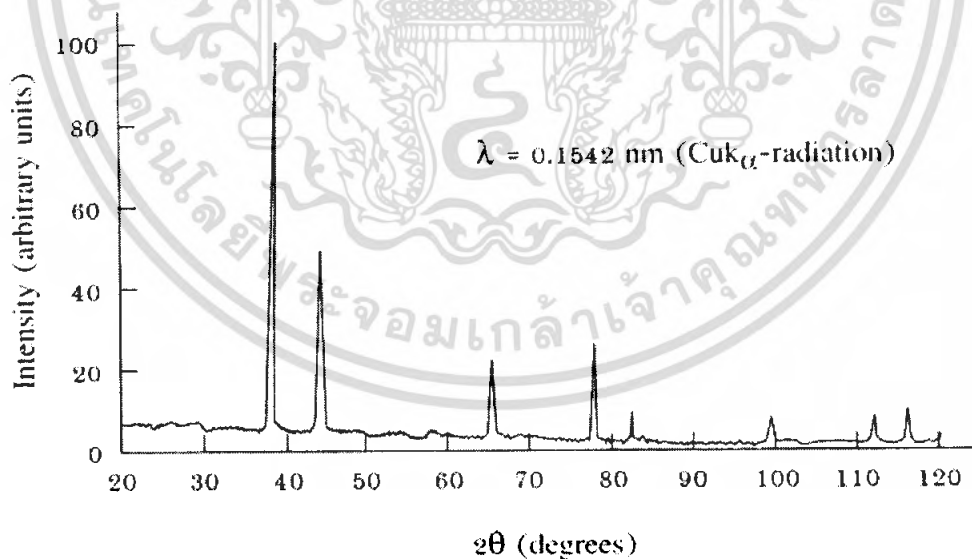
$$2 d_{hkl} \sin \theta = n \lambda$$

เมื่อ	$d_{hkl}$	คือ ระยะระหว่างระนาบ
	$\theta$	คือ มุมสะท้อนจากระนาบแบรกก์ของรังสีเอ็กซ์ซึ่งจะเท่ากับมุมตกกระทบ
	$n$	คือ อันดับการเลี้ยวเบน มีค่าตั้งแต่ 1,2,3,...
	$\lambda$	คือ ความยาวคลื่น



รูปที่ 2.11 การตกกระทบและการสะท้อนของรังสีเอกซ์

ระนาบต่างๆของผลึกไม่ได้ก่อให้เกิดการสะท้อนเสมอไป ระนาบใดที่รังสีเอกซ์ตกกระทบแล้วกระเจิงออกมาอย่างสอดคล้องกับกฎของแบรกก์ เรียกว่าระนาบแบรกก์ (Bragg plane) และมุมที่รังสีสะท้อนทำกับแนวที่ขนานกับรังสีตกกระทบเรียกว่ามุมเลี้ยวเบน (diffraction angle) ซึ่งมีค่าเป็นสองเท่าของมุมสะท้อน แสดงการตกกระทบและการสะท้อนของรังสีเอกซ์ ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.12 รูปแบบของการเลี้ยวเบน

รูปที่ 2.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของรังสีเอกซ์และมุมเลี้ยวเบน เรียกว่า รูปแบบของการเลี้ยวเบน (Diffraction pattern) ซึ่งสำหรับธาตุหรือสารประกอบต่างชนิดกันก็จะมี Diffraction pattern เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างของผลึกได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ยังใช้ในการศึกษาสมบัติทางกายภาพของวัสดุอีกด้วย ไม่ว่าจะเป็นการวัดค่าของมุมเลี้ยวเบน หรือการวัดค่าของระยะห่างระหว่างระนาบของผลึก ซึ่งการวัดค่าเหล่านี้สามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า X-ray diffractometer (XRD) ซึ่งในปัจจุบันมีการพัฒนาให้สามารถวัดค่าเหล่านี้ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น

pattern ต่างกัน ซึ่งสังเกตได้จากยอด (peak) ใน Diffraction pattern สำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างผลึกนั้น สามารถทำได้โดยการคำนวณ หรือตรวจสอบข้อมูลที่ได้จาก Diffraction pattern กับ Powder Diffraction File (PDF) ซึ่งเป็นฐานข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของวัสดุที่ได้จากการรวบรวมรายงานการศึกษาและวิเคราะห์วัสดุด้วยเทคนิคเอกซเรย์ดิฟแฟรคชัน (X-ray diffraction) โดยข้อมูลส่วนใหญ่จะมาจากเอกสารทางวิชาการต่างๆ ก่อนจะตีพิมพ์ในหนังสือ หรือ CD-ROM เป็นประจำทุกปี เพื่อใช้เป็นข้อมูลมาตรฐานสำหรับการใช้ในการอ้างอิง

บัตรข้อมูล PDF ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญดังนี้คือ ดังรูปที่ 2.13

1. เซตและหมายเลขไฟล์ (set and file number)
2. พิกที่มีความเข้มมากที่สุด 3 ลำดับแรก (three strongest lines)
3. พิกที่ตำแหน่งมุมต่ำที่สุด (lowest-angle line)
4. สูตรเคมีและชื่อสาร (chemical formula and name of substance)
5. ข้อมูลวิธีการเลี้ยวเบนที่ใช้ (data on diffraction method used) เช่น แหล่งกำเนิดเอกซเรย์และฟิลเตอร์ เป็นต้น
6. ข้อมูลทางผลึกวิทยา (crystallographic data) เช่น รูปร่างผลึก และ ขนาดหน่วยเซลล์ เป็นต้น
7. ข้อมูลทางแสงและอื่นๆ (optical and other data)
8. ข้อมูลของตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ (data on specimen)
9. รูปแบบการกระเจิงรังสีเอกซ์เรย์ของวัสดุ (diffraction pattern) จะบอกค่าความเข้มสัมพัทธ์ ( $I/I_1$ ) ซึ่งแสดงเป็นเปอร์เซ็นต์ของพิกที่มีความเข้มสูงสุด และระนาบผลึก (hkl)

5-0682		2.24	2.56	2.34	2.557	Ti	★					
d		100	30	26	30	Titanium						
Rad. Cu	$\lambda$ 1.5405					Filter	dA	I/I <sub>1</sub>	hkl	dA	I/I <sub>1</sub>	hkl
Dia.	Cut off					Coll.	2.557	30	010	0.805	9	302
F <sub>1</sub>						d corr. abs.?	2.342	26	002			
Ref. Swanson and Fayat, NBS Circular 539, Vol. III (1953)							2.244	100	011			
							1.726	19	012			
							1.475	17	110			
Sys. Hexagonal			S.G. D <sub>6h</sub> <sup>2</sup>	- Co-MN1C			1.332	16	103			
a 2.950	b <sub>c</sub>	c <sub>a</sub> 4.626	A	C 1.588			1.276	2	200			
$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	Z	Z 2			1.247	16	112			
Ref. ibid.							1.233	13	201			
							1.1708	2	004			
$\delta$ 0.2V	D <sub>x</sub> 4.503 mp	n-d	r $\gamma$	Sign			1.1220	2	202			
							1.0653	3	014			
							0.9895	6	203			
							0.9458	11	211			
							0.9175	10	114			
							0.8927	4	212			
							0.8796	4	015			
							0.8634	2	204			
							0.8514	4	300			
							0.8211	12	213			
Repalzes 1-1197, 1-1198												

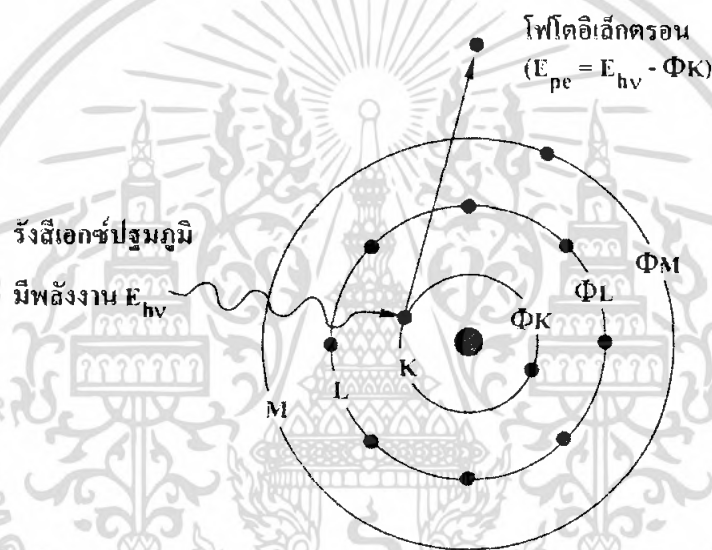
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 2.13 แสดงส่วนประกอบต่างของบัตรข้อมูล PDF

ไม่วารณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

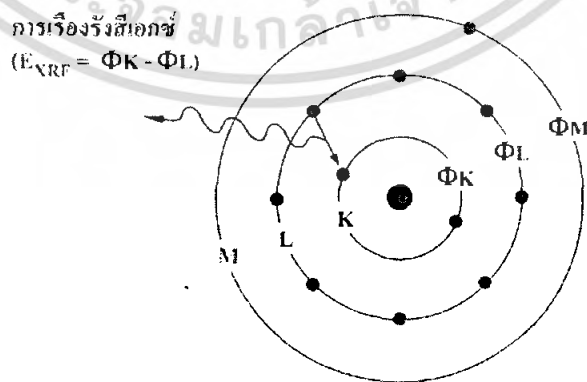
## 2.3 การเรืองรังสีเอ็กซ์ (X-ray fluorescence)

### 2.3.1 ทฤษฎีการเรืองรังสีเอ็กซ์

เมื่อผ่านรังสีเอ็กซ์ปฐมภูมิ(primary X-ray)จากหลอดรังสีเอ็กซ์ไปยังสารที่มีธาตุเบื้องต้นประกอบ จะเกิดการดูดกลืนรังสีเอ็กซ์แล้วทำให้อิเล็กตรอนในระดับพลังงานชั้นKของธาตุนั้นหลุดออกไปจัดเป็นกระบวนการphotoelectric absorption (ดังแสดงในรูปที่ 2.14) และทำให้เกิดที่ว่างของอิเล็กตรอนในชั้น K ดอนนี้ธาตุนั้นอยู่ในรูปไอออนและอยู่ในสภาวะเร้าเมื่อไอออนในสภาวะเร้ากลับสู่สภาวะพื้น โดยที่อิเล็กตรอนจากระดับพลังงานชั้น L มาแทนที่ว่างอิเล็กตรอนในชั้น K พร้อมกับปลดปล่อยรังสีเอ็กซ์ที่เรียกว่าการเรืองแสงของรังสีเอ็กซ์ออกมา ดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.14 กระบวนการเกิด photoelectric absorption



รูปที่ 2.15 การเรืองรังสีเอ็กซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.14 รังสีเอกซ์ปฐมภูมิมียพลังงาน  $E_{hv}$  ไปทำให้อิเล็กตรอนในระดับพลังงานชั้น K หลุดออกไป อิเล็กตรอนที่หลุดออกไปเรียกโฟโตอิเล็กตรอนมีพลังงาน ( $E_{pe}$ )

$$E_{pe} = E_{hv} - \theta_k$$

จากรูปที่ 2.15 อิเล็กตรอนในระดับพลังงานชั้น L มาแทนที่ในชั้น K พร้อมกับการเรืองรังสีเอกซ์ซึ่งมีพลังงาน ( $E_{XRF}$ )

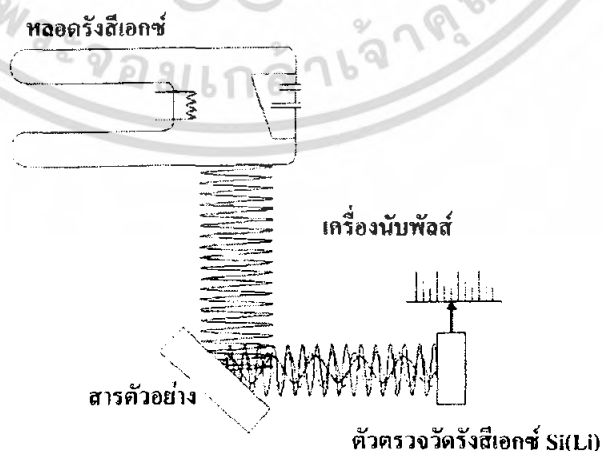
$$E_{XRF} = \theta_k - \theta_L$$

อาจเรียกการเรืองรังสีเอกซ์ว่าการปลดปล่อยรังสีเอกซ์ (X-ray emission)

การจะเกิดการเรืองรังสีเอกซ์ได้นั้นจะต้องให้ความยาวคลื่นของรังสีเอกซ์ปฐมภูมิมีน้อยกว่าหรือเท่ากับความยาวคลื่นตรง absorption edge ของระดับพลังงานชั้น K เช่นรังสีเอกซ์จาก  $CrK_\alpha$  และ  $Cu K_\alpha$  มีความยาวคลื่นที่ 2.2897 และ 1.5418 อังสตรอม อยากทราบว่ารังสีเอกซ์ปฐมภูมิใดสามารถทำให้เกิดการเรืองรังสีเอกซ์ในเหล็กได้เมื่อ  $\lambda_{ob}$  ของเหล็กเท่ากับ 1.743 อังสตรอม ในที่นี้เลือกรังสีเอกซ์ปฐมภูมิที่ได้จาก  $Cu K_\alpha$

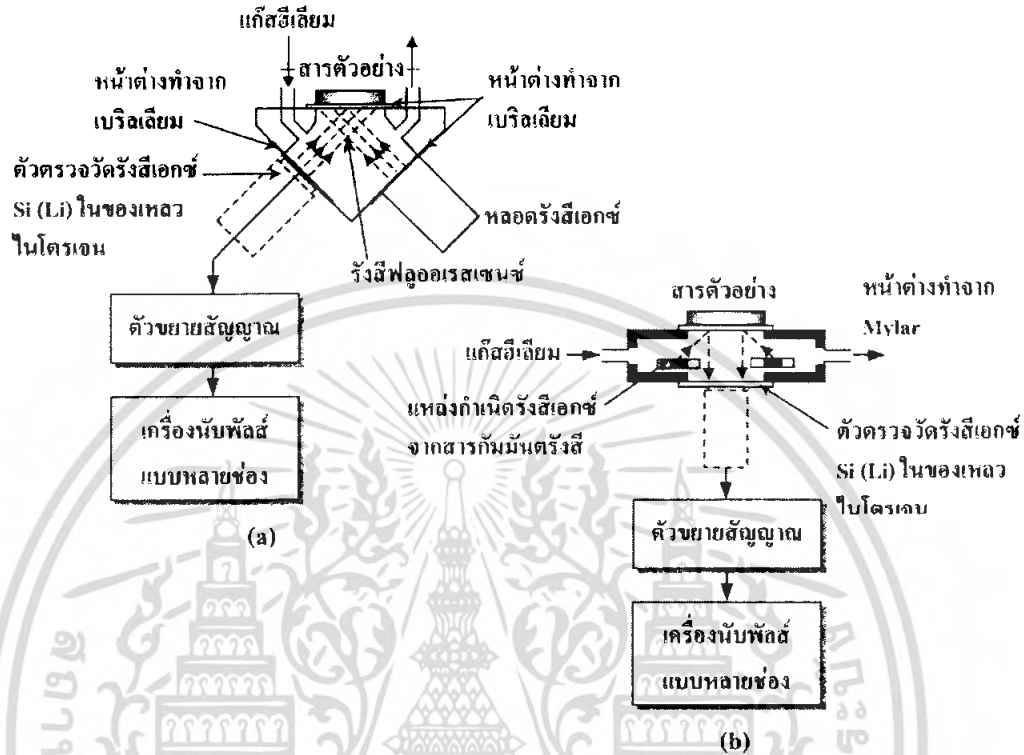
### 2.3.2 หลักการทำงานของเครื่องวัดการเรืองรังสีเอกซ์

เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโทรมิเตอร์แบบวัดการกระจายพลังงาน (Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometer : EDXRF) ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญดังนี้ แหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์แบบใช้ไอโซโทปรังสีหรือหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ เครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง(multi-channel analyzer, MCA) และตัวตรวจวัดรังสีเอกซ์แบบ Lithium-Drifted Si(Li) ดังรูป 2.16 และ 2.17



รูปที่ 2.16 ระบบ EDXRF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



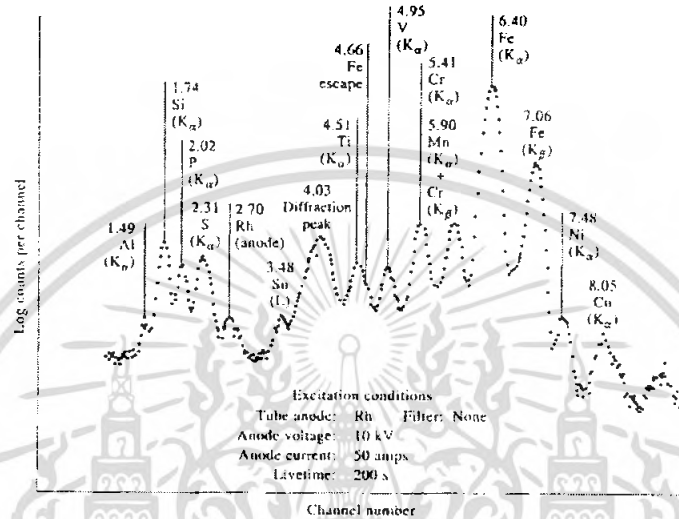
รูปที่ 2.17 ระบบ EDXRF

(a) เมื่อใช้หลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ (b) เมื่อใช้สารกัมมันตรังสีเป็นแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์

หลักการของเทคนิค EDXRF เมื่อผ่านรังสีเอกซ์ปฐมภูมิไปยังสารตัวอย่าง (สารตัวอย่างประกอบด้วยธาตุหลายชนิด) จะปลดปล่อยรังสีเอกซ์เฉพาะตัวออกมาและแผ่นเบริลเลียม (Be) บางๆที่ทำหน้าที่เป็นหน้าต่างของตัวตรวจวัด Si (Li) พร้อมๆกัน ตัวตรวจวัด Si (Li) จะแปลงรังสีเอกซ์เป็นประจุไฟฟ้าเข้าสู่ตัวขยายแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าขนาดสูง (pulse-high signal) ซึ่งจะถูกขยายต่อไป พร้อมทั้ง มีการแต่งสัญญาณ เพื่อเข้าเครื่องวัดขนาดสัญญาณ โดยกระบวนการ pulse processor สัญญาณที่ผ่านออกมาจากตัวขยายยังคงเป็นสัญญาณอนาลอกและถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณเชิงตัวเลข (digital) โดยชุด ADC (Analog to Digital Converter) เพื่อการวัดและแสดงผลต่อไป สัญญาณเชิงตัวเลขจะเข้าสู่เครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง (Multichannel Analyzer : MCA) และผ่านกระบวนการต่างๆใน MCA ออกเป็นผลการวิเคราะห์ในรูปของสเปกตรัมบนจอภาพ และกระดาษบันทึกผล การทำงานของระบบ EDXRF ถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์เป็นขั้นตอนตาม โปรแกรมสำเร็จ

เครื่อง EDXRF สเปกโทรมิเตอร์นิยมใช้เครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่องจำนวน 1000 ช่องเพื่อเอกซเรย์เป็นเอกซเรย์พลังงานต่ำสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนลาดใหญ่ไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษาครอบคลุมพลังงาน โฟตอนรังสีเอกซ์ในช่วง 20 keV หรือคิดเป็น 20 keV ต่อ 1 ช่อง channel แต่ละช่องไม่มีความถี่ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

channel จะมีความจุในการนับ (count capacity) ประมาณ  $10^6$  หรือมากกว่านี้ สเปกตรัมที่ให้ออกมา อาจแสดงเป็นลำดับของพีคต่างๆ (ความเข้มของรังสีเอกซ์กับพลังงานของรังสีเอกซ์) บน Cathode Ray Oscilloscope (CRO) หรือบนกระดาษบันทึกผล (X-Y plotter) (ความเข้มของรังสีเอกซ์กับจำนวนช่อง channel) ดังรูป 2.18



รูปที่ 2.18 สเปกตรัมของตัวอย่างเหล็กที่ได้จากการบันทึกด้วย EDXRF สเปกโทรมิเตอร์มี Rh เป็นแอโนดในหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ (ตัวเลขในพีคมีหน่วยเป็น keV)

เนื่องจากระบบ EDXRF ไม่มีการกระจายความยาวคลื่นจึงเรียกเทคนิคนี้ว่าเป็นระบบ non-dispersion ระบบนี้มีความสามารถในการแยกพลังงานไม่ดีเท่ากับระบบ WDXRF (ระบบ dispersion) เนื่องจากเกิดการซ้อนทับกันของพีคที่มีพลังงานใกล้เคียงกัน แต่ในกรณีช่วงพลังงานรังสีเอกซ์สูงๆ (ช่วง K X-ray) ของธาตุหนักสามารถแยกพลังงานได้ดีกว่าระบบ WDXRF

การวิเคราะห์สเปกตรัมที่ได้จากระบบ EDXRF จะต้องพิจารณาถึงการเกิดการกระเจิงของพีค (scattered peaks) และการเกิดซ้อนทับกันของพีคที่มีพลังงานใกล้เคียงกัน อธิบายได้ดังนี้

พีคการกระเจิงเกิดจากการที่รังสีเอกซ์ปฐมภูมิกระทบสารตัวอย่างแล้วกระเจิงเข้าสู่ระบบ MCA พีคดังกล่าวจะปรากฏปนมากับพีคหลักมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์ในการสะท้อนรังสีเอกซ์ของสารตัวอย่าง บางทีอาจเรียก scattered peaks เป็น diffraction peaks

Scattered peaks มี 2 ประเภท ประเภทแรกเกิดจากการกระเจิงแบบ coherent (ความยาวคลื่นของ scattered peaks เท่ากับความยาวคลื่นรังสีเอกซ์เฉพาะตัวของธาตุที่ทำเป็นแอโนดในหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์) ประเภทที่สองเกิดจากการกระเจิงแบบ incoherent พีคที่ได้จะมีความกว้างเนื่องจากมีความยาวมากกว่าความยาวคลื่นที่ได้จากการกระเจิงแบบ coherent จากรูปที่ 2.18 จะเห็น scattered peak ตรง

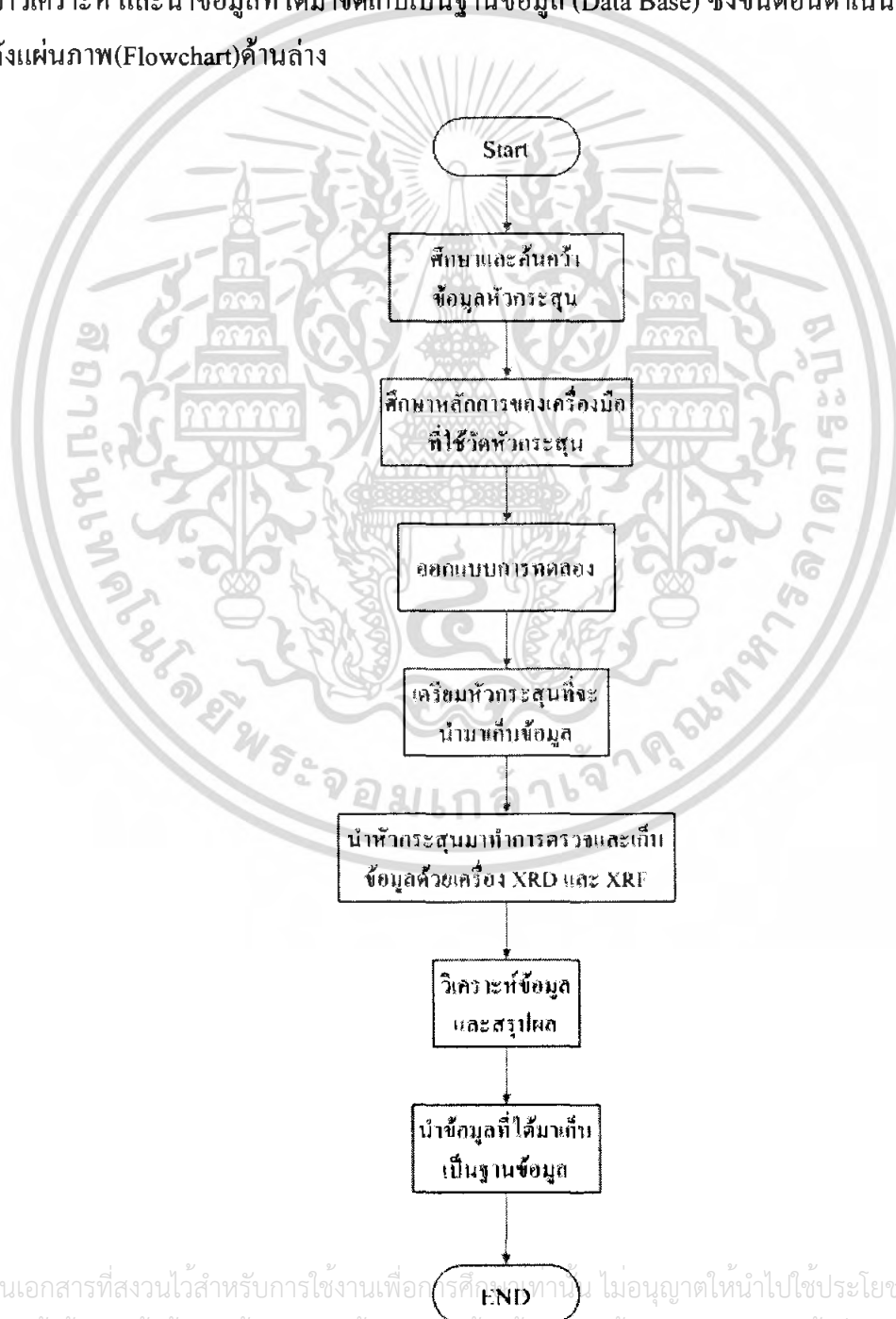
พลังงาน 4.03 keV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

เริ่มจากการศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับหัวกระสุน ศึกษาหลักการของเครื่องมือที่ใช้วัดหัวกระสุน ออกแบบการทดลอง เตรียมหัวกระสุนที่จะนำมาเก็บข้อมูล นำหัวกระสุนมาทำการตรวจและเก็บข้อมูล ด้วยเครื่อง X-Ray-Diffractometer : XRD, X-Ray Fluorescence : XRF จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ และนำข้อมูลที่ได้มาจัดเก็บเป็นฐานข้อมูล (Data Base) ซึ่งขั้นตอนดำเนินงานวิจัย แสดงได้ดังแผนภาพ(Flowchart)ด้านล่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1 ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับหัวกระสุน

หัวกระสุนที่นำมาตรวจสอบเพื่อเก็บข้อมูล เป็นหัวกระสุนที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและมีจำหน่ายในประเทศไทย มีดังนี้

ขนาด	ชนิดหัวกระสุน	ชื่อ	สถานที่ผลิต	นน.หัว (gr)	ภาพถ่าย
9 mm.	LRN	THAI ARMS	บริษัท ไทยอามส์ จำกัด THAI ARMS CO.,LTD 6/3 ซ.ลาดพร้าว 1 แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กทม. 10900	135	
9 mm.	LRN	Bullet Master	Bullet Master Co.,LTD 999/47-48 MOO 9,sukhumvit road theapharak ampur muang,samutprakarn 10270 thailand tel.02-7268479-82 fax:02-756-9742 assembled in thailand	135	
9 mm.	FMJ	Bullet Master	Bullet Master Co.,LTD 999/47-48 MOO 9,sukhumvit road theapharak ampur muang,samutprakarn 10270 Thailand thailand tel.02-7268479-82 fax:02-756-9742 assembled in thailand	124	
9 mm.	FMJ	Sellier & Bellot	Czech	124	
9 mm.	JHP	Sellier & Bellot	Czech	115	
.38 Super	LRN	Bullet Master	Bullet Master Co.,LTD 1515 MOO 4 SOI KWANG RUNG KWANG LOI THEPARAK ROAD SAMRONG NUA SAMUTRAPRAKARN 10270 THAILAND Tel.758-1261 (Automotion 10 lines) FAX.384-3833 Assembled in Thailand		
.38 Special	LRN	OLYMPIC ARMS	OLYMPIC ARMS & AMMUNITION (THAILAND) NAKHONSAWAN THAILAND 60000 Tel.056-300146-7, 081-6650555	158	
.38 Super	FMJ	Bullet Master	Bullet Master Co.,LTD 999/47-48 MOO 9,sukhumvit road theapharak ampur muang,samutprakarn 10270 thailand tel.02-7268479-82 fax:02-756-9742 assembled in thailand	130	
.357 Magnum	JSP	Winchester (USA)	USA	158	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.45 Auto	FMJ	American Eagle	FEDERAL CARTRIDGE COMPANY ANOKA, MN 55303 IN USA	230	
.45	FMJ	Bullet Master	Bullet Master Co.,LTD 999/47-48 MOO 9,sukhumvit road theapharak ampur muang,samutprakarn 10270 thailand tel.02-7268479-82 fax:02-756-9742 assembled in thailand	230	

### 3.2 ศึกษาการทำงานของเครื่องมือที่ใช้วัดหัวกระสุน

ทำการศึกษาหลักการทำงานของเครื่องมือที่ใช้ในการวัดหัวกระสุน (หลักการของเครื่องมือได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2) รวมถึงส่วนประกอบต่างๆ อันได้แก่ XRD, XRF ดังนี้

#### 3.2.1 เครื่องวัดการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ (X-ray diffractometer : XRD) รุ่น D8 Discover with GADDS ดังแสดงในรูปที่ 3.1

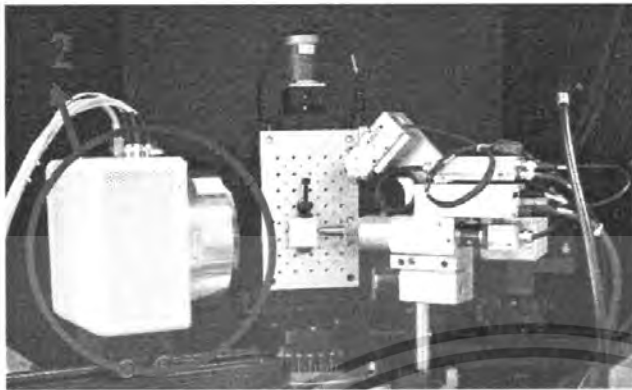


รูปที่ 3.1 เครื่อง XRD รุ่น D8 Discover with GADDS

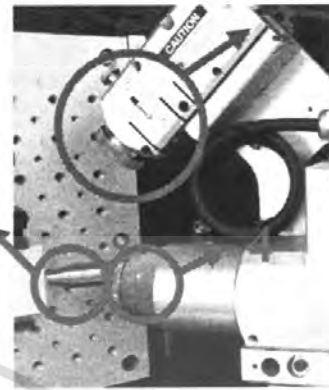
ใช้เพื่อตรวจสอบสารประกอบที่มีอยู่ในหัวกระสุนแต่ละชนิด ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 3.2



รูปที่ 3.3

รูป 3.2 และ 3.3 แสดงส่วนประกอบภายในเครื่อง D8

หมายเลข 1 หัวยิงรังสีเอกซ์

หมายเลข 2 หัววัดรังสีเอกซ์ (Detector) ที่เลี้ยวเบนออกมา

หมายเลข 3 หัวยิงเลเซอร์ ใช้เพื่อระบุตำแหน่งที่หัวยิงรังสีเอกซ์ยิงไปบนสารตัวอย่าง (Sample)

หมายเลข 4 กล้อง

ซึ่งส่วนประกอบต่างๆ เหล่านี้ ได้ถูกเชื่อมให้ทำงานร่วมกันกับคอมพิวเตอร์โดยผ่าน โปรแกรม

ชื่อ GADD

3.2.2 เครื่องวัดการเรืองรังสีเอกซ์ (X-ray fluorescence spectroscopy : XRFS) รุ่น Eagle III

ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 เครื่อง XRF รุ่น Eagle III

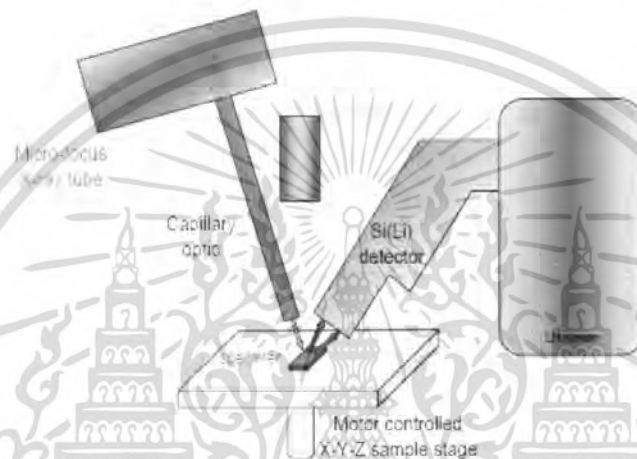
ใช้ตรวจหาธาตุที่มีอยู่ในหัวกระสุน เพื่อนำผลไปใช้ยืนยันร่วมกับเครื่อง XRD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

81613

### 3.2.2.1 ส่วนประกอบหลักของเครื่องวัดการเรืองรังสีเอกซ์ (X-ray fluorescence spectroscopy) แสดงดังรูป 3.5

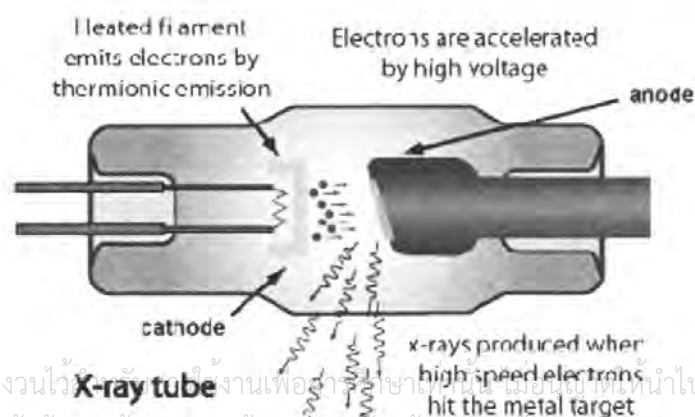
ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆที่สำคัญได้แก่ ส่วนกำเนิดพลังงานเอ็กซ์เรย์ ส่วนรับดักจับสัญญาณ ห้องวางชิ้นงาน ปั๊มกล(Rotary Pump) ระบบควบคุมการทำงานและประมวลผล



รูปที่ 3.5 แสดงส่วนประกอบของ XRF

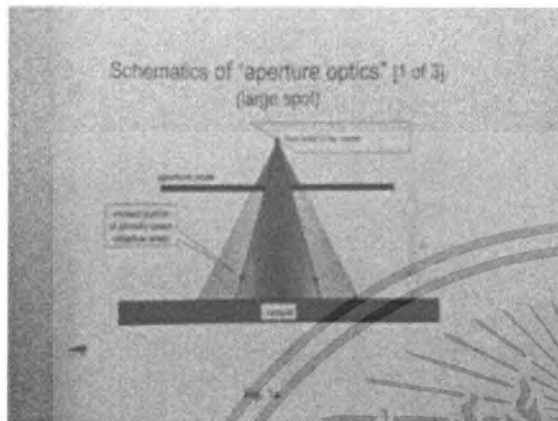
ส่วนกำเนิดพลังงานเอ็กซ์เรย์ ประกอบด้วย

- หลอดเอ็กซ์เรย์(Micro-focus X-ray tube) ดังรูป 3.6 การเลือก Target แต่ละชนิดนั้นจะขึ้นอยู่กับธาตุการวิเคราะห์ ซึ่งจะต้องไม่เป็นธาตุเดียวกับTarget
- ระบบกำหนดขนาดลำพลังงาน(Capillary & Aperture Optics) รูป 3.7, 3.8, และ 3.9 ซึ่งการเลือกแต่ละขนาดจะขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ ที่จะทำการวิเคราะห์
- ระบบกำเนิดไฟฟ้าแรงสูง(High Voltage Generator) เพื่อจ่ายให้กับหลอดเอ็กซ์เรย์

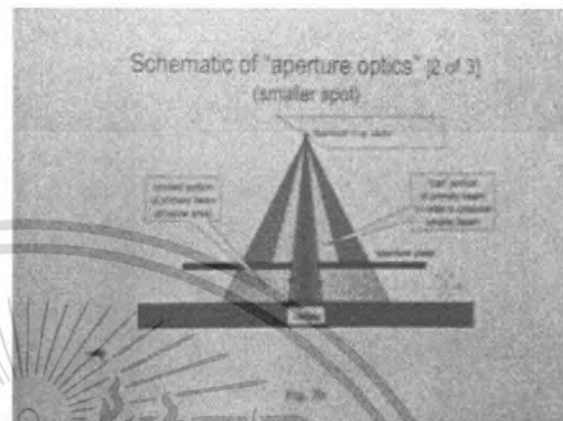


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เหมือนเช่นชุดเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

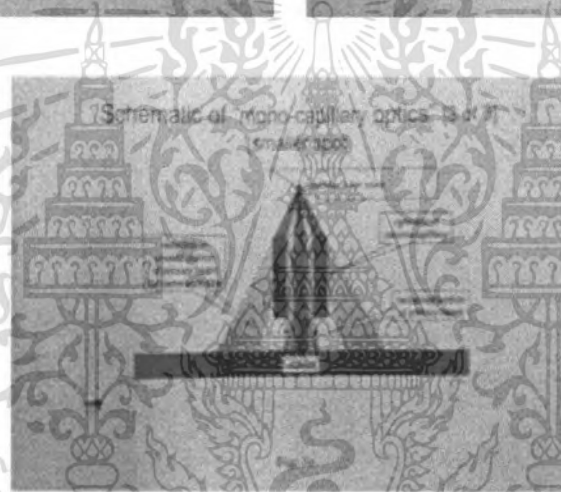
รูปที่ 3.6



รูปที่ 3.7



รูปที่ 3.8



รูปที่ 3.9

ส่วนรับดักจับสัญญาณ ประกอบด้วย

- หัวดักจับสัญญาณ (Detector)
- อุปกรณ์ตั้งคู่คสัญญาณ (Collimator)
- ระบบขยายสัญญาณ (Pre-Amplifier)
- ระบบกำเนิดไฟฟ้าแรงสูง (High Voltage Generator)
- ระบบประมวลรูปสัญญาณ (Pulse Processor)

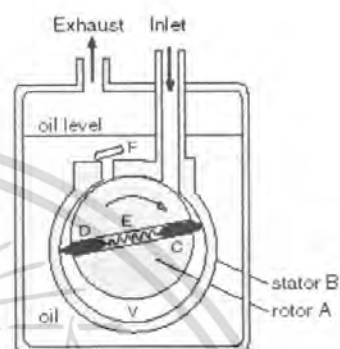
ห้องวางชิ้นงาน ประกอบด้วย

- แท่นวางชิ้นงาน (Sample Stage)
- ระบบทำสุญญากาศ (Rotary Pump Vacuum System)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
- ระบบตรวจดูตำแหน่งชิ้นงาน (Viewing Unit)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**RP Pump**(Rotary Pump)ดังรูป 3.10 ทำสุญญากาศได้ตั้งแต่  $\text{Atm.} - 5. \times 10^{-3} \text{ mBar}$  ใช้เพื่อสร้างห้องสุญญากาศให้กับห้องวางชิ้นงานของ XRF



รูปที่ 3.10

#### หลักการทํางาน

อธิบายจากรูปที่ 3.10 ดังนี้

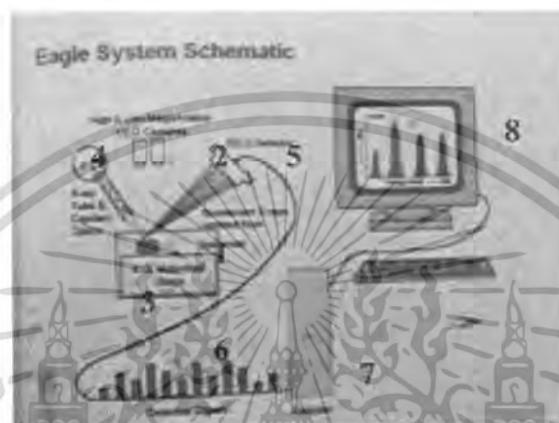
- เติมน้ำมันปริมาณตามที่กำหนดไว้ ต่อด้าน inlet สำหรับดูดอากาศเข้ากับเครื่องมือที่ต้องการทำสุญญากาศและด้าน exhaust เข้ากับท่อระบายอากาศ
- เมื่อป้อนพลังงาน Rotor จะหมุนตามทิศทางที่กำหนดไว้
- ลิ้น D, C จะถูกเหวี่ยงออก ตามตำแหน่งและระยะของ Stator ซึ่งลิ้นจะทำหน้าที่กวาดอากาศออกอย่างต่อเนื่อง
- ลิ้น F จะเปิดเมื่อมีอากาศดันออก และจะปิดกั้นอากาศย้อนกลับ
- ลักษณะการทำงานดังกล่าวจะทำให้ด้าน inlet เกิดสุญญากาศอย่างต่อเนื่อง เมื่อต่อไปใช้งาน

#### ระบบควบคุมการทำงานและประมวผล ประกอบด้วย

- ระบบควบคุมการทำงานเครื่อง(System Controller)
- ระบบเชื่อมต่อสัญญาณ(Interface)
- ระบบประมวลผล(Computer Unit)
- โปรแกรมประมวลผล(Analysis Software)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2.2 หลักการทำงานของเครื่องวัดการเรืองรังสีเอกซ์ (X-ray fluorescence spectroscopy)



รูปที่ 3.11 แสดงระบบการทำงานของ XRF

1) ห้องใส่ตัวอย่าง(Specimen Chamber #1)สามารถทำงานภายใต้สภาวะปกติ หรือ สูญญากาศ ขึ้นอยู่กับผลการวิเคราะห์ ถ้าต้องการวิเคราะห์ธาตุที่มี Atomic Number น้อยกว่า Argon ควรทำการวิเคราะห์ภายใต้สูญญากาศ เพราะภายใต้สภาวะปกติในอากาศจะมีแก๊ส Argon ซึ่งจะดูดซับสัญญาณธาตุที่มี Atomic Number น้อยกว่าจนทำให้ไม่มีสัญญาณไปถึงหัวตรวจจับสัญญาณ(Detector#5)

2) กล้องดูภาพ(CCD Camera#2)ใช้สำหรับดูตำแหน่งชิ้นงานที่ต้องการวิเคราะห์ ควรใช้กำลังขยายต่ำ 10x เพื่อเลือกหาตำแหน่งที่จะวิเคราะห์ และจะใช้กำลังขยายสูง 100x หรือ 200x เมื่อทำการวิเคราะห์

3) แท่นวางชิ้นงาน(XYZ Motorized Stage#3)สำหรับวางชิ้นงาน ถ้าตัวอย่างเป็นผง ควรติดยึดให้แน่นกับฐานวางตัวอย่าง เช่น ติดด้วย Carbon Adhesive Tape หรือ Carbon Adhesive Discs เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวอย่างหลุดฟุ้งกระจายทำให้เปราะเปื้อนภายในห้องวางชิ้นงานเมื่อจะทำการวิเคราะห์ ภายใต้สูญญากาศ และการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการวิเคราะห์ ซึ่งคู่มือทางกล้องดูภาพ หรือภาพที่ปรากฏบนจอภาพ จะจับด้วยมอเตอร์ทั้ง 3 แกน การปรับภาพในการวิเคราะห์นั้นจะต้องปรับให้ตำแหน่งที่จะวิเคราะห์มีความคมชัด โดยการปรับที่แกน z และถ้าตัวอย่างมีความเข้มข้นน้อยจะต้องเอียงชิ้นงานเพื่อให้พลังงานเอกซ์เรย์ได้ตกลงบนตัวอย่างมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) หลอดกำเนิดพลังงานเอ็กซ์เรย์(X-ray Tube#4)จะมีระบบป้องกันการทำงานเพื่อให้เกิดความปลอดภัยกับผู้ใช้ ซึ่งจะมีอยู่หลายแห่ง เช่น ที่ประตู ฝาปิดด้านข้าง ฝาปิดด้านหลัง และสวิทช์ต่อวงจร เมื่อระดับสูญญากาศถึงตามที่กำหนดไว้ ที่ประตูห้องวางชิ้นงานเมื่อปิดสนิท แนวนมือจับจะอยู่ในแนวตั้ง และเมื่อหลอดกำเนิดพลังงานเอ็กซ์เรย์ทำงาน จะมีไฟสีแดงติด เพื่อบ่งชี้ให้ทราบว่าหลอดกำเนิดพลังงานเอ็กซ์เรย์ทำงานอยู่ และเมื่อเปิดประตูหลอดกำเนิดพลังงานเอ็กซ์เรย์จะดับทันที เมื่อหลอดกำเนิดพลังงานเอ็กซ์เรย์ทำงาน จะมีพลังงานเอ็กซ์เรย์ส่องไปยังตัวอย่าง และควรกำหนดค่า Dtm%(Dead Time)ให้อยู่ระหว่างDtm1-50% โดยการปรับค่ากระแสที่จ่ายให้กับหลอดเอ็กซ์เรย์

5) หัวตรวจจับสัญญาณ(Detector#5)จะมีCrystalเป็นSi(Li)ซึ่งจะต้องหล่อเย็นด้วยLN<sub>2</sub>อุณหภูมิที่ Crystalขณะทำงาน ประมาณ-60°C การเติมLN<sub>2</sub>ทุกครั้งจะต้องเติมให้เต็ม(ล้นบ้างนิดหน่อย)เพื่อให้ไถ่ เกร็ดน้ำแข็งที่อยู่ภายในถึงLN<sub>2</sub>ออก ไม่เช่นนั้นจะทำให้มีน้ำแข็งปกคลุมที่แท่งทองแดงซึ่งจะส่งถ่วง ความเย็นไปยังCrystalเสียหายได้ สัญญาณที่ตรวจจับได้จากตัวอย่างที่วิเคราะห์ จะถูกขยายด้วยชุดPre-Amplifier ก่อนที่จะส่งไปยังขั้นคอนต่อไป

6) ชุดเปลี่ยนแปลงสัญญาณ(Pulse Processor#6)จะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเอ็กซ์เรย์ ซึ่งเป็น Pulse ให้เป็นสัญญาณDigitalเพื่อจะได้นำไปส่งไปยังชุดวิเคราะห์สัญญาณในขั้นคอนต่อไป

7) ชุดวิเคราะห์สัญญาณ(Analyzer Unit#7)จะทำการวิเคราะห์สัญญาณที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วง ของพลังงานที่มีหน่วยเป็นKeV.และจะส่งผลที่ได้ไปยังขั้นคอนต่อไป

8) ชุดประมวลผล(Computer Unit#8)จะทำการประมวลผลตามโปรแกรมที่ถูกเลือกใช้พร้อมทั้ง เปรียบเทียบข้อมูลที่ได้บรรจุไว้แล้ว เช่น Peak ID.,Possible Spectrum เป็นต้นและแสดงการประมวลผล การวิเคราะห์ทางจอภาพ และเครื่องพิมพ์ รูปแบบของSpectrum

### 3.3 ออกแบบการทดลอง

โดยเริ่มจากการตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร ทำการทดลอง วิเคราะห์ผล และสรุปผล

#### 3.3.1 ตั้งสมมติฐาน

หัวกระสุนต่างชนิดกัน น่าจะมีลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างกันไป อันได้แก่ ชาติและสารประกอบ

#### 3.3.2 กำหนดตัวแปร

ตัวแปรต้น ชนิดของหัวกระสุน

ตัวแปรตาม สารประกอบที่วัดได้ และลักษณะพื้นผิวของหัวกระสุน

ตัวแปรควบคุม เครื่องมือที่ใช้วัด

#### 3.3.3 ทำการทดลอง

##### 3.3.3.1 กระบวนการนำหัวกระสุนออกจากลูกกระสุน

เป็นกระบวนการที่มีวัตถุประสงค์เพื่อ แยกหัวกระสุนปืนออกจากตัวกระสุนปืน แล้วนำหัวกระสุนที่ได้ไปเข้าสู่กระบวนการถัดไป มีวิธีการดังนี้

- นำกระสุนไปใส่ในอุปกรณ์ที่ใช้แยกหัวกระสุน ซึ่งอุปกรณ์นั้นมีลักษณะคล้ายๆกับค้อน โดยจะนำกระสุนไปใส่ไว้ที่ด้านหัวของค้อน
- นำค้อนมาตอกลงกับพื้น แล้วหัวกระสุนกับดินปืนจะตกลงมา ส่วนปลอกกระสุนจะติดอยู่กับหัวค้อน
- นำหัวกระสุนแยกออกจากดินปืนและเก็บใส่ถุงซิปล็อคไว้

##### 3.3.3.2 กระบวนการผ่าหัวกระสุน

เป็นกระบวนการที่มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทำการวิเคราะห์บริเวณด้านในของหัวกระสุน แล้วเปรียบเทียบกับว่าแตกต่างจากบริเวณด้านนอกของหัวกระสุนหรือไม่อย่างไร มีวิธีการดังนี้

- นำหัวกระสุนที่ได้มาผ่าด้วยเลื่อยฉลุที่ใช้เลื่อยทอง ผ่าออกเป็น 2 ส่วน

##### 3.3.3.3 กระบวนการขัดผิวหัวกระสุน

เนื่องจากการการผ่าหัวกระสุน จะทำให้ผิวของหัวกระสุนบริเวณที่ผ่านนั้นไม่เรียบและอาจมีสารตกค้างจากใบเลื่อยติดอยู่ ซึ่งส่งผลให้ผลที่วัดได้จากเครื่องมือที่ได้กล่าวไว้เกิดความผิดพลาด ดังนั้นภายหลังจากการผ่าและขัดหัวกระสุนแล้วจะต้องทำความสะอาดหัวกระสุนด้วย มีวิธีการดังนี้

- นำหัวกระสุนที่ผ่าแล้ว มาขัดโดยใช้เครื่องขัดดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12

### 3.3.3.4 การนำหัวกระสุนไปตรวจสอบด้วยเครื่องการเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์

เป็นกระบวนการที่ทำเพื่อตรวจวัดสารประกอบที่มีอยู่ในหัวกระสุน โดยมีวิธีการดังนี้

- นำหัวกระสุนที่ได้ผ่า ขัด และทำความสะอาดแล้ว มาใส่เข้าไปในแท่น หมายเลข 1 ดังรูปที่

3.13



รูปที่ 3.13

- ทำการตั้งค่าแรงดันไฟฟ้า และกระแสที่จะใช้ยิงรังสีเอ็กซ์ โดยใช้ แรงดันไฟฟ้า 40 keV และ กระแส 40 mA

- ตั้งค่าเวลาในการวัด count รังสีเอ็กซ์ที่เลี้ยวเบนออกมา โดยใช้เวลา 300 วินาที
- ทำการวัดรังสีเอ็กซ์ที่เลี้ยวเบนออกมา โดยส่งจากโปรแกรม GADDS
- เปลี่ยนจากวัดด้านนอกเป็นการทำการวัดด้านในของหัวกระสุน
- เก็บบันทึกผลที่ได้ เพื่อรอนำไปทำการวิเคราะห์

### 3.3.3.5 การนำหัวกระสุนไปตรวจสอบด้วยเครื่องวัดการเรืองรังสีเอ็กซ์

เป็นกระบวนการที่ทำเพื่อตรวจวัดธาตุที่มีอยู่ในหัวกระสุน โดยมีวิธีการดังนี้

- นำหัวกระสุนที่ได้ผ่า ขัด และทำความสะอาดแล้ว มาใส่เข้าไปในแท่นวาง (แท่นวางอยู่ในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีคิวทั้งหมดมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทำการปิดฝาห้องสุญญากาศ แล้วทำการสูบลมออกด้วยปั๊มกล

- เมื่อป้อนเสร็จแล้ว ทำการระบุตำแหน่งที่ต้องการวัด
- ทำการตั้งค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับหัวยิงรังสีเอ็กซ์ และค่ากระแสไฟฟ้า โดยให้ค่าแรงดันไฟฟ้ามีค่าประมาณ 30-40 keV และกระแสไฟฟ้าประมาณ 100-250  $\mu$ A แล้วจึงเริ่มทำการวัด
- เปลี่ยนจากวัดด้านนอกเป็นการทำการวัดด้านในของหัวกระสุน



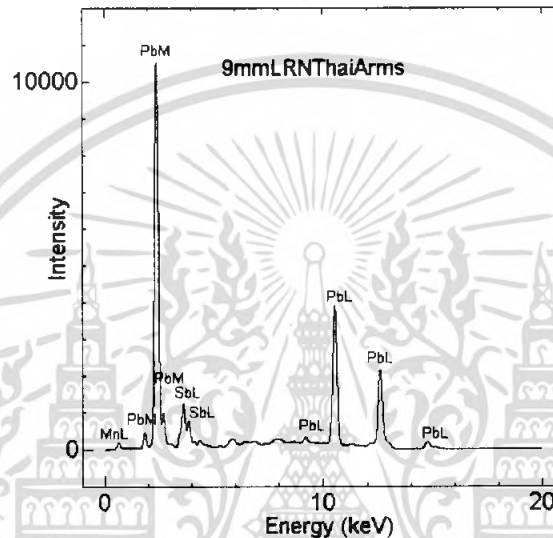
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

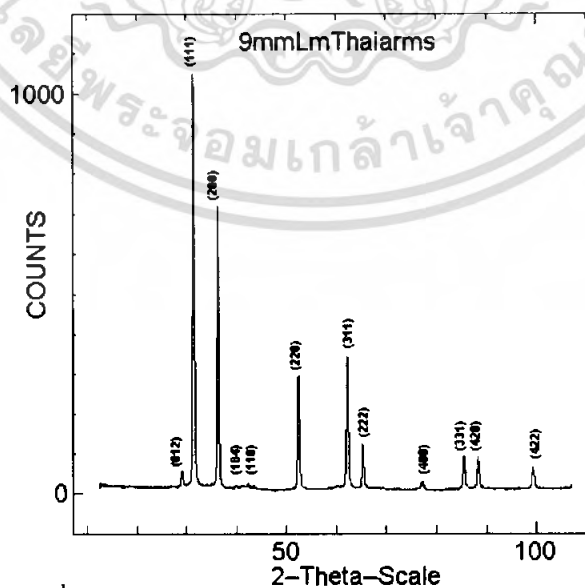
#### 4.1 กระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิด lead round nose (LRN) ยี่ห้อ Thai Arms

4.1.1 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย X-ray fluorescence spectroscopy: XRFS  
จากการตรวจสอบด้วยเครื่องXRFS ได้ผลดังรูปที่4.1



รูปที่ 4.1 ผลการวัดจากเครื่องXRFSของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิดlead round nose (LRN) ยี่ห้อ Thai Arms

4.1.2 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย X-ray diffractometer: XRD  
จากการตรวจสอบด้วยเครื่องXRD ได้ผลดังรูปที่4.2



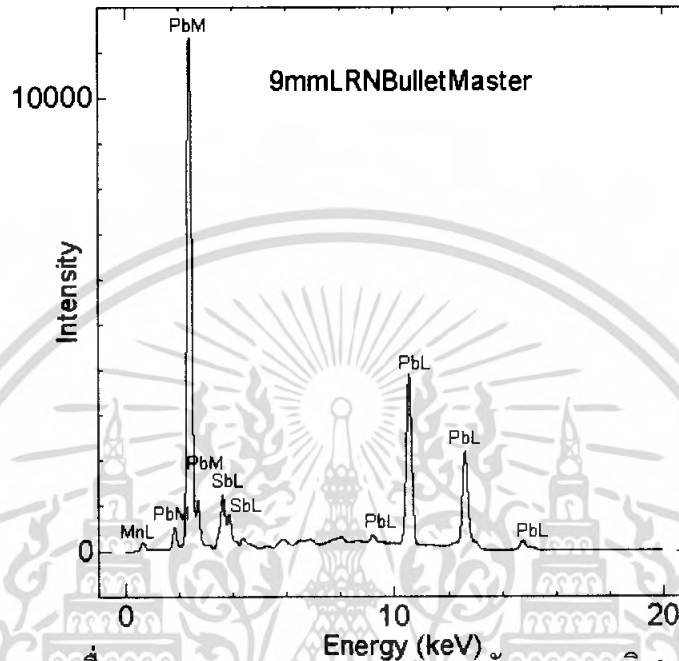
รูปที่ 4.2 ผลการวัดจากเครื่องXRDของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิดlead round nose (LRN) ยี่ห้อ

เอกสาร Thai Arms ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 กระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิด lead round nose (LRN) ยี่ห้อ Bullet Master

### 4.2.1 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย X-ray fluorescence spectroscopy: XRFS

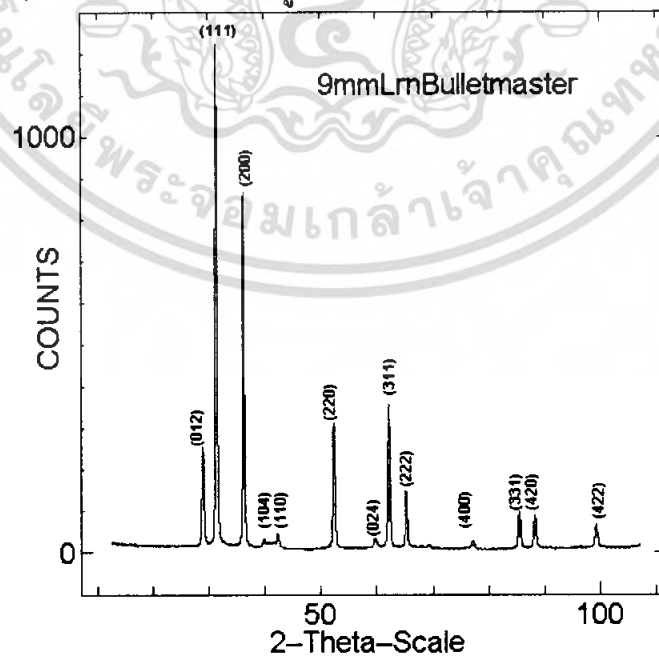
จากการตรวจสอบด้วยเครื่องXRF ได้ผลดังรูป4.3



รูปที่ 4.3 ผลการวัดจากเครื่องXRFSของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิดlead round nose (LRN) ยี่ห้อ Bullet Master

### 4.2.2 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย X-ray diffractometer: XRD

จากการตรวจสอบด้วยเครื่องXRD ได้ผลดังรูป4.4

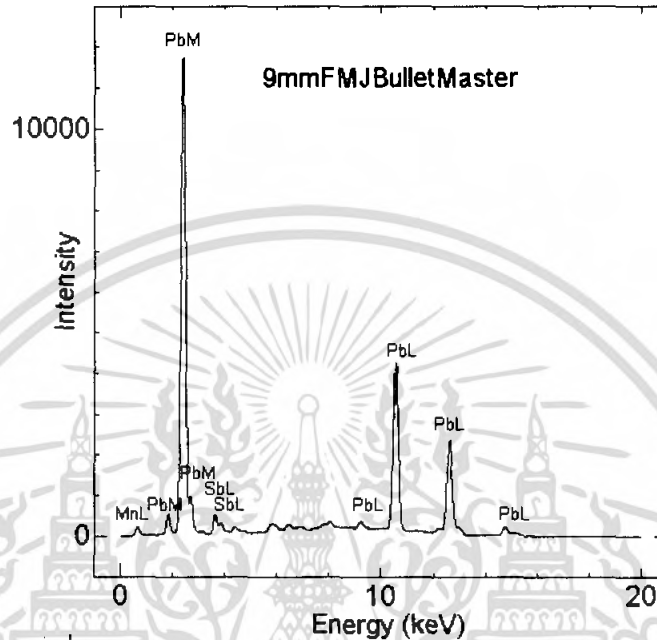


รูปที่ 4.4 ผลการวัดจากเครื่องXRDของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิดlead round nose (LRN) ยี่ห้อ Bullet Master

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

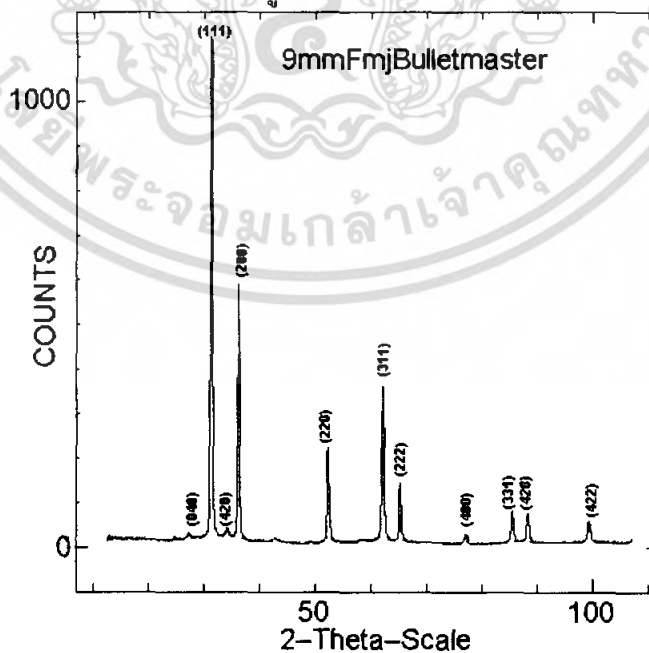
### 4.3 กระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิด Full Metal Jacket ยี่ห้อ Bullet Master

4.3.1 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย X-ray fluorescence spectroscopy: XRFS  
จากการตรวจสอบด้วยเครื่อง XRF ได้ผลดังรูป 4.5



รูปที่ 4.5 ผลการวัดจากเครื่อง XRFS ของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิด Full Metal Jacket ยี่ห้อ Bullet Master

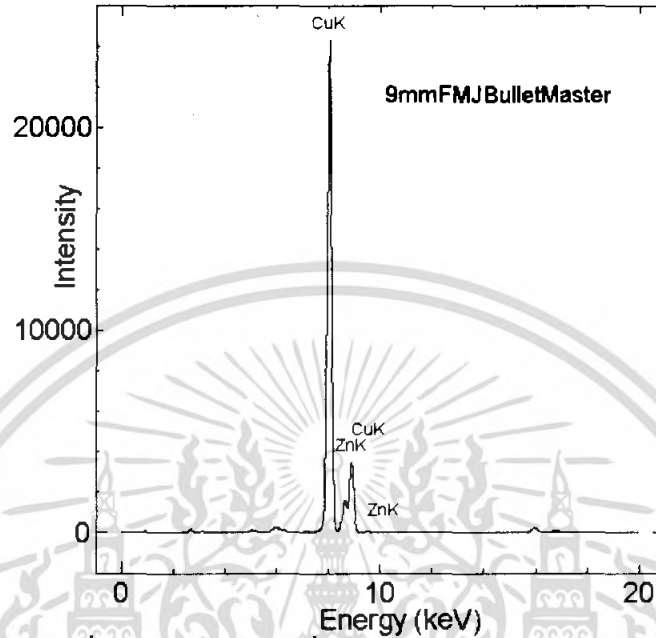
4.3.2 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย X-ray diffractometer: XRD  
จากการตรวจสอบด้วยเครื่อง XRD ได้ผลดังรูป 4.6



รูปที่ 4.6 ผลการวัดจากเครื่อง XRD ของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิด Full Metal Jacket ยี่ห้อ

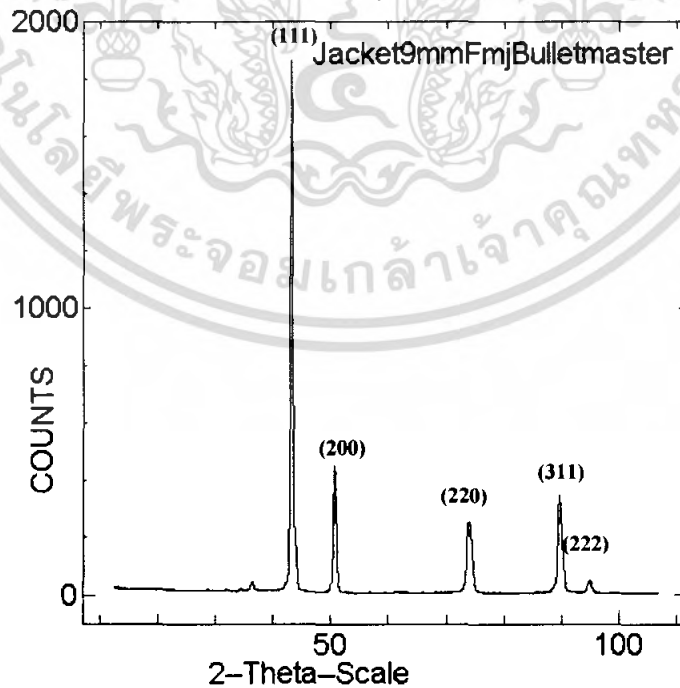
Bullet Master เอกสารที่ส่งจนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นJacketด้วย X-ray fluorescence spectroscopy: XRFs จากการตรวจสอบด้วยเครื่องXRF ได้ผลดังรูป4.7



รูปที่ 4.7 ผลการวัดจากเครื่องXRFsของส่วนที่เป็นJacketของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิดFull Metal Jacket ยี่ห้อ Bullet Master

4.3.4 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นjacketด้วย X-ray diffractometer: XRD จากการตรวจสอบด้วยเครื่องXRD ได้ผลดังรูป4.8



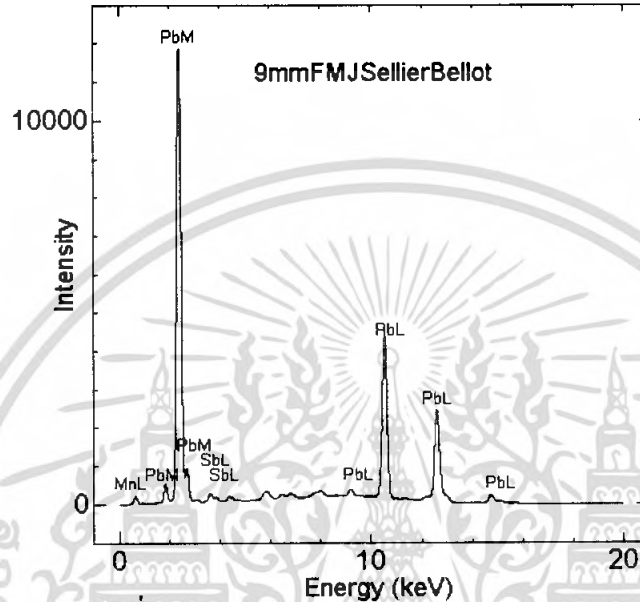
รูปที่4.8 ผลการวัดจากเครื่องXRDของส่วนที่เป็นJacketของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิดFull Metal Jacket ยี่ห้อ Bullet Master

เอกสารนี้เป็นเอกสารตัวอย่างเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.4 กระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิด Full Metal Jacket ยี่ห้อ Seller&Bellot

##### 4.4.1 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย X-ray fluorescence spectroscopy: XRFS

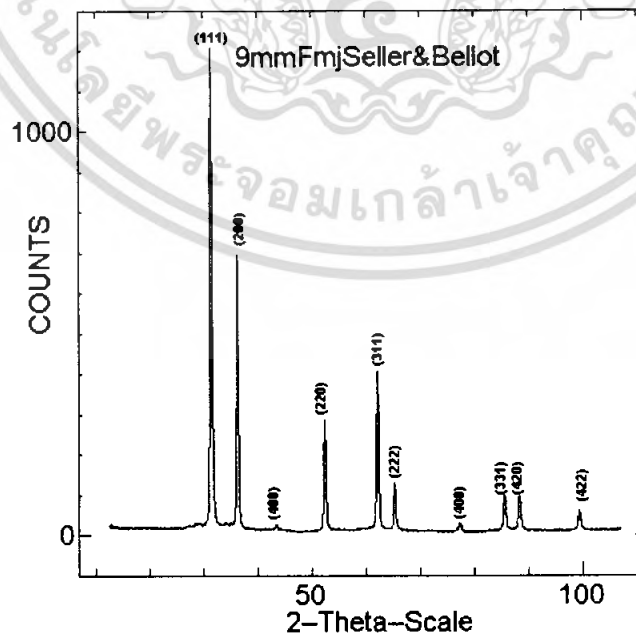
จากการตรวจสอบด้วยเครื่อง XRF ได้ผลดังรูป 4.9



รูปที่ 4.9 ผลการวัดจากเครื่อง XRFS ของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิด Full Metal Jacket ยี่ห้อ Seller&Bellot

##### 4.4.2 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย X-ray diffractometer: XRD

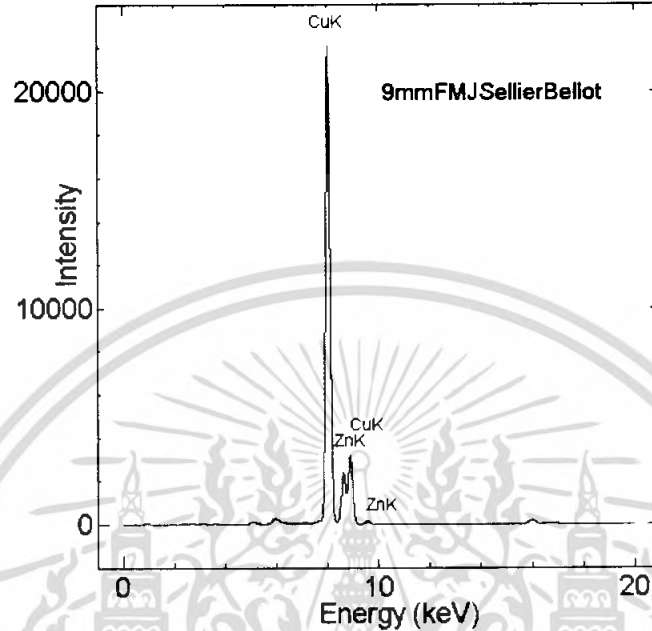
จากการตรวจสอบด้วยเครื่อง XRD ได้ผลดังรูป 4.10



รูปที่ 4.10 ผลการวัดจากเครื่อง XRD ของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิด Full Metal Jacket ยี่ห้อ Seller&Bellot

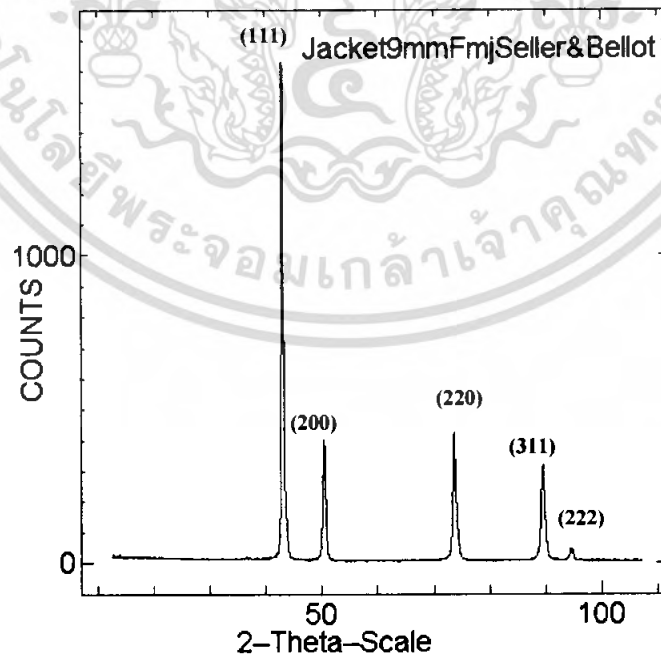
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 การตรวจสอบหาราคที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นJacketด้วย X-ray fluorescence spectroscopy: XRF จากการตรวจสอบด้วยเครื่องXRF ได้ผลดังรูป4.11



รูปที่ 4.11 ผลการวัดจากเครื่องXRFของส่วนที่เป็นJacketของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิดFull Metal Jacket ยี่ห้อ Seller&Bellot

4.4.4 การตรวจสอบหาราคประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นjacketด้วย X-ray diffractometer: XRD จากการตรวจสอบด้วยเครื่องXRD ได้ผลดังรูป4.12

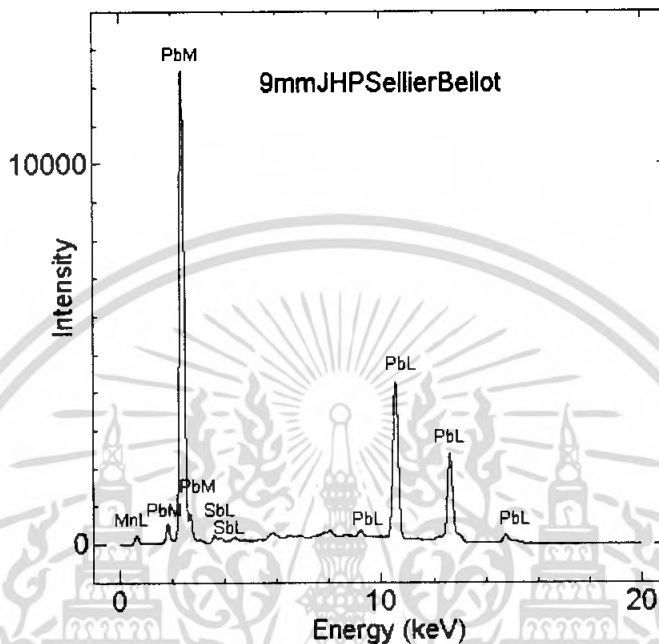


รูปที่ 4.12 ผลการวัดจากเครื่องXRDของส่วนที่เป็นJacketของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิดFull Metal Jacket ยี่ห้อ Seller&Bellot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่วางไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

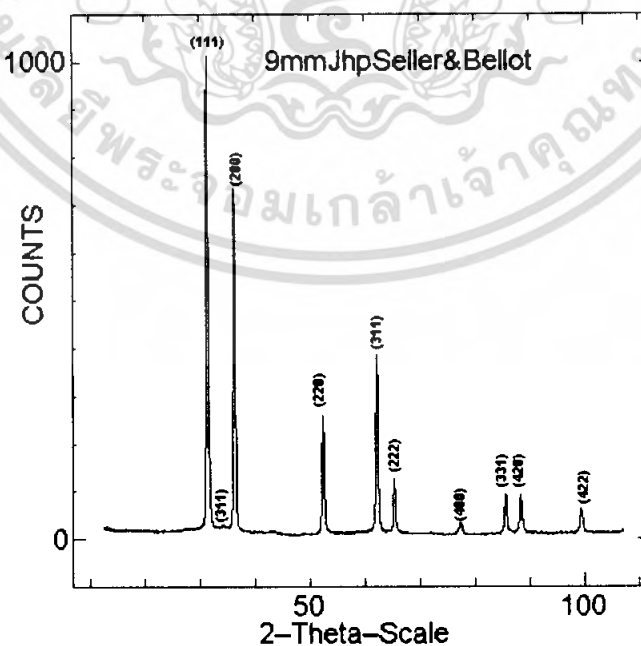
#### 4.5 กระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิดJacket hollow point ยี่ห้อ Seller&Bellot

4.5.1 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย X-ray fluorescence spectroscopy: XRFS  
จากการตรวจสอบด้วยเครื่องXRF ได้ผลดังรูป4.13



รูปที่ 4.13 ผลการวัดจากเครื่องXRFSของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิดJacket hollow point ยี่ห้อ Seller&Bellot

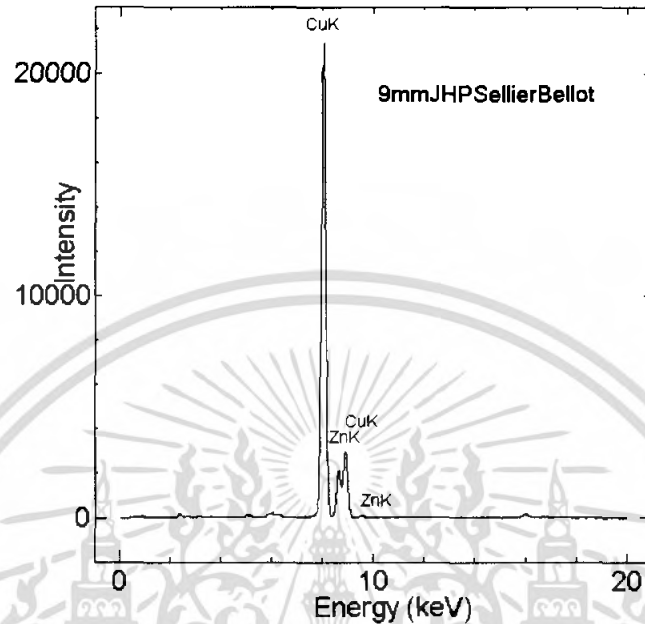
4.5.2 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย X-ray diffractometer: XRD  
จากการตรวจสอบด้วยเครื่องXRD ได้ผลดังรูป4.14



รูปที่ 4.14 ผลการวัดจากเครื่องXRDของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิดJacket hollow point ยี่ห้อ Seller&Bellot

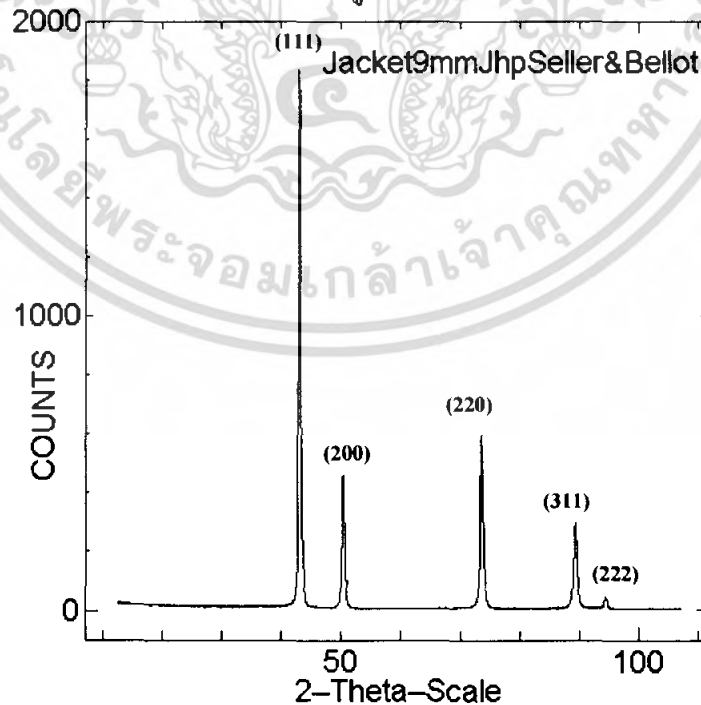
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.3 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นJacketด้วย X-ray fluorescence spectroscopy: XRFs จากการตรวจสอบด้วยเครื่องXRF ได้ผลดังรูป4.15



รูปที่ 4.15 ผลการวัดจากเครื่องXRFsของส่วนที่เป็นJacketของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิด Jacket hollow point ยี่ห้อ Seller&Bellot

4.5.4 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นjacketด้วย X-ray diffractometer: XRD จากการตรวจสอบด้วยเครื่องXRD ได้ผลดังรูป4.16

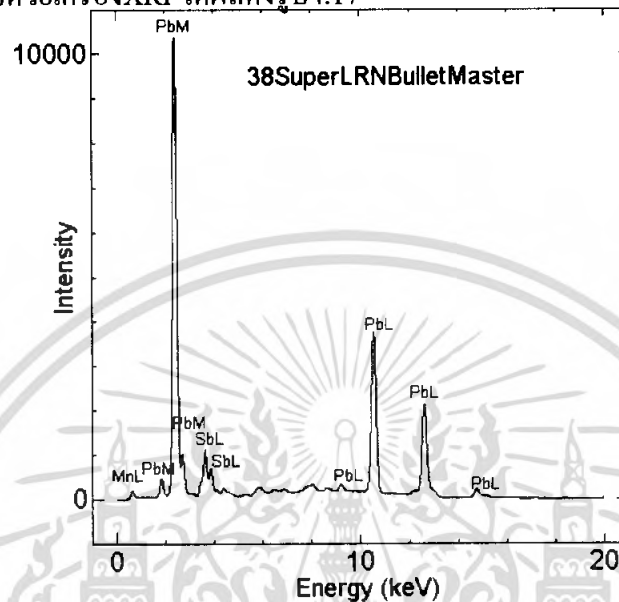


รูปที่ 4.16 ผลการวัดจากเครื่องXRDของส่วนที่เป็นJacketของกระสุนขนาด 9 มม. หัวกระสุนชนิด

Jacket hollow point ยี่ห้อ Seller&Bellot เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

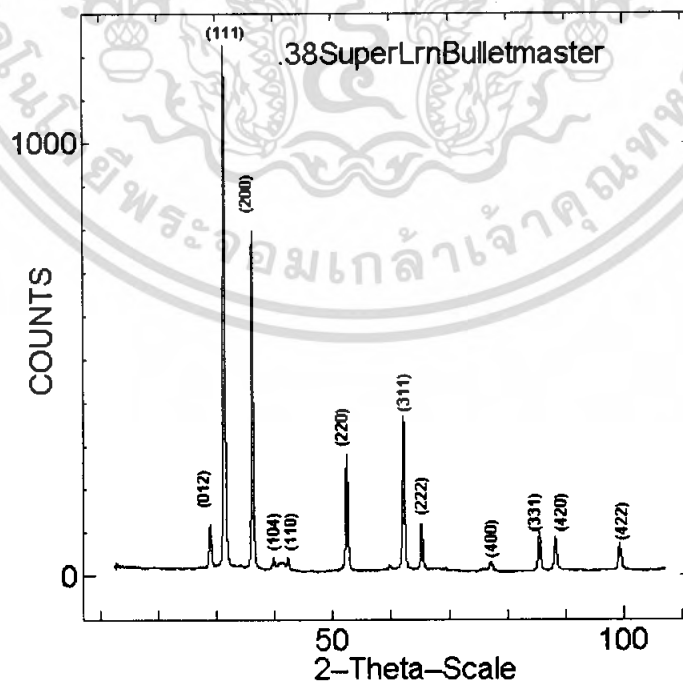
#### 4.6 กระสุนขนาด .38 หัวกระสุนชนิดlead round nose (LRN) ยี่ห้อ Bullet Master

4.6.1 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย X-ray fluorescence spectroscopy: XRF  
จากการตรวจสอบด้วยเครื่องXRFได้ผลดังรูป4.17



รูปที่ 4.17 ผลการวัดจากเครื่องXRFของกระสุนขนาด .38 หัวกระสุนชนิดlead round nose (LRN) ยี่ห้อ Bullet Master

4.6.2 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย X-ray diffractometer: XRD  
จากการตรวจสอบด้วยเครื่องXRD ได้ผลดังรูป4.18

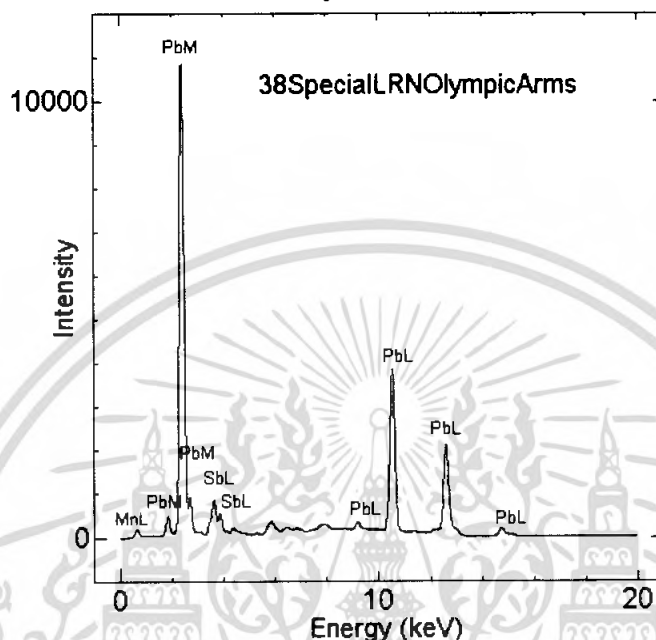


รูปที่ 4.18 ผลการวัดจากเครื่องXRDของกระสุนขนาด .38 หัวกระสุนชนิดlead round nose (LRN) ยี่ห้อ Bullet Master

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

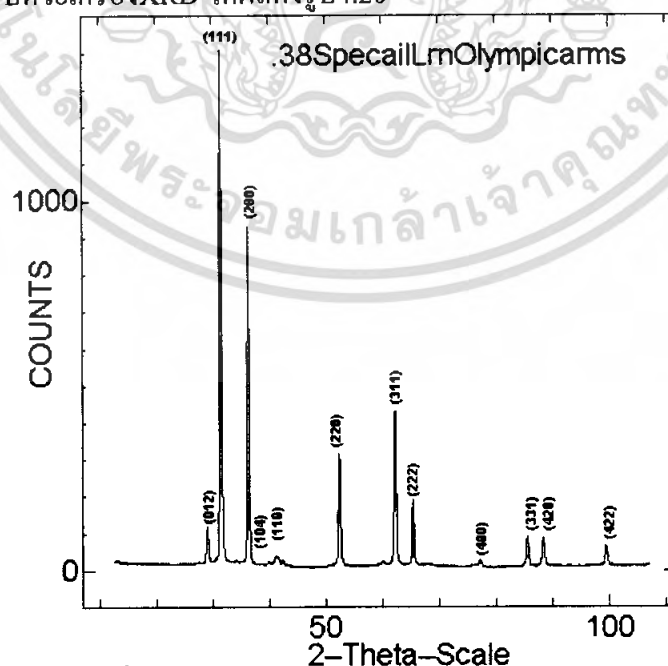
#### 4.7 กระสุนขนาด .38 หัวกระสุนชนิดlead round nose (LRN) ยี่ห้อ Olympicarms

4.7.1 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย X-ray fluorescence spectroscopy: XRFs  
จากการตรวจสอบด้วยเครื่องXRF ได้ผลดังรูป4.19



รูปที่ 4.19 ผลการวัดจากเครื่องXRFsของกระสุนขนาด .38 หัวกระสุนชนิดlead round nose (LRN) ยี่ห้อ Olympicarms

4.7.2 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย X-ray diffractometer: XRD  
จากการตรวจสอบด้วยเครื่องXRD ได้ผลดังรูป4.20

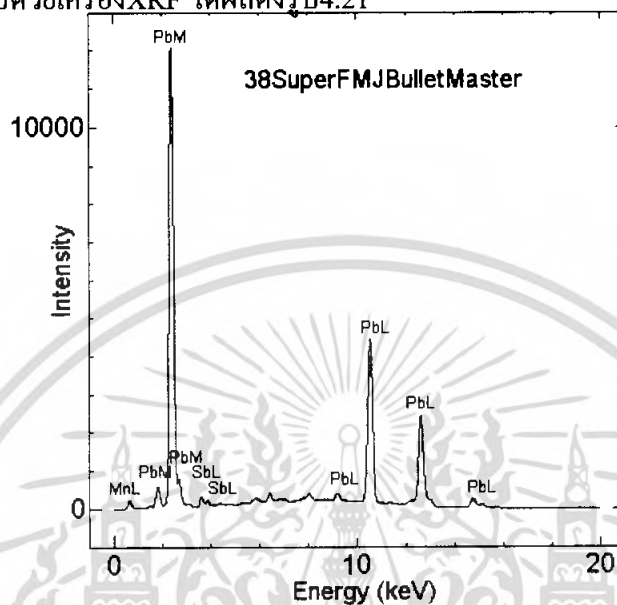


รูปที่ 4.20 ผลการวัดจากเครื่องXRDของกระสุนขนาด .38 หัวกระสุนชนิดlead round nose (LRN) ยี่ห้อ Olympicarms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

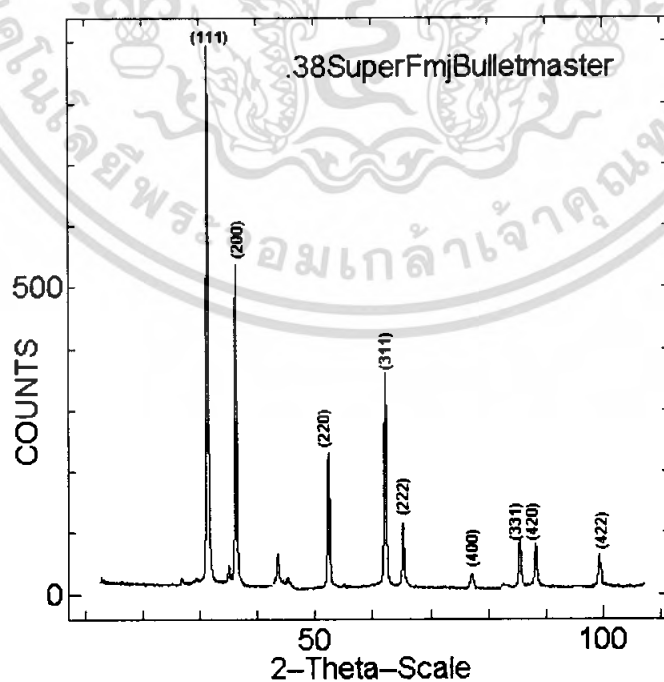
#### 4.8 กระสุนขนาด .38 หัวกระสุนชนิด Full metal jacket ยี่ห้อ Bulletmaster

4.8.1 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย X-ray fluorescence spectroscopy: XRFS  
จากการตรวจสอบด้วยเครื่อง XRF ได้ผลดังรูป 4.21



รูปที่ 4.21 ผลการวัดจากเครื่อง XRFS ของกระสุนขนาด .38 หัวกระสุนชนิด Full metal jacket ยี่ห้อ Bulletmaster

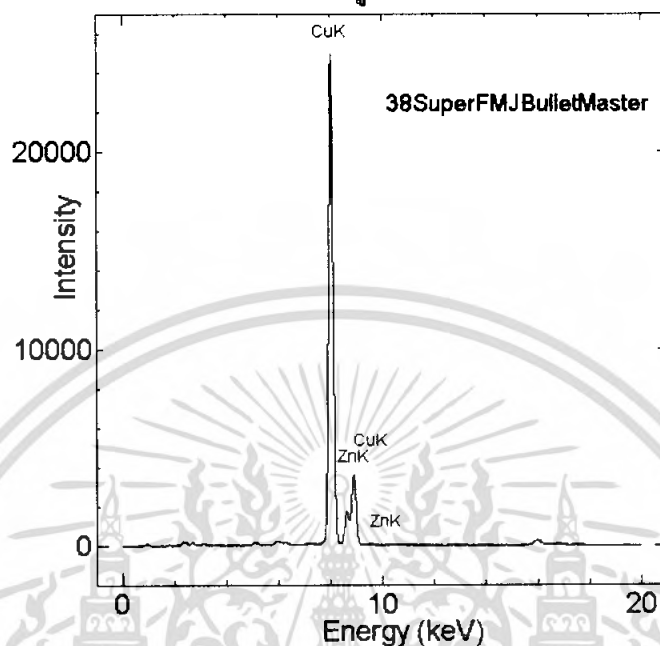
4.8.2 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย X-ray diffractometer: XRD  
จากการตรวจสอบด้วยเครื่อง XRD ได้ผลดังรูป 4.22



รูปที่ 4.22 ผลการวัดจากเครื่อง XRD ของกระสุนขนาด .38 หัวกระสุนชนิด Full metal jacket ยี่ห้อ Bulletmaster

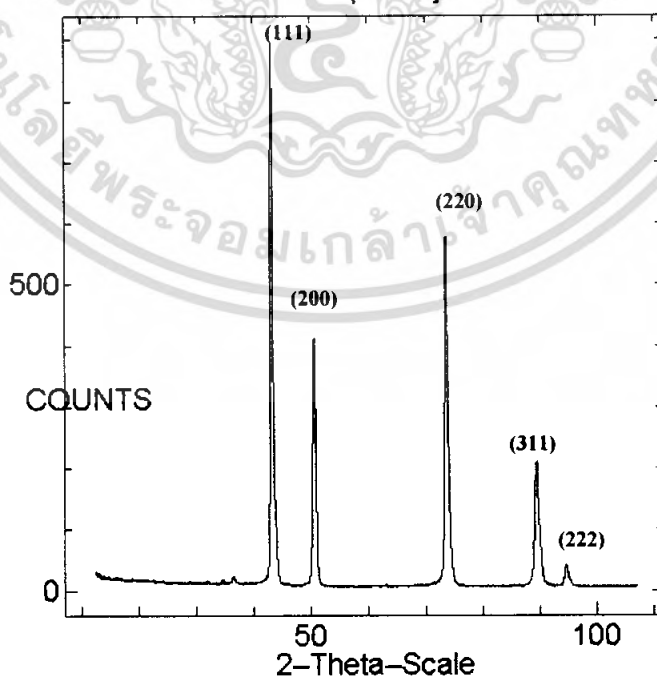
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8.3 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นJacketด้วย X-ray fluorescence spectroscopy: XRF จากการศึกษาด้วยเครื่องXRF ได้ผลดังรูป4.23



รูปที่ 4.23 ผลการวัดจากเครื่องXRFของส่วนที่เป็นJacketของกระสุนขนาด .38 หัวกระสุนชนิดFull metal jacket ยี่ห้อ Bulletmaster

4.8.4 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นjacketด้วย X-ray diffractometer: XRD จากการศึกษาด้วยเครื่องXRD ได้ผลดังรูป4.24 Jacket38SuperFmjBulletMaster



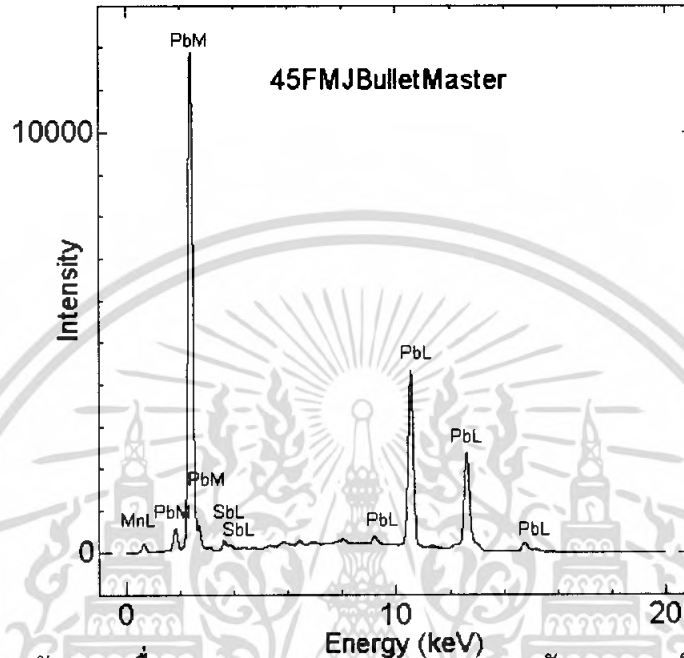
รูปที่ 4.24 ผลการวัดจากเครื่องXRDของส่วนที่เป็นJacketของกระสุนขนาด .38 หัวกระสุนชนิดFull metal jacket ยี่ห้อ Bulletmaster

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยศูนย์บริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.9 กระสุนขนาด .45 หัวกระสุนชนิด Full metal jacket ยี่ห้อ Bulletmaster

4.9.1 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย X-ray fluorescence spectroscopy: XRFs

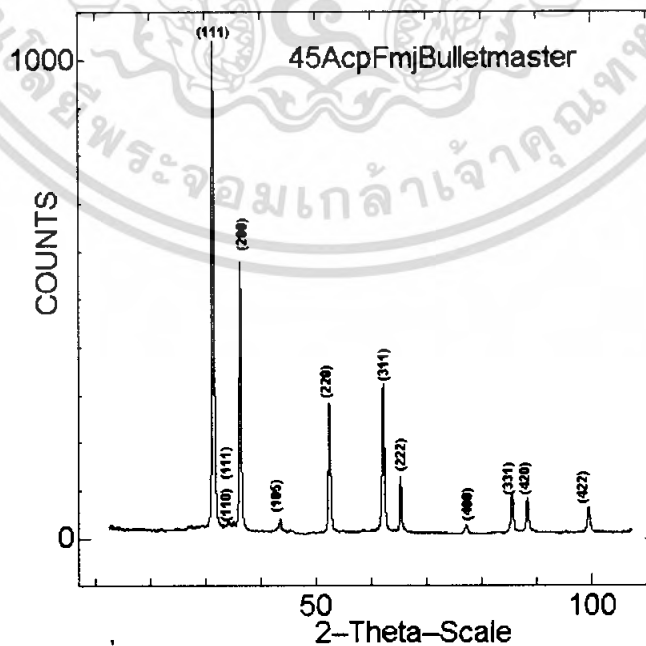
จากการตรวจสอบด้วยเครื่อง XRF ได้ผลดังรูป 4.25



รูปที่ 4.25 ผลการวัดจากเครื่อง XRFs ของกระสุนขนาด .45 หัวกระสุนชนิด Full metal jacket ยี่ห้อ Bulletmaster

4.9.2 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย X-ray diffractometer: XRD

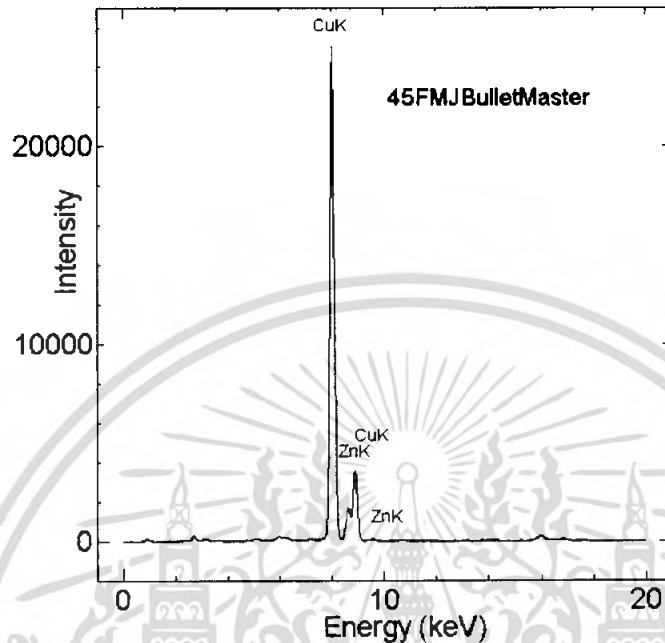
จากการตรวจสอบด้วยเครื่อง XRD ได้ผลดังรูป 4.26



รูปที่ 4.26 ผลการวัดจากเครื่อง XRD ของกระสุนขนาด .45 หัวกระสุนชนิด Full metal jacket ยี่ห้อ Bulletmaster

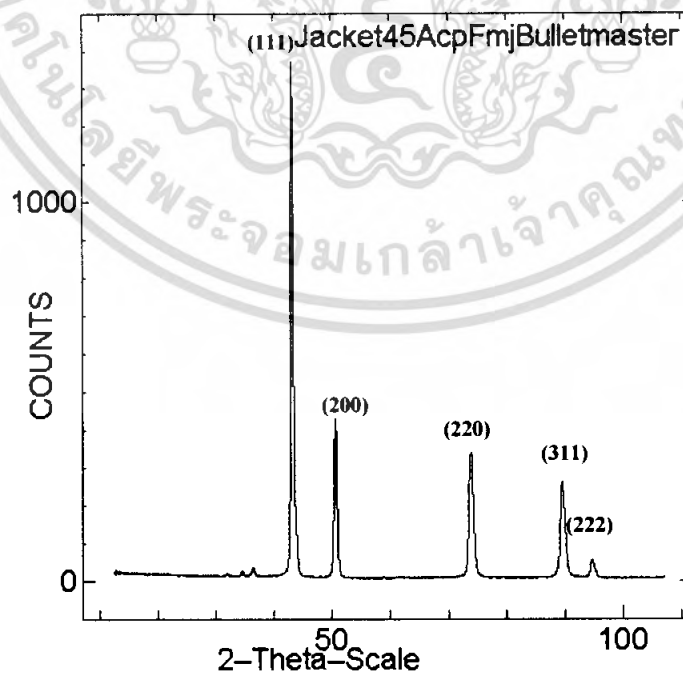
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9.3 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นJacketด้วย X-ray fluorescence spectroscopy: XRF จากการศึกษาด้วยเครื่องXRF ได้ผลดังรูป4.27



รูปที่ 4.27 ผลการวัดจากเครื่องXRFของส่วนที่เป็นJacketของกระสุนขนาด .45 หัวกระสุนชนิดFull metal jacket ยี่ห้อ Bulletmaster

4.9.4 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นjacketด้วย X-ray diffractometer: XRD จากการศึกษาด้วยเครื่องXRD ได้ผลดังรูป4.28



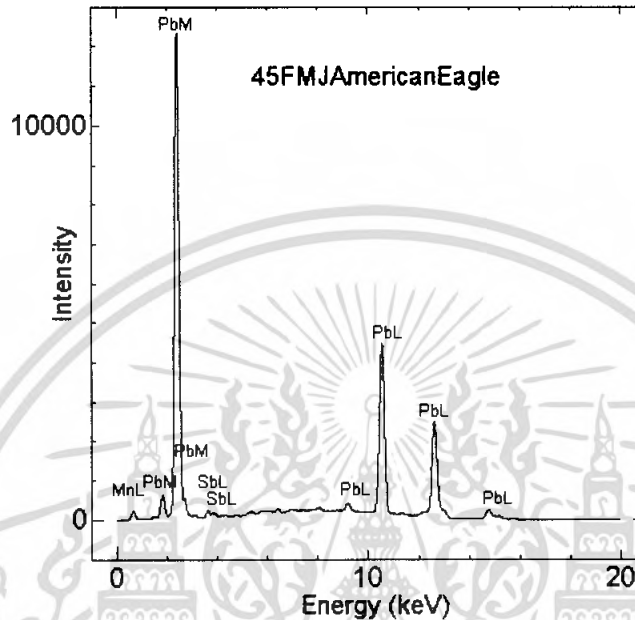
รูปที่ 4.28 ผลการวัดจากเครื่องXRDของส่วนที่เป็นJacketของกระสุนขนาด .45 หัวกระสุนชนิดFull metal jacket ยี่ห้อ Bulletmaster

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.10 กระสุนขนาด .45 หัวกระสุนชนิดFull metal jacket ยี่ห้อ Americaneagle

4.10.1 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย X-ray fluorescence spectroscopy: XRFS

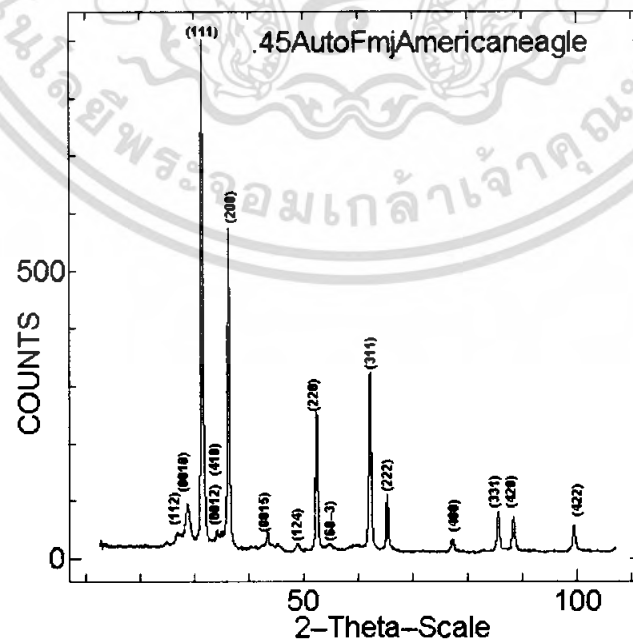
จากการตรวจสอบด้วยเครื่องXRF ได้ผลดังรูป4.29



รูปที่ 4.29 ผลการวัดจากเครื่องXRFSของกระสุนขนาด .45 หัวกระสุนชนิดFull metal jacket ยี่ห้อ Americaneagle

4.10.2 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย X-ray diffractometer: XRD

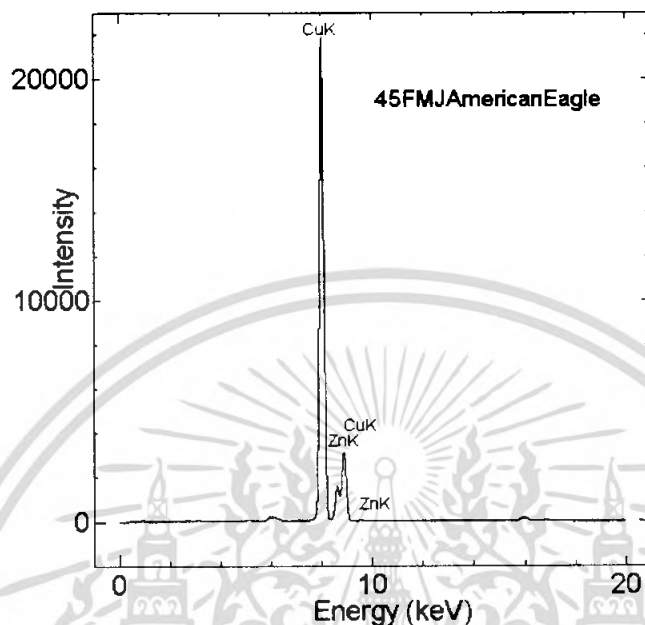
จากการตรวจสอบด้วยเครื่องXRD ได้ผลดังรูป4.30



รูปที่ 4.30 ผลการวัดจากเครื่องXRDของกระสุนขนาด .45 หัวกระสุนชนิดFull metal jacket ยี่ห้อ Americaneagle

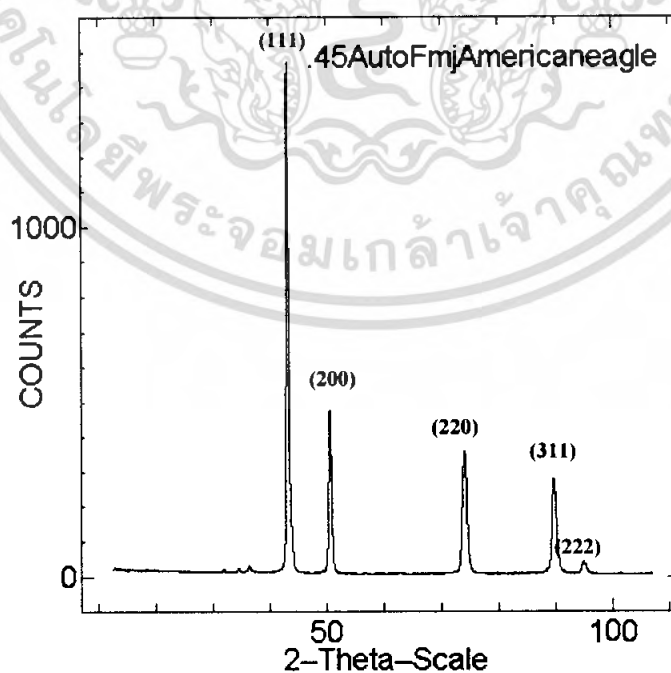
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10.3 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นJacketด้วย X-ray fluorescence spectroscopy: XRF จากการศึกษาด้วยเครื่องXRF ได้ผลดังรูป4.31



รูปที่ 4.31 ผลการวัดจากเครื่องXRFของส่วนที่เป็นJacketของกระสุนขนาด .45 หัวกระสุนชนิดFull metal jacket ยี่ห้อ Americaneagle

4.10.4 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นjacketด้วย X-ray diffractometer: XRD จากการศึกษาด้วยเครื่องXRD ได้ผลดังรูป4.32

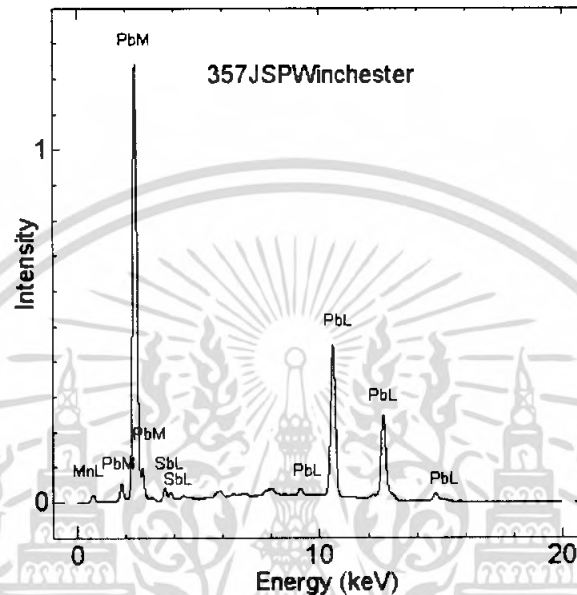


รูปที่ 4.32 ผลการวัดจากเครื่องXRDของส่วนที่เป็นJacketของกระสุนขนาด .45 หัวกระสุนชนิดFull metal jacket ยี่ห้อ Americaneagle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่งานวิจัยเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

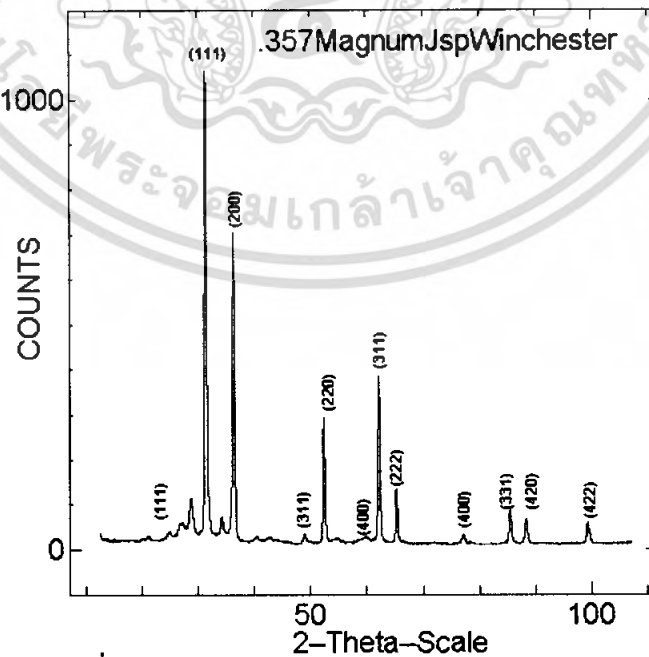
#### 4.11 กระสุนขนาด .357Magnum หัวกระสุนชนิดJacket soft point ยี่ห้อ Winchester

4.11.1 การตรวจสอบหาราชาที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย X-ray fluorescence spectroscopy: XRFs  
จากการตรวจสอบด้วยเครื่องXRF ได้ผลดังรูป4.33  
[ $\times 10^{+5}$ ]



รูปที่ 4.33 ผลการวัดจากเครื่องXRFsของกระสุนขนาด .357Magnum หัวกระสุนชนิดJacket soft point ยี่ห้อ Winchester

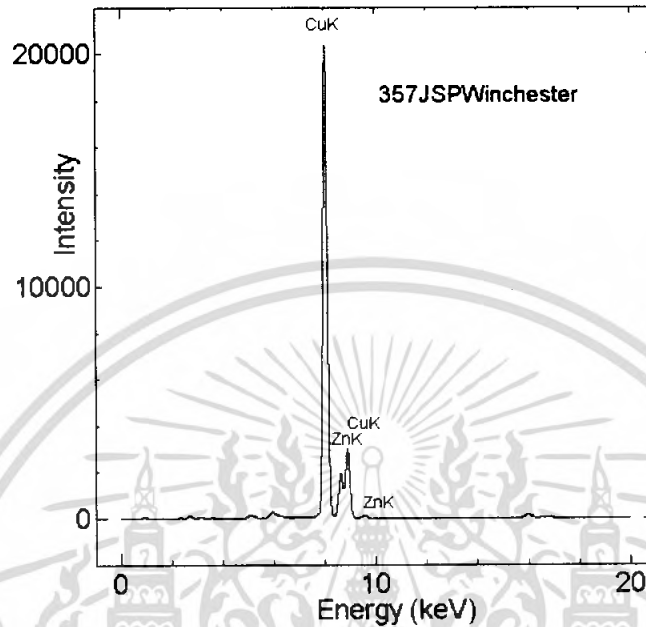
4.11.2 การตรวจสอบหาราชาประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนด้วย X-ray diffractometer:XRD  
จากการตรวจสอบด้วยเครื่องXRD ได้ผลดังรูป4.34



รูปที่ 4.34 ผลการวัดจากเครื่องXRDของกระสุนขนาด .45 หัวกระสุนชนิดJacket soft point ยี่ห้อ Winchester

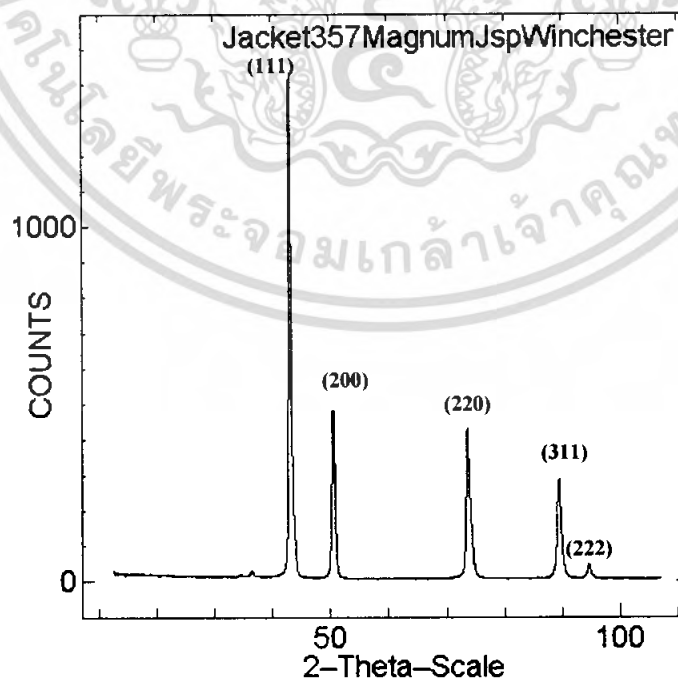
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.11.3 การตรวจสอบหาธาตุที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นJacketด้วย X-ray fluorescence spectroscopy: XRFS จากการตรวจสอบด้วยเครื่องXRF ได้ผลดังรูป4.35



รูปที่ 4.35 ผลการวัดจากเครื่องXRFSของส่วนที่เป็นJacketของกระสุนขนาด .357Magnum หัวกระสุนชนิดJacket soft point ยี่ห้อ Winchester

4.11.4 การตรวจสอบหาสารประกอบที่อยู่ในหัวกระสุนส่วนที่เป็นjacketด้วย X-ray diffractometer: XRD จากการตรวจสอบด้วยเครื่องXRD ได้ผลดังรูป4.36



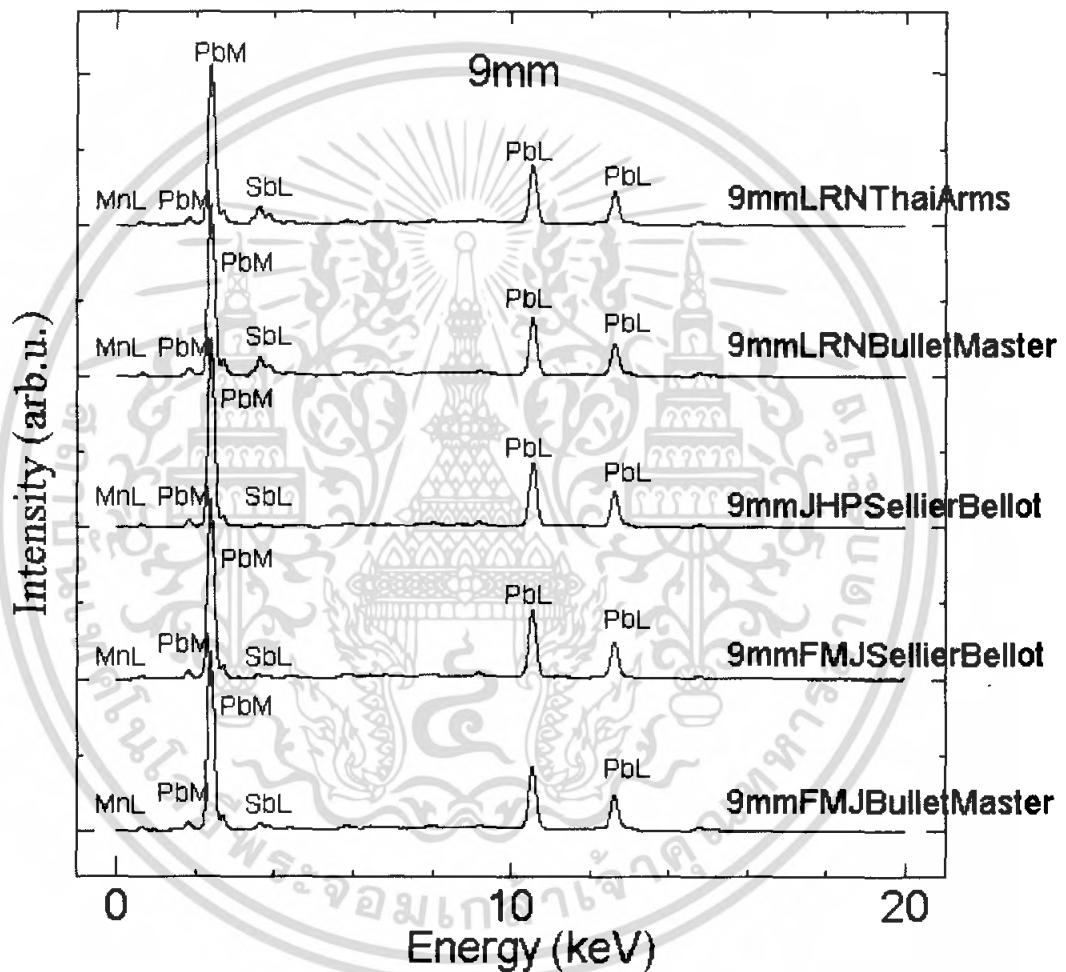
รูปที่ 4.36 ผลการวัดจากเครื่อง XRD ของส่วนที่เป็นJacketของกระสุนขนาด .357 หัวกระสุนชนิด Jacket soft point ยี่ห้อ Winchester

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.12 การเปรียบเทียบความแตกต่างของหัวกระสุนแต่ละชนิด

##### 4.12.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของหัวกระสุนขนาด 9 mm โดยใช้เครื่อง XRFs

เมื่อนำผลที่ได้จากเครื่อง XRFs มาพล็อตกราฟเปรียบเทียบกัน โดยใช้โปรแกรม NGraph จะได้ลักษณะดังรูปที่ 4.37 จะพบว่าหัวกระสุนที่เป็นชนิดหัวทองแดง (FMJ) จะมีปริมาณของธาตุ Sb น้อยกว่าหัวกระสุนชนิดที่เป็นตะกั่วล้วน (LRN)



รูปที่ 4.37 กราฟเปรียบเทียบผลที่ได้จากเครื่อง XRFs ของหัวกระสุนขนาด 9 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

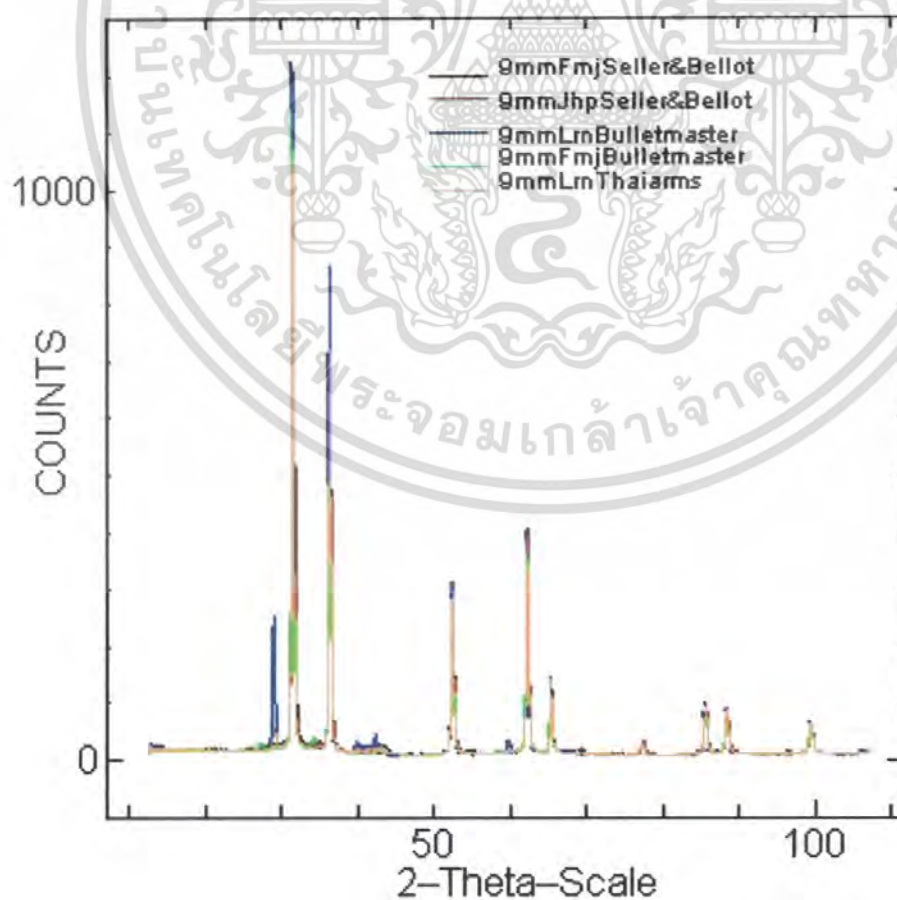
#### 4.12.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของหัวกระสุนขนาด 9 mm โดยใช้เครื่อง XRD

เมื่อนำผลที่ได้จากเครื่อง XRD มาพล็อตกราฟเปรียบเทียบกันโดยใช้โปรแกรม NGraph จะได้ลักษณะดังรูปที่ 4.38 ซึ่งจะเห็นว่ากราฟที่ได้นั้นมีความแตกต่างกันน้อยมาก แต่ก็ยังมี peak ที่แตกต่างกันอยู่ คือที่มุม  $29^{\circ}$   $34^{\circ}$   $39^{\circ}$   $42^{\circ}$   $59^{\circ}$  ดังแสดงในตารางที่ 1

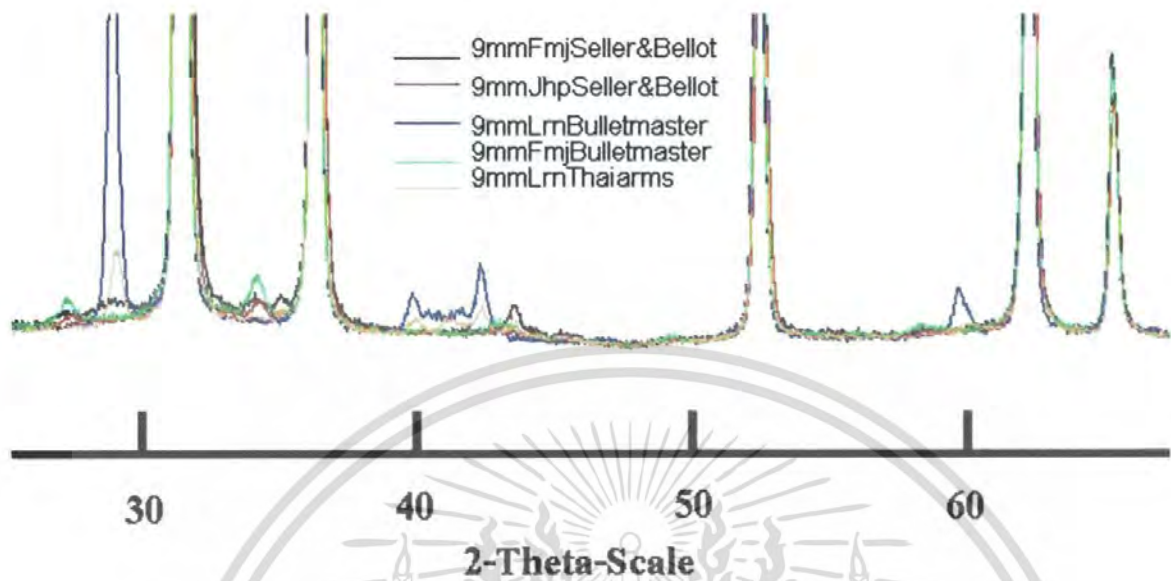
	$29^{\circ}$	$34^{\circ}$	$39^{\circ}$	$42^{\circ}$	$59^{\circ}$
FMJ SellierBellot	-	X	-	-	-
FMJ BulletMaster	-	X	-	-	-
JHP SellierBellot	-	X	-	-	-
LRN ThaiArms	X	-	X	X	-
LRN BulletMaster	X	-	X	X	X

X คือ peak ที่พบ

ตารางที่ 1 แสดง peak ที่พบที่มุมต่างๆ



เอกสารรูปที่ 4.38 กราฟเปรียบเทียบผลที่ได้จากเครื่อง XRD ของหัวกระสุนขนาด 9 mm ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

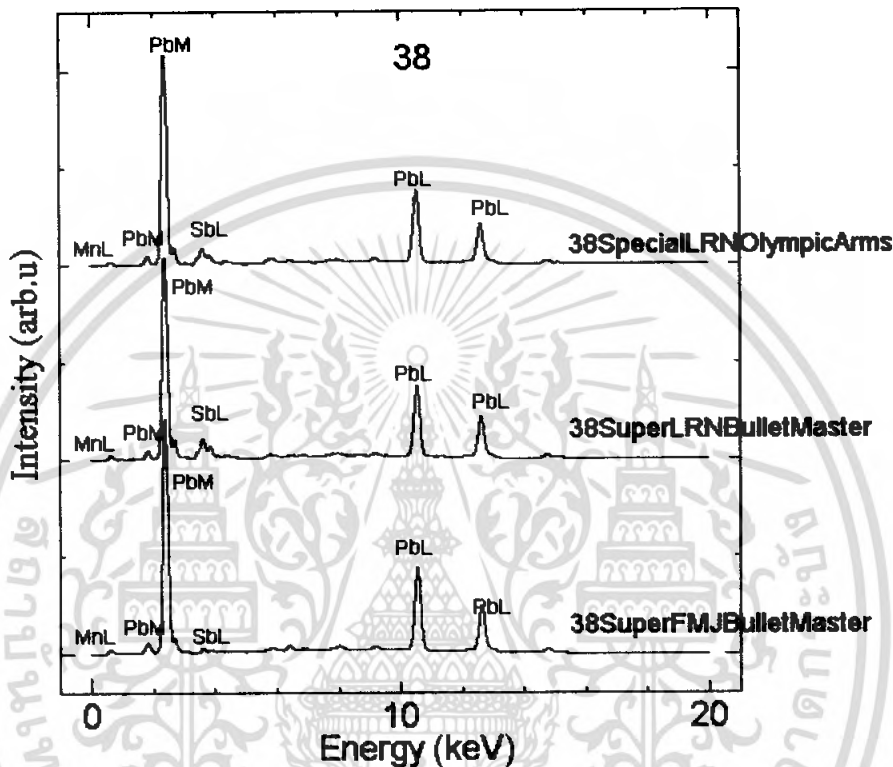


รูปที่ 4.39 (ขยาย)กราฟเปรียบเทียบผลที่ได้จากเครื่อง XRD ของหัวกระสุนขนาด 9 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.12.3 เปรียบเทียบความแตกต่างของหัวกระสุนขนาด .38 โดยใช้เครื่อง XRFS

เมื่อนำผลที่ได้จากเครื่องXRFS มาพล็อตกราฟเปรียบเทียบกันโดยใช้โปรแกรม NGraph จะได้ลักษณะดังรูปที่ 4.40 จะพบว่าหัวกระสุนที่เป็นชนิดหัวทองแดง (FMJ) จะมีปริมาณของธาตุ Sb น้อยกว่าหัวกระสุนชนิดที่เป็นตะกั่วล้วน (LRN)



รูปที่ 4.40 กราฟเปรียบเทียบผลที่ได้จากเครื่อง XRFS ของหัวกระสุนขนาด .38

4.12.4 เปรียบเทียบความแตกต่างของหัวกระสุนขนาด .38 โดยใช้เครื่อง XRD

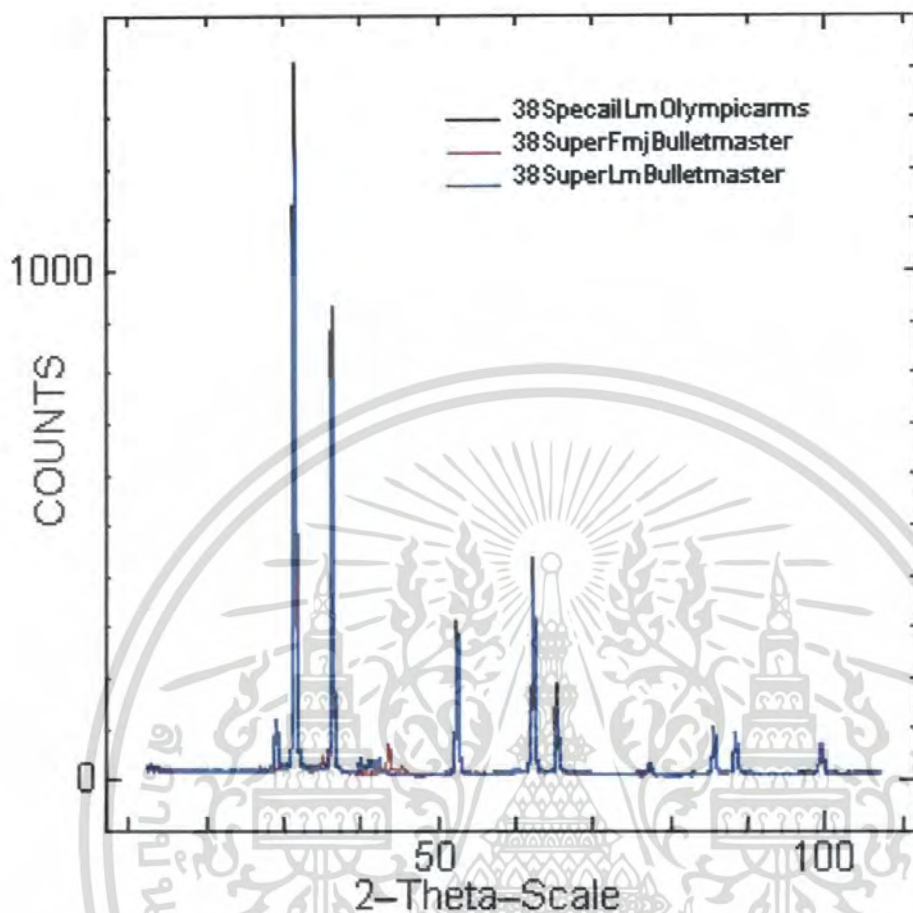
เมื่อนำผลที่ได้จากเครื่องXRD มาพล็อตกราฟเปรียบเทียบกันโดยใช้โปรแกรม NGraph จะได้ลักษณะดังรูปที่4.41 ซึ่งจะเห็นว่ากราฟที่ได้้นั้นมีความแตกต่างกันน้อยมาก แต่ก็ยังมี peak ที่แตกต่างกันอยู่ คือที่มุม  $29^{\circ}$   $34^{\circ}$   $39^{\circ}$   $41^{\circ}$   $42^{\circ}$   $43.5^{\circ}$   $46^{\circ}$  ดังแสดงในตารางที่ 2

	$29^{\circ}$	$34^{\circ}$	$39^{\circ}$	$41^{\circ}$	$42^{\circ}$	$43.5^{\circ}$	$46^{\circ}$
Special LRN OlympicArms	X	-	X	X	X	-	-
Super LRN BulletMaster	X	-	X	X	X	-	-
Super FMJ BulletMaster	-	X	X	X	X	X	X

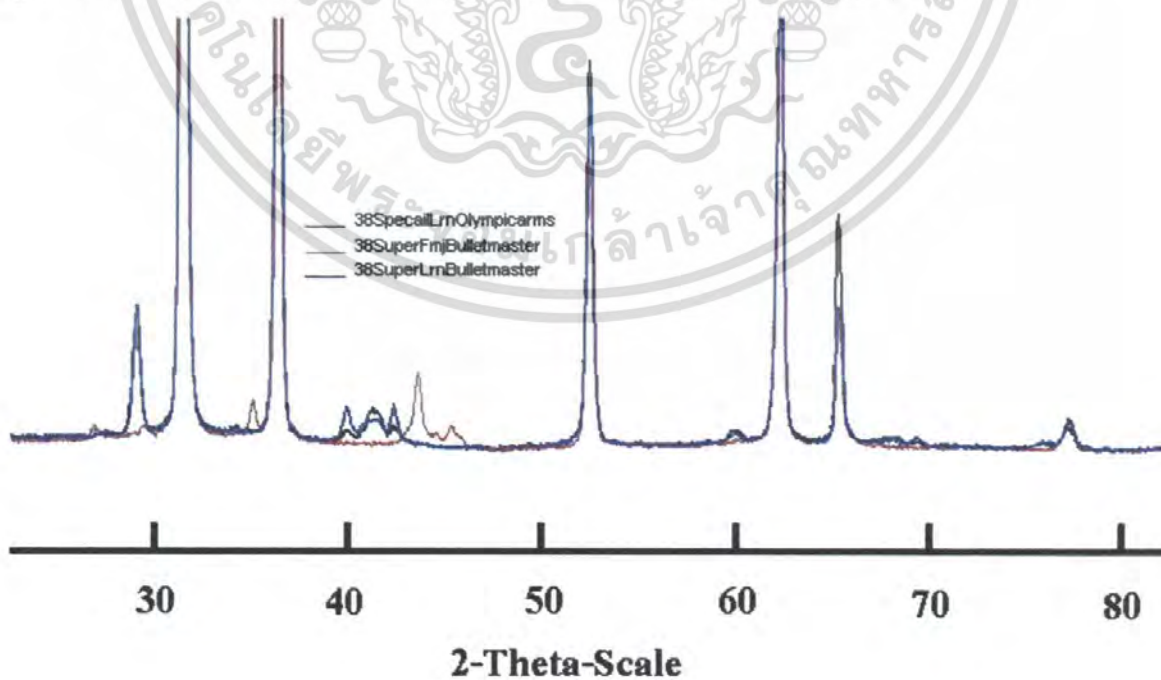
X คือ peak ที่พบ

ตารางที่ 2 แสดง peak ที่พบที่มุมต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



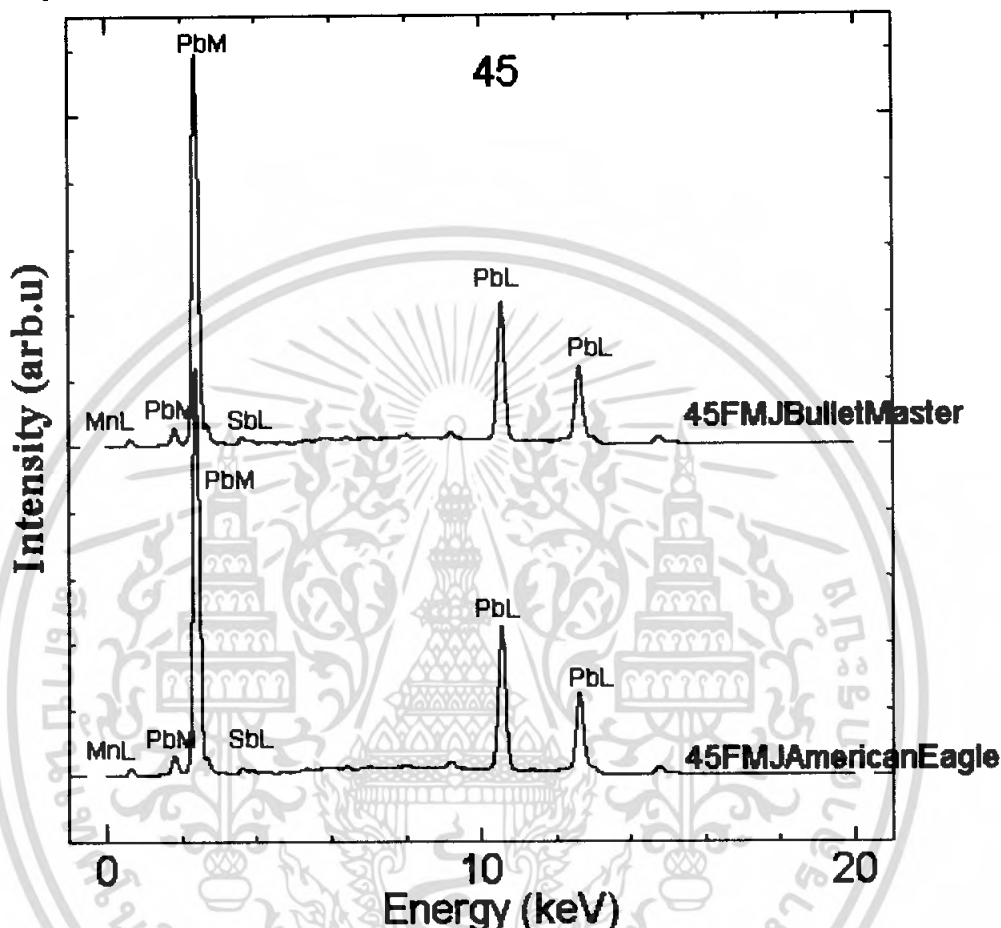
รูปที่ 4.41 กราฟเปรียบเทียบผลที่ได้จากเครื่อง XRD ของหัวกระสุนขนาด .38



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 4.42 (ขยาย)กราฟเปรียบเทียบผลที่ได้จากเครื่อง XRD ของหัวกระสุนขนาด .38  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.12.5 เปรียบเทียบความแตกต่างของหัวกระสุนขนาด .45 โดยใช้เครื่อง XRFS

เมื่อนำผลที่ได้จากเครื่องXRFS มาพล็อตกราฟเปรียบเทียบกันโดยใช้โปรแกรม NGraph จะได้ลักษณะดังรูปที่ 4.43 ซึ่งพบว่ามีความแตกต่างกันน้อยมาก



รูปที่ 4.43 กราฟเปรียบเทียบผลที่ได้จากเครื่อง XRFS ของหัวกระสุนขนาด .45

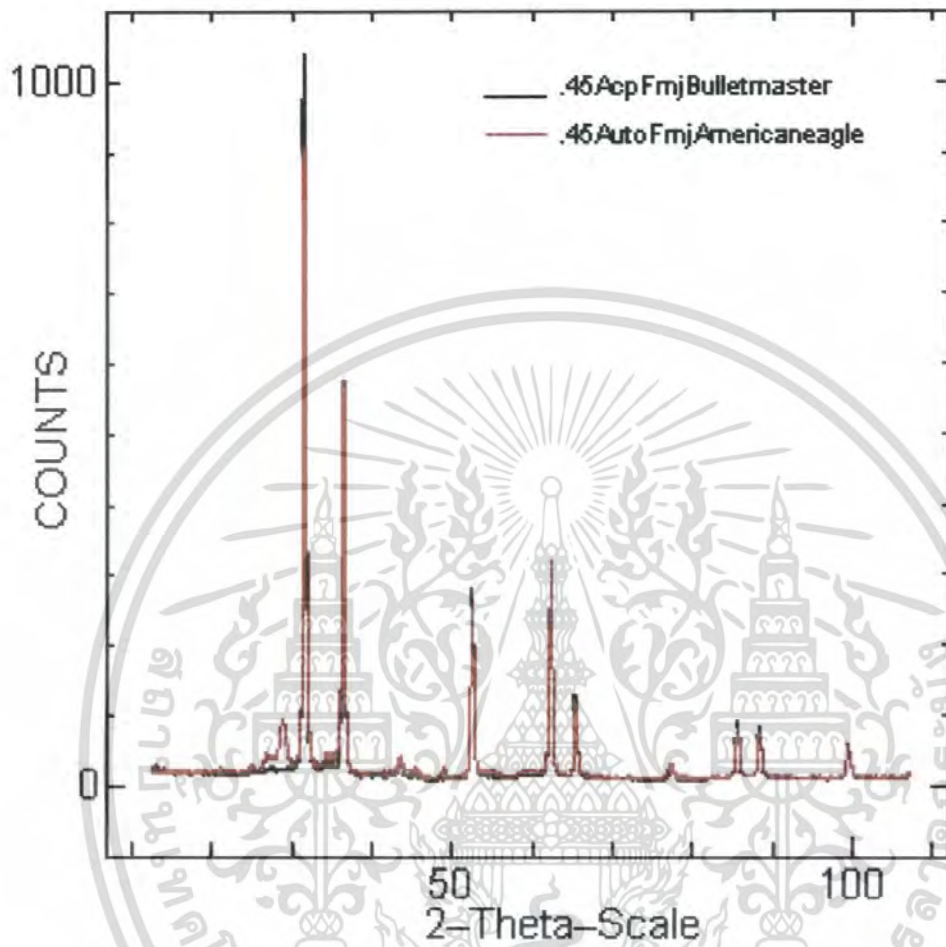
4.12.6 เปรียบเทียบความแตกต่างของหัวกระสุนขนาด .45 โดยใช้เครื่อง XRD

เมื่อนำผลที่ได้จากเครื่องXRD มาพล็อตกราฟเปรียบเทียบกันโดยใช้โปรแกรม NGraph จะได้ลักษณะดังรูปที่4.44 ซึ่งจะเห็นว่ากราฟที่ได้้นั้นมีความแตกต่างกันน้อยมาก แต่ก็ยังมี peak ที่แตกต่างกันอยู่ คือที่มุม  $28.7^{\circ}$   $48.7^{\circ}$  ดังแสดงในตารางที่ 3

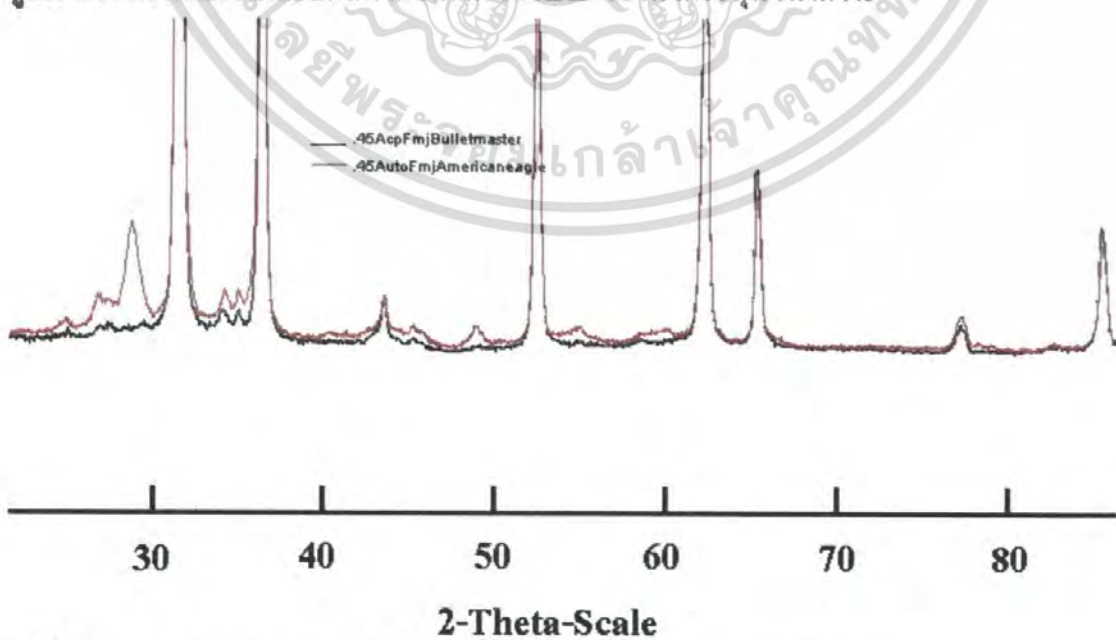
	$28.7^{\circ}$	$48.7^{\circ}$
FMJ AmericanEagle	X	X
FMJ BulletMaster	-	-

X คือ peak ที่พบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับวงใช้เฉพาะเพื่อตรวจสอบเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



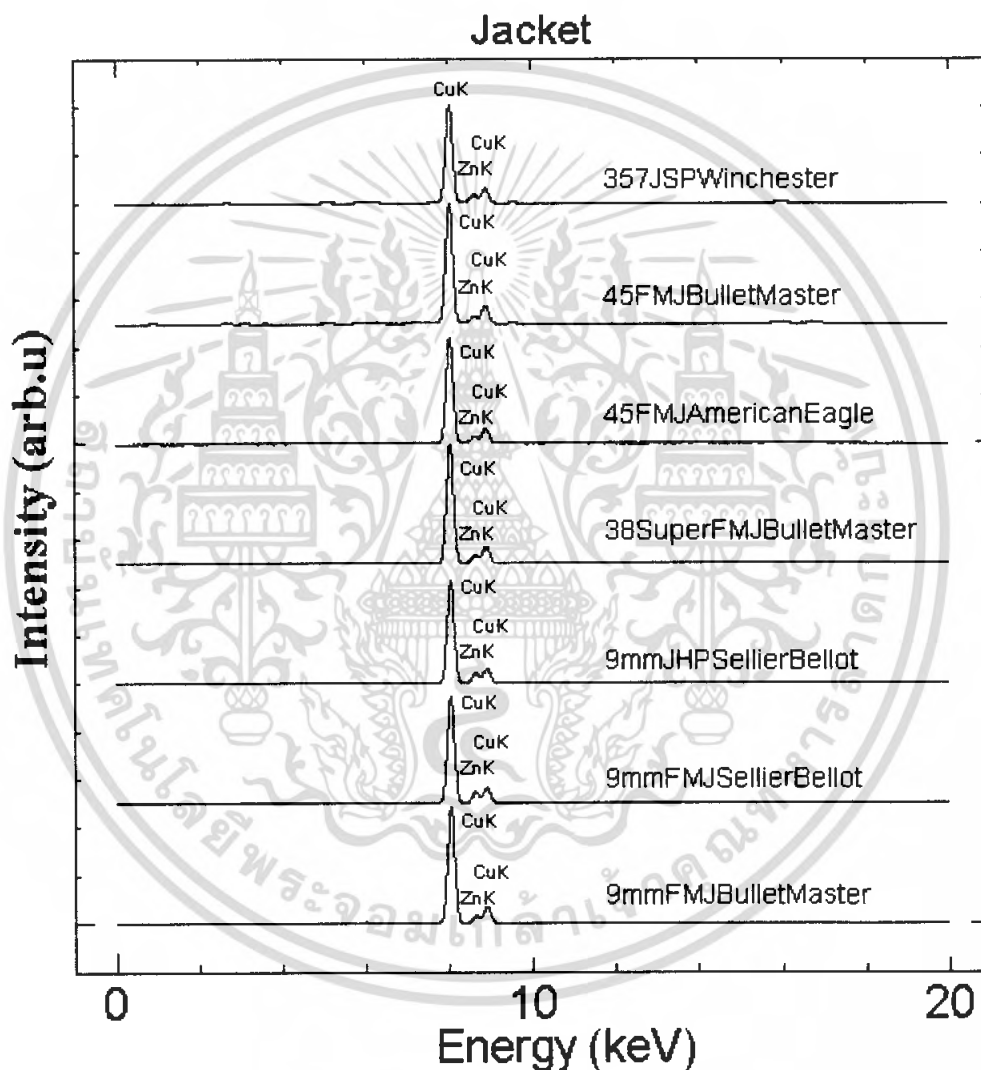
รูปที่ 4.44 กราฟเปรียบเทียบผลที่ได้จากเครื่อง XRD ของหัวกระสุนขนาด .45



เอก **รูปที่ 4.45** กราฟเปรียบเทียบผลที่ได้จากเครื่อง XRD ของหัวกระสุนขนาด .45 นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.12.7 เปรียบเทียบความแตกต่างของjacketของหัวกระสุนขนาดต่างๆ โดยใช้เครื่อง XRFS

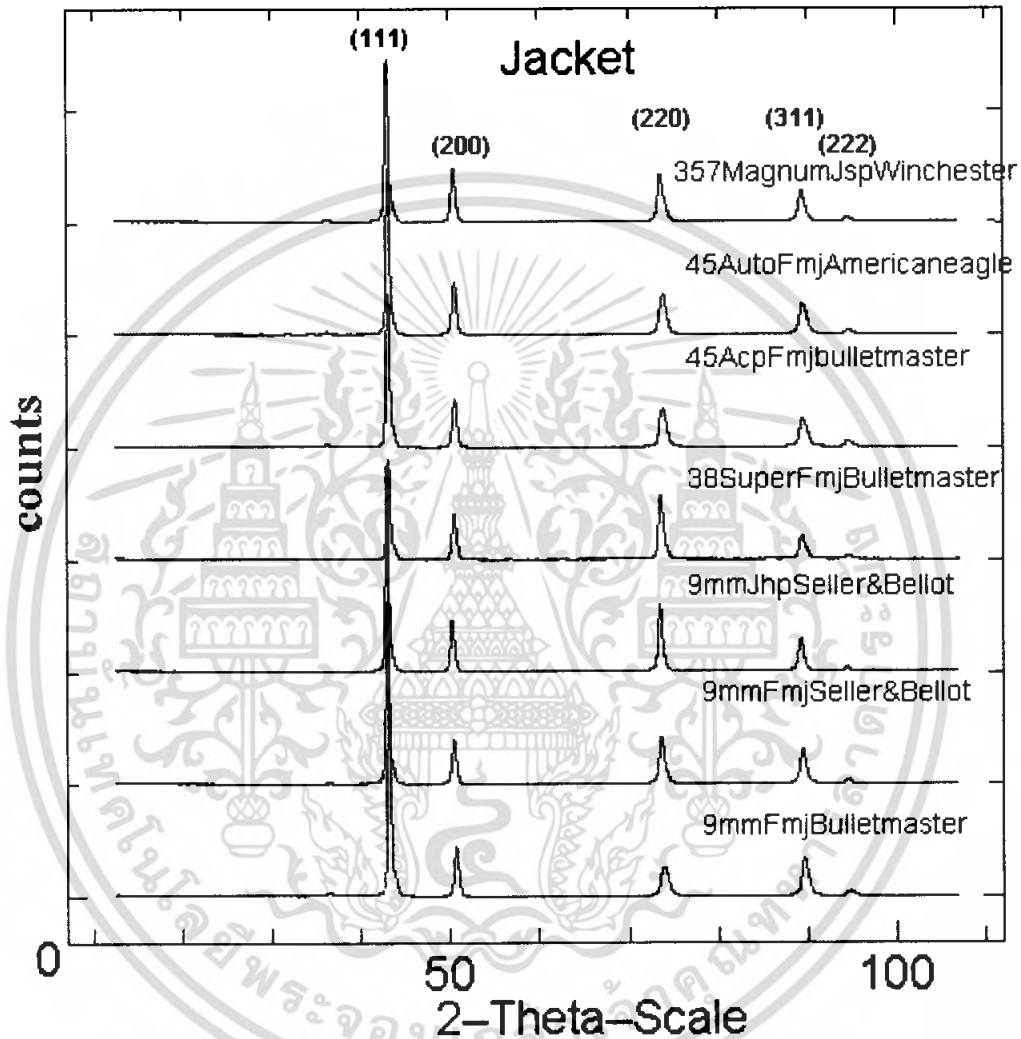
เมื่อนำผลที่ได้จากเครื่องXRFS มาพล็อตกราฟเปรียบเทียบกันโดยใช้โปรแกรม NGraph จะได้ลักษณะดังรูปที่ 4.46 ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน



รูปที่ 4.46 กราฟเปรียบเทียบผลที่ได้จากเครื่อง XRFS ของjacketของหัวกระสุนปืนทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.12.8 เปรียบเทียบความแตกต่างของjacketของหัวกระสุนขนาดต่างๆ โดยใช้เครื่อง XRD เมื่อนำผลที่ได้จากเครื่องXRD มาพล็อตกราฟเปรียบเทียบกันโดยใช้โปรแกรม NGraph จะได้ลักษณะดังรูปที่ 4.47 ซึ่งพบว่าไม่มีความแตกต่างกัน



รูปที่ 4.47 กราฟเปรียบเทียบผลที่ได้จากเครื่องXRD ของjacketของหัวกระสุนปืนทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการตรวจสอบหัวกระสุนชนิดต่างๆ ด้วยเครื่องXRF แล้วนำมาพล็อตกราฟเพื่อดูความสัมพันธ์ของพลังงานกับความเข้ม แล้วมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาธาตุที่มีในหัวกระสุนแต่ละชนิด จะพบว่า หัวกระสุนที่เป็นตะกั่วล้วนกับหัวกระสุนส่วนที่เป็นตะกั่วที่หุ้มด้วยทองแดง จะให้ลักษณะกราฟที่คล้ายกัน แต่แตกต่างกันที่ปริมาณของธาตุ Sb ที่มีอยู่ในหัวกระสุน โดยที่กระสุนชนิดหัวตะกั่วล้วนจะมีปริมาณของธาตุ Sb มากกว่าหัวกระสุนส่วนที่เป็นตะกั่วที่หุ้มด้วยทองแดง แต่ในส่วนทองแดงที่หุ้มไม่ว่าจะเป็นกระสุนชนิดใด ของบริษัทผู้ผลิตใดก็ตาม จะไม่พบความแตกต่างแต่อย่างใด

เมื่อได้ผลจากเครื่องXRF แล้วจะทำให้ทราบธาตุที่มีอยู่ในหัวกระสุนทั้งหมด จึงนำมาใช้ในการหาสารประกอบในหัวกระสุน จากการตรวจสอบหัวกระสุนชนิดต่างๆ ด้วยเครื่องXRD แล้วนำมาพล็อตกราฟเพื่อดูความสัมพันธ์ของความเข้มกับมุม $2\theta$  แล้วมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาสารประกอบที่มีในหัวกระสุนแต่ละชนิด จะพบว่า หัวกระสุนที่เป็นตะกั่วล้วนกับหัวกระสุนส่วนที่เป็นตะกั่วที่หุ้มด้วยทองแดง จะให้ลักษณะกราฟที่คล้ายกัน แต่ก็มีส่วนที่แตกต่างกันดังในผลการทดลองในบทที่ 4 แต่ในส่วนทองแดงที่หุ้มไม่ว่าจะเป็นกระสุนชนิดใด ของบริษัทผู้ผลิตใดก็ตาม จะไม่พบความแตกต่างแต่อย่างใด

#### ข้อเสนอแนะ

-เนื่องจากหัวกระสุนแต่ละชนิดมีธาตุเหมือนกัน จึงควรวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณธาตุของหัวกระสุนแต่ละชนิดด้วย

## เอกสารอ้างอิง

นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์. 2574. สเปกโทรสโกปีด้านการวิเคราะห์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พ.ต.ท.ศุภฤกษ์ อภรณ์รัตน์. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอาวุธปืน(สื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$d$ (Å)	$i$	$h$	$k$	$l$
2.46000	25	0	0	2
2.30000	20	1	0	0
2.08000	100	1	0	1
1.68000	14	1	0	2
1.33000	18	1	1	0
1.17000	12	1	1	2
1.12000	8	2	0	1
1.04000	2	2	0	2
0.94000	2	2	0	3
0.91000	2	1	0	5

Lattice : Hexagonal S.G. : P63/mmc (194) $a = 2.65910$ $c = 4.93530$ $Z = 2$	Mol. weight = 65.38 Volume [CD] = 30.22 $D_x = 7.185$ $D_m = 7.100$
--	--

Deleted and rejected by: Deleted by NDS card.  
 Color: White  
 Melting point: 420  
 Data collection flag: Ambient.

Hanawalt et al., Anal. Chem., volume 10, page 475 (1938)

Radiation : MoK $\alpha$ Lambda : 0.70900 SSIFOM : F10= 11(0.0710,13)	Filter : Beta d-sp : Not given
---	-----------------------------------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่วางกรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการทำไปใช้

nCs

d (Å)	i	h	k	l
5.58000	5			
3.12000	50	0	0	10
2.79000	50			
2.61000	100	0	0	12
2.46000	100			
2.31000	5			
2.14000	5			
2.09000	50	0	0	15

inc Carbide

attice : Hexagonal

Mol. weight = 161.47

G. : P (0)

Volume [CD]= 123.74

= 2.14000

Dx = 4.334

= 31.20000

Z = 2

General comments: Intercalate.

Sample preparation: A solution of Zn O<sub>2</sub> in tetrahydrofuran was added dropwise to a suspension of potassium graphite (K C<sub>8</sub>) in tetrahydrofuran. The mixture was stirred for 10 hours.

Analysis: Chemical analysis (wt.%): C 77.3.

Data collection flag: Ambient.

Braga, D., Ripamonti, A., Savoia, D., Trombini, C., Urani-Ronchi, A., J. Chem. Soc., Dalton Trans., page 2026 (1979)

Radiation : CuKα

Filter : Not specified

Lambda : 1.54180

d-sp : Debye-Scherrer

SSIFOM : F3= 2(0.1180,14)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการทำไปใช้

3

d (Å)	i	h	k	l
2.85500	100	1	1	1
2.47500	50	2	0	0
1.75000	31	2	2	0
1.49300	32	3	1	1
1.42900	9	2	2	2
1.23800	2	4	0	0
1.13590	10	3	3	1
1.10690	7	4	2	0
1.01050	6	4	2	2
0.95280	5	5	1	1
0.87520	1	4	4	0
0.83880	9	5	3	1
0.82510	4	6	0	0

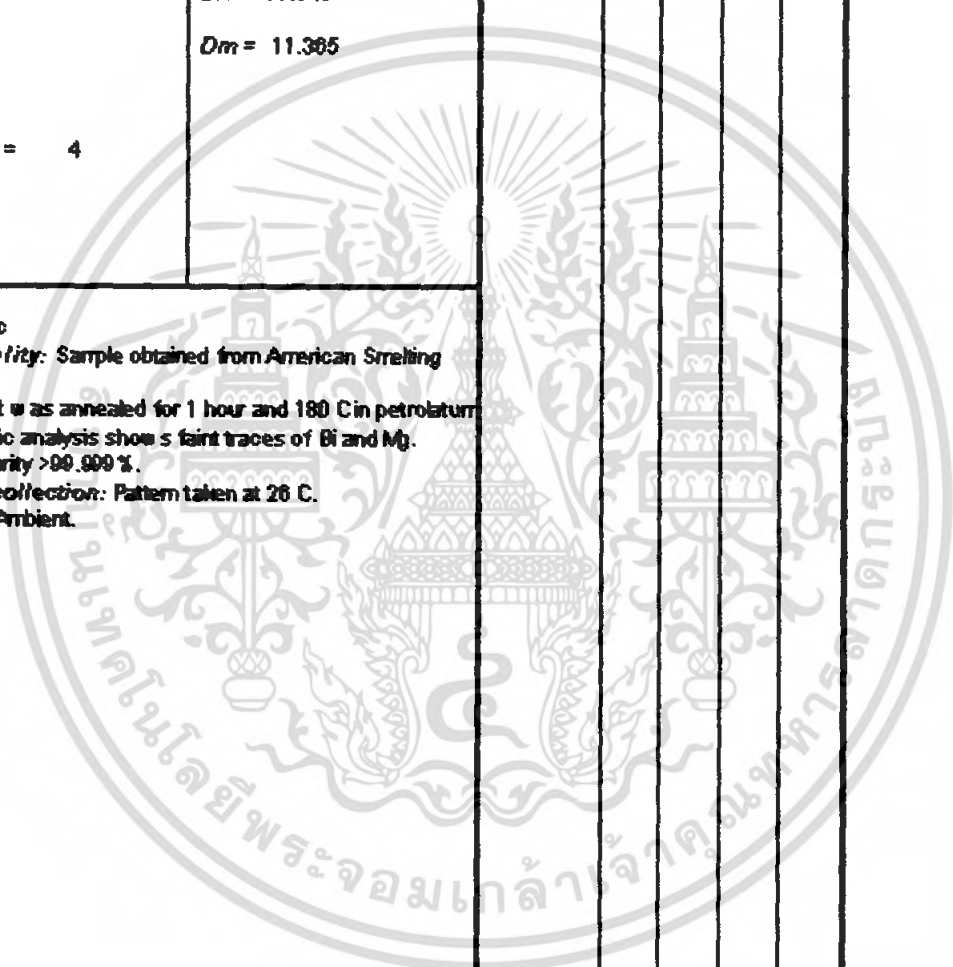
rad  
rad, syn

lattice : Face-centered cubic G. : Fm-3m (225) a = 4.95060	Mol. weight = 207.20 Volume [C.D.] = 121.33 Dx = 11.343 Dm = 11.365 Z = 4
--	---

Color: Light gray metallic  
 Sample source or locality: Sample obtained from American Smelting and Refining Company.  
 Sample preparation: It was annealed for 1 hour and 180 C in petrolatum.  
 Analysis: Spectrographic analysis shows faint traces of Bi and Mg.  
 General comments: Purity >99.999%.  
 Temperature of data collection: Pattern taken at 26 C.  
 Data collection flag: Ambient.

Swanson, Tatge., Natl. Bur. Stand. (U.S.), Circ. 539, volume I, page 34 (1953)  
 CAS Number: 7439-92-1

Radiation : CuKα1	Filter : Beta
Lambda : 1.54056	d-sp : Not given
SS/FOM : F13= 67(0.0150,13)	



เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$K_2Zn(P_2O_7)_2$

Potassium Zinc Phosphate

$d$ (Å)	$i$	$h$	$k$	$l$
9.13000	12			
5.59000	20			
4.54000	12			
4.26000	20			
3.20000	20			
3.11000	100			
2.62000	50			
2.40000	16			
2.18000	18			
1.68100	16			

Space group : Not assigned

Mol. weight = 647.86

S.G. : (0)

Reason 'O' quality was assigned: O assigned because of small number of reflections and composition uncertain.  
Data collection flag: Ambient.

Morozova, N. et al., Russ. J. Inorg. Chem. (Engl. Transl.), volume 23, page 190 (1978)

Radiation :

Filter : Not specified

$d$ -sp : Not given

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สนับสนุนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

gallium Oxide

d (Å)	i	h	k	l
2.56000	100			
1.47000	25			

attice : Not assigned

Mol. weight = 187.44

G. : (0)

Deleted and rejected by: Delete: SW during 8-10 revision; October 31, 1961.  
 Sample preparation: Prepared from fresh gallia gel, quickly fired between filter paper sheets, and heated to 450-500 C for 10-60 minutes.  
 Data collection flag: Ambient.

Roy et al., J. Am. Chem. Soc., volume 74, page 719 (1952)

Radiation : CuKα

Filter : Beta

Lambda : 1.54180

d-sp : Not given

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\alpha$ OFz

Lead Oxide fluoride

d (Å)	i	h	k	l
3.33000	100			
2.88000	80			
2.04000	80			

attice : Not assigned

Mol. weight = 468.40

.G. : (0)

Deleted and rejected by: Deleted: Duplicate of 4-523; see 4-523 for complete pattern.  
Data collection flag: Ambient.

Bystrom., Ark. Kerri, Mineral. Geol., volume 24A, page 18 (1947)

Radiation :

Filter : Not specified

d-sp : Not given

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b,Bi)

minrony Bismuth  
minrony, bismuthian

d (Å)	i	h	k	l
3.77600	7	0	0	3
3.12500	100	0	1	2
2.25900	30	1	0	4
2.16300	25	1	1	0
1.93900	6	0	1	5
1.89400	7	0	0	6
*1.89400	7	1	1	3
1.77800	12	2	0	2
1.56200	9	0	2	4
1.46600	3	1	0	7
1.42200	8	1	1	6
1.37400	9	1	2	2

attice : Rhombohedral		Mol. weight = 126.98
.G. : R-3m (166)		Volume [CO] = 183.63
= 4.32600	Z = 6	Dx = 6.890
= 11.33000		Dm = 6.760

Sample source or locality: Specimen from Vitaniemi pegmatite, Erjavu area, Orivesi, Finland.  
 Analysis: Microprobe analysis (wt.%): Sb 88.3, Bi 10.5, As 0.4.  
 General comments: Unit cell given for hexagonal axes.  
 Color: Light gray metallic  
 Data collection flag: Ambient.

Lahá, S., Bull. Geol. Surv. Finl., volume 314, page 66 (1981)

Radiation : Cu	Filter : Beta
SSIFOM : F11= 20(0.0340,16)	d-sp : Diffractometer
	Internal standard : Quartz

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่สามารถแก้ไข ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

g.sCu<sub>2</sub>OsV<sub>2</sub>O<sub>8</sub>

Iver Copper Vanadium Oxide

attice : Monoclinic

.G. : (0)

= 11.34200

= 8.68200

= 8.65300

*a*b = 1.30636

*a*b = 0.99666

beta = 98.10

Mol. weight = 267.59

Volume [CD] = 843.57

Dx = 0.527

d (Å)	i	h	k	l
8.58000	3	0	0	1
4.34000	7	0	2	0
3.49000	1	1	1	2
3.39000	26	2	1	-2
2.90000	3	0	3	0
2.85410	100	0	0	3
2.67180	25	4	1	0
2.56360	80	4	0	1
2.35350	17	4	2	0
*2.35350	17	3	1	-3
2.29470	6	2	2	-3
2.28000	5	1	2	3
2.25270	3	5	0	-1
2.14140	10	0	0	4
2.05500	3	5	1	-2
*2.05500	3	1	4	1
1.85400	35	1	2	4
1.84080	40	2	3	3
1.75180	5	2	2	4
1.67680	32	6	0	-3
1.64220	5	2	5	-1
1.61810	5	2	5	1

Sample preparation: Vanadium oxide was reacted with copper and silver metals under vacuum at 600 C for at least 100 hours.  
Data collection flag: Ambient.

Volkov, V., Golovin, B., Russ. J. Inorg. Chem. (Engl. Transl.), volume 33, page 10-43 (1988)

Radiation : CuKα

Filter : Not specified

Lambda : 1.54180

d-sp : Diffractometer

SS/FOM : F20= 3(0.0300,243)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ca0.96Sr0.04Bi0.05(Cu0.53Al0.17)O6

alcium Copper Strontium Aluminum Bismuth Oxide

d (Å)	i	h	k	l
6.50540	3	0	2	0
3.25330	30	0	4	0
2.82390	100	2	4	0
2.66310	10	3	1	1
2.60590	5	4	2	0
2.14120	8	4	4	0
1.89360	1	6	0	0
1.82170	2	6	2	0
1.81830	2			
1.79130	3	5	3	1

attice : Face-centered orthorhombic

Mol. weight = 524.12

.G. : Fmmm (69)

Volume [CD] = 581.53

a = 11.39300

Dx = 1.497

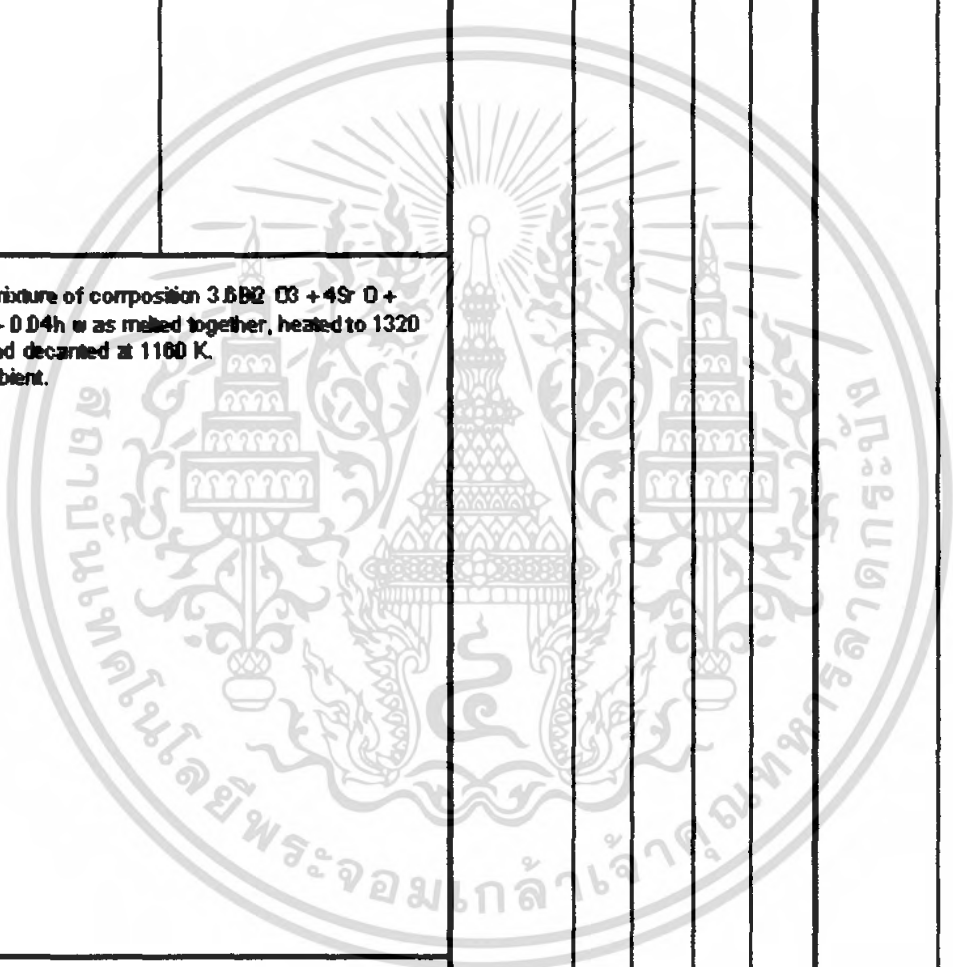
b = 13.04200

c = 3.91370

Ab = 0.87356

Bb = 0.30008

Sample preparation: Mixture of composition 3.682 O3 + 4Sr O + 0.96Ca O + 6Cu O + 0.4Pb + 0.04h was melted together, heated to 1320 C, cooled at 2 K per hour and decanted at 1160 K.  
Data collection flag: Ambient.



Leonyuk, L., Babonas, G.-J., Chernyshov, V., Rytakov, V., Maltsev, V., Baran, M., Acta Crystallogr., Sec. A: Found. Crystallogr., volume 56, page 140 (2000)

Radiation :

Filter : Not specified

d-sp : Not given

SS/FOM : F0= 5(0.0820,23)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้



Calcium Copper Strontium Bismuth Oxide

d (Å)	i	h	k	l
12.45000	48	0	0	1
4.17133	28	0	0	3
2.80533	76	1	0	3
2.67104	44	1	1	0
2.62175	35	1	1	1
2.48136	100	1	1	2
2.07584	30	1	0	5
*2.07584	30	0	0	6
1.90279	52	2	0	0

lattice : Tetragonal

Mol. weight = 663.39

Z.G. : (0)

Volume [CO] = 178.98

a = 3.79000

Dx = 6.155

c = 12.46000

Sample preparation: The superconductor Bi2Sr2Ca2Cu3O10-x was subjected to thermobaric treatment at 5 GPa and 750 C for 5 minutes.

General comments: Powder diffraction shows a mixture of Bi2Sr2CaCu3O8, Bi2Sr3Ca4O10, Cu2O and BiSr2CaCu2O7.

General comments: Reflections from the Bi-2122, Bi-2034 and unreacted Cu2O were removed from data given in reference.

Data collection flag: Ambient.

Kuz'micheva, G., Edoikirova, V., Khybov, E., Tarasova, T., Bogacheva, L., Kochetkov, V., Russ. J. Inorg. Chem (Engl. Transl.), volume 38, page 523 (1993)

Radiation : CuK $\alpha$

Filter : Not specified

Lambda : 1.54180

d-sp : Not given

SS/FOM : F8= 4(0.1080,17)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่วารณมีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Upper  
Upper, syn  
Also called:  $\alpha$ -brass

$d$ (Å)	$i$	$h$	$k$	$l$
2.08800	100	1	1	1
1.80800	48	2	0	0
1.27800	20	2	2	0
1.09000	17	3	1	1
1.04360	5	2	2	2
0.90380	3	4	0	0
0.82930	9	3	3	1
0.80830	8	4	2	0

Lattice : Face-centered cubic S.G. : Fm-3m (225) $a = 3.61500$	Mol. weight = 63.55 Volume [CC] = 47.24 $D_x = 8.935$ $D_m = 8.950$ Z = 4
--	---

Melting point: 1083  
 Color: Red  
 Sample preparation: It had been heated in an H<sub>2</sub> atmosphere at 300 C.  
 Additional pattern: See ICSD64699 (PDF 01-085-1326).  
 Sample source or locality: Sample from metallurgical laboratory of NBS Gaithersburg, Maryland, USA.  
 Temperature of data collection: Pattern taken at 26 C.  
 General comments: Impurities from 0.001-0.01%, Ag, Al, Bi, Fe, Si, Zn.  
 Reflectance: Opaque mineral optical data on specimen from unspecified locality,  $R_p\% = 0.05$ ,  $D_{sp} = \text{Std}$ .  
 Vickers hardness number:  $VHN_{0.05} = 90-104$ .  
 Data collection flag: Ambient.

Swanson, Tatge., Natl. Bur. Stand. (U.S.), Circ. 539, volume I, page 15 (1953)

CAS Number: 7440-50-8

Radiation : CuK $\alpha$ 1

Filter : Beta

$\lambda$  : 1.54058

d-sp : Not given

SSA/FOM : F8= 87(0.0115,8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

U<sub>1.55</sub>Zn<sub>0.45</sub>Te

opper Zinc Telluride

d (Å)	i	h	k	l
3.54760	100	1	1	1
3.07250	40	2	0	0
2.17280	60	2	2	0
1.85310	90	3	1	1
1.77420	40	2	2	2
1.53630	30	4	0	0

lattice : Face-centered cubic Space Group : Fm-3m (225) a = 6.14520	Mol. weight = 239.17 Volume [C.D.] = 232.06 Dx = 6.846 Z = 4
---	---

Temperature of data collection: High temperature phase.  
 Polymorphism: Transforms to hexagonal cell below 512 C.  
 Data collection flag: Non ambient temperature.

Asadov, Yu., Academy of Sciences of Azerb., Baku, Azerbaijan., Private Communication (1994)

Radiation : CuKα Lambda : 1.54180 SSXFOF : F6=300(0.0033,0)	Filter : Beta d-sp : Diffractometer
---	--

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Formula: Cu3(PO4)2.F

Copper Phosphate Fluoride

d (Å)  
5.41000  
4.37000  
4.20000  
3.01000  
2.89000  
2.01000  
1.90000

i  
15  
16  
16  
14  
100  
14  
13

h

k

l

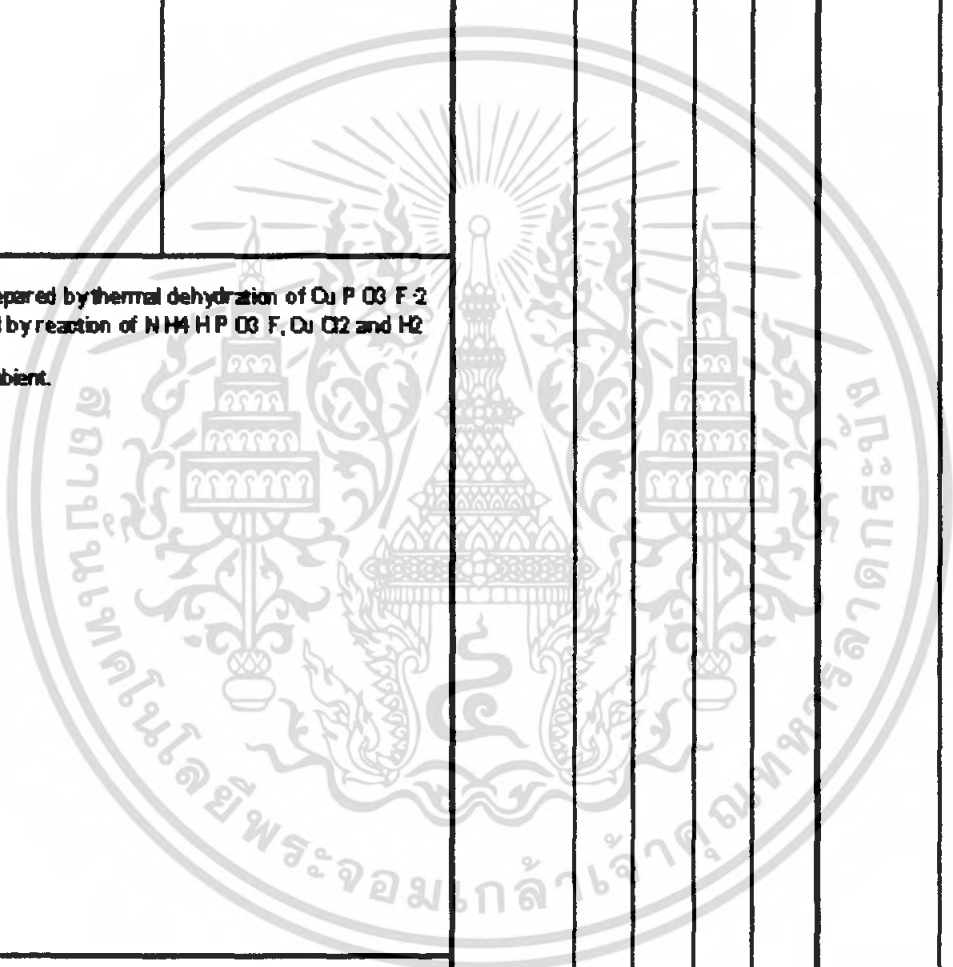
Space group: Not assigned

Mol. weight = 161.52

Z: 1

Sample preparation: Prepared by thermal dehydration of Cu3(PO4)2.F.2H2O, which was prepared by reaction of NH4H2PO4, CuO and H2O.

Data collection flag: Ambient.



Zeitig, M., Wallis, B., Mowius, F., Meisel, M., Z. Anorg. Allg. Chem., volume 600, page 231 (1991)

Radiation :

Filter : Not specified

d-sp : Diffractometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

สารประกอบ  
Bismuth Manganese Tantalum Oxide

d (Å)	i	h	k	l
3.50000	10			
3.30000	15			
3.11000	32			
2.83000	100			
2.20000	9			
2.14000	15			
2.10000	15			
1.70000	5			
1.60000	15			
1.42000	11			

Formula : Not assigned	Mol. weight = 247.83
G. : (0)	

Sample preparation: Bi Mn O3 + Ta2 O5 (0.03 mol) at 1150 C for 6 hours in air.  
Reason 'O' quality was assigned: O assigned because unindexed.  
Color: Black  
General comments: Hexagonal structure with long periodicity.  
Data collection flag: Ambient.

Shibahara, H., Department of Chemistry, Kyoto Univ. of Education, Gushimi-ku, Kyoto, Japan., Private Communication (1988)

Radiation : CuKα	Filter : Beta
Wavelength : 1.54180	d-sp : Diffractometer
	Internal standard : Si

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีไป

InSbO6

Indium Antimony Indium Oxide

$d$ (Å)	$i$	$h$	$k$	$l$
4.17400	5	1	0	0
2.05148	5	1	1	0
2.08700	100	2	0	0
1.04350	10	4	0	0

Shape : Cubic

System : (0)

$d$  : 4.17400

Mol. weight = 607.23

Volume [CC] = 72.72

$D_x$  = 13.866

$D_m$  = 7.310

Color: Black

General comments:  $D$ -values calculated using cell parameter given in reference.

Sample preparation: Stoichiometric mixture of BaCO3, H2O3 and SrCO3 was heated to 1100 C for 15 hours in air, cooled, then sintered at 1000 C for 20-50 hours. The resulting disk was used as target for the deposition of a film on Mg O by the pulsed-laser deposition technique.

data collection Range: Ambient.

Pauber, A., Tidrow, S., Finnegan, R., Wilber, W., Physica C: Superconductivity, volume 256, page 340 (1996)

Radiation : CuK $\alpha$ 1

Filter : Not specified

Lambda : 1.54050

$d$ -sp : Calculated spacings

SSA/FOM : F4=1000(0.0000,14)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

$1\text{Cu}_2\text{O} \cdot 2\text{ZnO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$

Copper Magnesium Zinc Iron Oxide

d (Å)	i	h	k	l
2.96800	32	2	2	0
2.63150	100	3	1	1
2.09870	20	4	0	0
1.66220	14			
1.58290	12			
1.48600	50	4	4	0

attice : Face-centered cubic

Mol. weight = 224.46

S.G. : Fd-3m (227)

Volume [CD] = 587.43

a = 8.37500

Dx = 0.634

Sample preparation: Prepared by a novel technique using oxalate precursors, followed by calcination at 600 C for 1 hour.  
Data collection flag: Ambient.

Bhosale, D., Dept. of Electronics, Shivaji Univ., Kolhapur, India., Private Communication (2000)

Radiation : CuK $\alpha$ 1

Filter : Monochromator crystal

Lambda : 1.54000

d-sp : Diffractometer

SSIFOM : F4= 4(0.1320,8)

External standard : Si

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่งานวิจัยที่ได้รับจัดสรรโดยงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ท่านกรุณา  
ไม่เผยแพร่ในที่อื่น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้