หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

5.1.1 การวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ปริมาณโมลิบดีนัมโดยใช้เทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบโดยวิธีการเติมสารมาตรฐานและวิธีการเจือจาง สารตัวอย่างร่วมกันเพื่อนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ในการสร้างกราฟมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างโดยไม่ทำลาย และใช้เวลาในการวิเคราะห์สั้น ทั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ WDX อินดัคทีฟคับเพิลด์พลาสมา และนิวตรอนแอคติเวชัน ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 4.1 จากผลการทดลองที่ได้ปรากฏว่าให้ผลสอดคล้องกัน โดยมีความเข้มข้นของโมลิบดีนัมอยู่ในช่วงระหว่าง 13 ถึง 50 เปอร์เซนต์

5.1.2 การสร้างกราฟมาตรฐานเพื่อวิเคราะห์ปริมาณโมลิบดีนัมในโลหะผสมหลักโดยไม่ทำลายตัวอย่าง สามารถสร้างกราฟได้ในช่วงปริมาณโมลิบดีนัม 13 ถึง 50 เปอร์เซนต์ ซึ่งได้ใช้ทั้งหัววัดรังสีชนิดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง และหัววัดรังสีพรอพอชันนัล ผลที่ได้แสดงไว้ในกราฟรูปที่ 4.3 4.4 4.5 และ 4.6 จากผลที่ได้พบว่ากราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มรังสีเอกซ์เรืองกับปริมาณโมลิบดีนัมในตัวอย่าง มีลักษณะใกล้เคียงกันมาก ต่างกันที่ความเข้มของรังสีที่วัดได้จากหัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูงมีค่าต่ำกว่าเล็กน้อยเท่านั้น อย่างไรก็ตามการใช้หัววัดรังสีเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูงมีจุดประสงค์เพื่อการเปรียบเทียบเท่านั้น เนื่องจากหัววัดชนิดนี้มีราคาแพงและต้องใช้ไนโตรเจนเหลวหล่อเย็นขณะใช้งาน

5.1.3 การหาเวลาและความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ปริมาณโมลิบดีนัมในโลหะผสมหลักด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ โดยไม่ทำลายตัวอย่างโดยใช้กราฟมาตรฐานที่สร้างขึ้น ได้ผลดังตารางที่ 4.6 4.7 และกราฟรูปที่ 4.7 ถึง 4.10 ซึ่งความคลาดเคลื่อนนั้นคำนวนโดยยึดถือผลการวิเคราะห์ของเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDXด้วยวิธีการเติมสารมาตรฐาน และการเจือจางตัวอย่างร่วมกัน (ตารางที่ 4.2 และ 4.4) เป็นเกณฑ์ และสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ของช่วงเวลาและค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม

โลหะผสมหลัก	% Mo ในตัวอย่าง*	เวลาสิ้นที่สุดที่ใช้ในการวิเคราะห์ (วินาที)	
		ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 1% ของ% Moในโลหะผสมหลัก	ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2% ของ% Moในโลหะผสมหลัก
Fe-Mo	13.54	30	5
Fe-Mo	49.09	60	20
Al-Mo	15.22	120	60
Al-Mo	47.26	300	210

* วิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ระบบ EDX โดยวิธีการเติมสารมาตรฐานและการเจือจางตัวอย่างร่วมกัน โดยใช้หัววัดรังสี HPGe

ผลที่ได้ในตารางที่ 5.1 เป็นเวลาที่สิ้นที่สุดที่ได้จากการวิเคราะห์โลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-เหล็ก ที่มีปริมาณ 13.54% 49.09% โลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-อะลูมิเนียม ที่มีปริมาณ 15.22% และ 47.26% เท่านั้น เมื่อต้องการหาเวลาสิ้นที่สุดที่ใช้ในการวิเคราะห์โลหะผสมหลักที่มีปริมาณใด ๆ ต้องทำการหาเวลาที่สิ้นที่สุดนี้ด้วยสารมาตรฐานที่มีปริมาณโมลิบดีนัมอื่น ๆ ประกอบด้วย อย่างไรก็ตามจากข้อมูลที่ได้ในตารางที่ 5.1 ก็สามารถใช้ประโยชน์ได้ กล่าวคือ ถ้าต้องการวิเคราะห์โลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-เหล็กที่มีปริมาณโมลิบดีนัมในช่วง 13.54 - 49.09 เปอร์เซนต์ เมื่อใช้เวลาในการวิเคราะห์ 60 วินาที จะให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 1 เปอร์เซนต์

จากผลการวิจัยที่ผ่านมาสามารถสรุปได้ว่า ในการใช้เครื่องวิเคราะห์รังสีเอกซ์เรืองระบบ EDX เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโมลิบดีนัมในโลหะผสมหลักโมลิบดีนัม-เหล็ก และโมลิบดีนัม-อะลูมิเนียม ได้ผลดังนี้

ก. สามารถวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็วและให้ค่าที่ถูกต้องมากพอสำหรับใช้ในการควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตโลหะผสมหลักโมลิบดีนัมอย่างต่อเนื่อง

ข. เป็นวิธีที่สะดวกมากในทางปฏิบัติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ๆ เช่น นิวตรอนแอคติเวชัน และอินดัคทีฟคัพเพิลด์พลาสมา เพราะสามารถทำการวิเคราะห์ได้โดยตรงไม่ต้องทำลายตัวอย่าง (nondestructive analysis)

ค. เครื่องวิเคราะห์ที่ใช้มีต้นทุนต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้เครื่องวิเคราะห์แบบช่องเดียว (single channel analyzer ; SCA) ดังจะกล่าวไว้ในหัวข้อ 5.2.3

ง. สามารถใช้ในการวิเคราะห์ธาตุอื่น ๆ ได้ ถ้าได้มีการศึกษาและปรับเทียบ (calibrate) ในลักษณะเดียวกับการวิเคราะห์โมลิบดีนัม

สำหรับวิธีนิวตรอนแอคติเวชัน และอินดัคทีฟคัพเพิลด์พลาสมา เป็นวิธีวิเคราะห์ที่มีความไวสูงและให้ผลถูกต้องแม่นยำ แต่ต้องวิเคราะห์ตัวอย่างแบบทำลาย (destructive analysis) ไม่สามารถวิเคราะห์โดยตรงได้ จึงต้องใช้เวลานานอีกทั้งต้องลงทุนสูงกว่าเครื่องวิเคราะห์รังสีเอกซ์เรืองมาก สำหรับเครื่องวิเคราะห์รังสีเอกซ์เรืองระบบ WDX นั้นอาศัยหลักการเดียวกับระบบ EDX ต่างกันเฉพาะอุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์รังสีเอกซ์เรืองเท่านั้น เครื่องวิเคราะห์รังสีเอกซ์เรืองระบบ WDX เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ที่มีความไวสูง และมีความแม่นยำสูง สามารถใช้วิเคราะห์ตัวอย่างโดยไม่ทำลาย (ถ้าตัวอย่างมีขนาดเล็ก) ในระยะเวลาสั้นได้ แต่มีราคาสูง จึงเหมาะสำหรับเป็นเครื่องวิเคราะห์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีส่วนประกอบต่าง ๆ กัน ในห้องปฏิบัติการมากกว่าที่จะใช้ในกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง

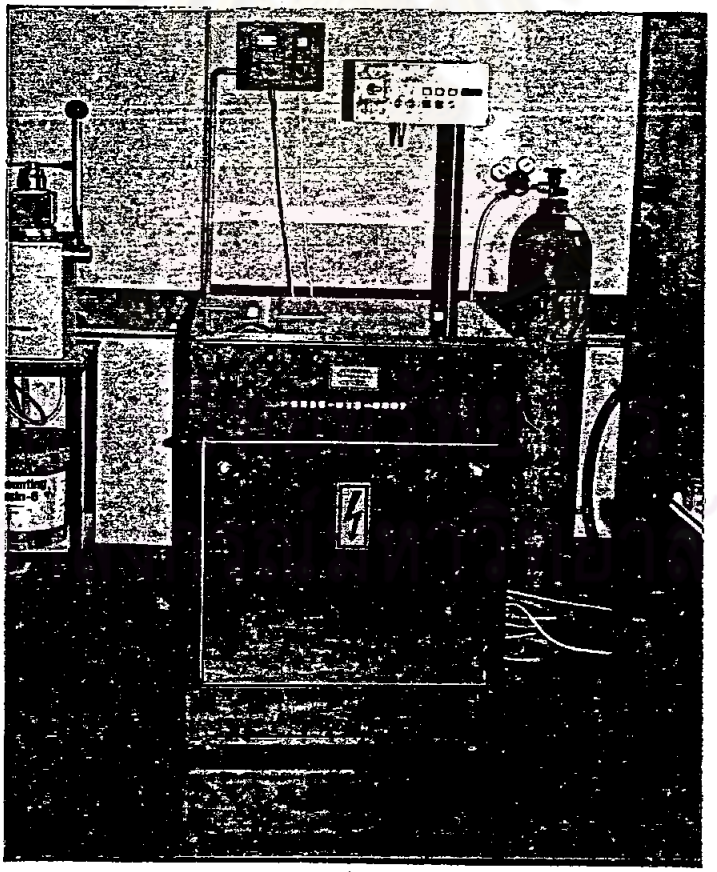
กรณีผลการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ 2 และ 11 (ในตารางที่ 4.1) โดยวิธีนิวตรอนแอคติเวชัน ให้ผลที่แตกต่างไปจากวิธีอื่น แต่ยังอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียง ส่วนผลวิเคราะห์โดยวิธีอินดัคทีฟคัพเพิลด์พลาสมานั้นพบว่า ผลการวิเคราะห์มีค่ามากกว่าวิธีเรืองรังสีเอกซ์ (ยกเว้นตัวอย่างที่ 1 และ 6) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อตัวอย่างมีปริมาณโมลิบดีนัมสูง ซึ่งเมื่อเทียบผลการวิเคราะห์จากต่างประเทศตัวอย่างที่ 11 แล้ว จะเห็นได้ว่าผลการวิเคราะห์โดยวิธีอินดัคทีฟคัพเพิลด์พลาสมาสูงกว่าถึง 5.73% ซึ่งคาดว่าเป็นเพราะวิธีอินดัคทีฟคัพเพิลด์พลาสมาเหมาะที่จะใช้วิเคราะห์ธาตุที่มีปริมาณน้อย ๆ ในตัวอย่าง และสารมาตรฐานที่ใช้มีปริมาณความเข้มข้นของโมลิบดีนัมต่ำเมื่อเทียบกับสารตัวอย่าง (สารมาตรฐานมีความเข้มข้นในช่วง 0.001 ถึง 0.01 กรัม/ลิตร สารตัวอย่างมีความเข้มข้นอยู่ในช่วงประมาณ 0.01 ถึง 0.06 กรัม/ลิตร) ดังนั้นในการวิเคราะห์ตัวอย่างทั้งหมดต้องทำการเจือจางสารตัวอย่างลงไปให้อยู่ในช่วงเดียวกับสารมาตรฐาน

5.2 ข้อเสนอแนะ

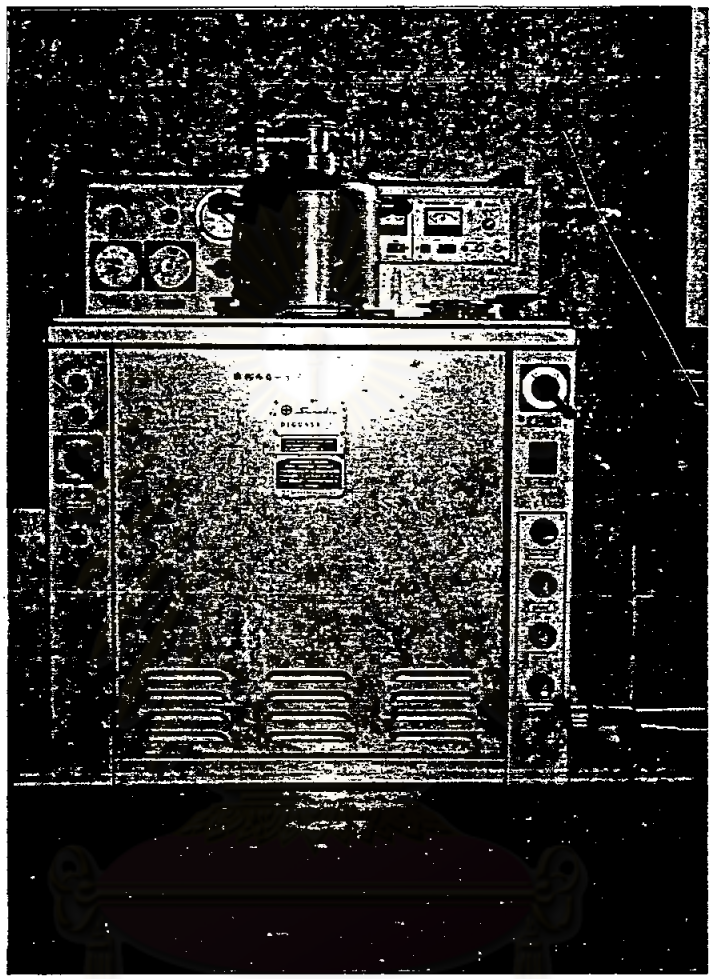
5.2.1 ในขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณโมลิบดีนัมในโลหะผสมหลัก

5.2.1.1 ควรเพิ่มจำนวนสารมาตรฐานและสารตัวอย่างในการวิเคราะห์ให้มีจำนวนมากขึ้น อันสามารถนำผลการวิจัย วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ซึ่งจะให้ได้ความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

5.2.2 ในขั้นการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณโดยไม่ทำลายและหาเวลารวมทั้งค่าความคลาดเคลื่อน ควรจะศึกษาและเตรียมตัวอย่างโดยเครื่องเตรียมตัวอย่าง high frequency induction furnace รูปที่ 5.1 หรือ high vacuum furnace รูปที่ 5.2 ซึ่งจะได้ชิ้นตัวอย่างที่มีเนื้อโลหะสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกันตลอด ทำให้ผลการวิเคราะห์ด้วยการเรืองรังสีเอกซ์มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

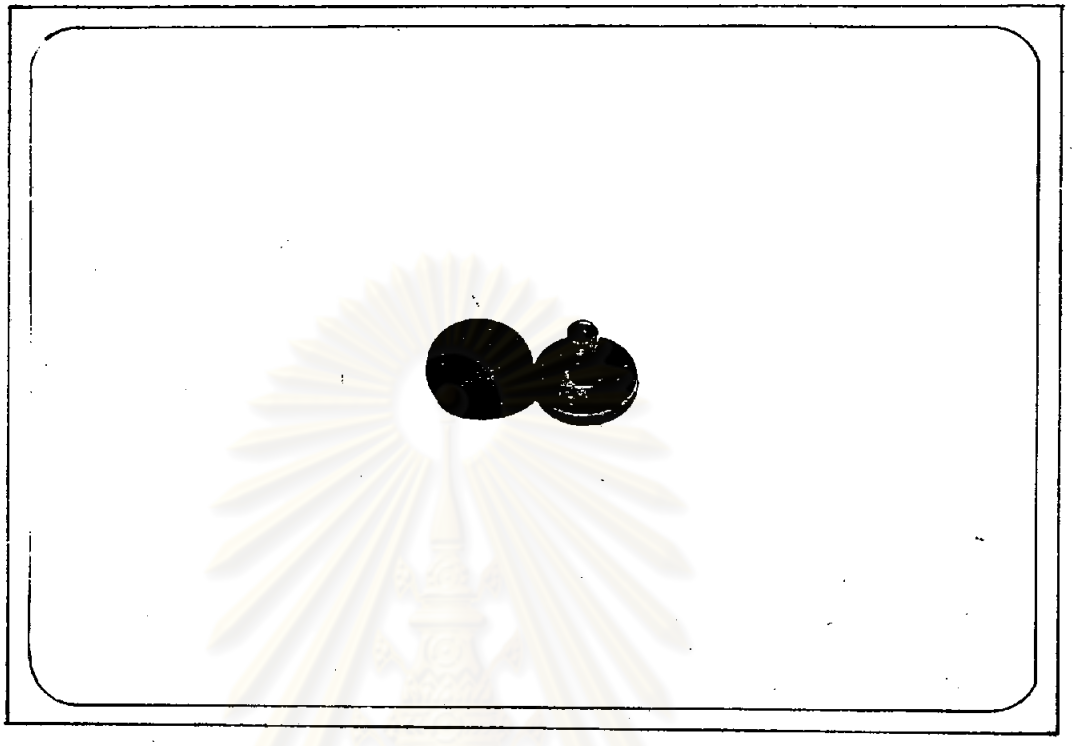


รูปที่ 5.1 เครื่องเตรียมตัวอย่าง high frequency induction furnace ของศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



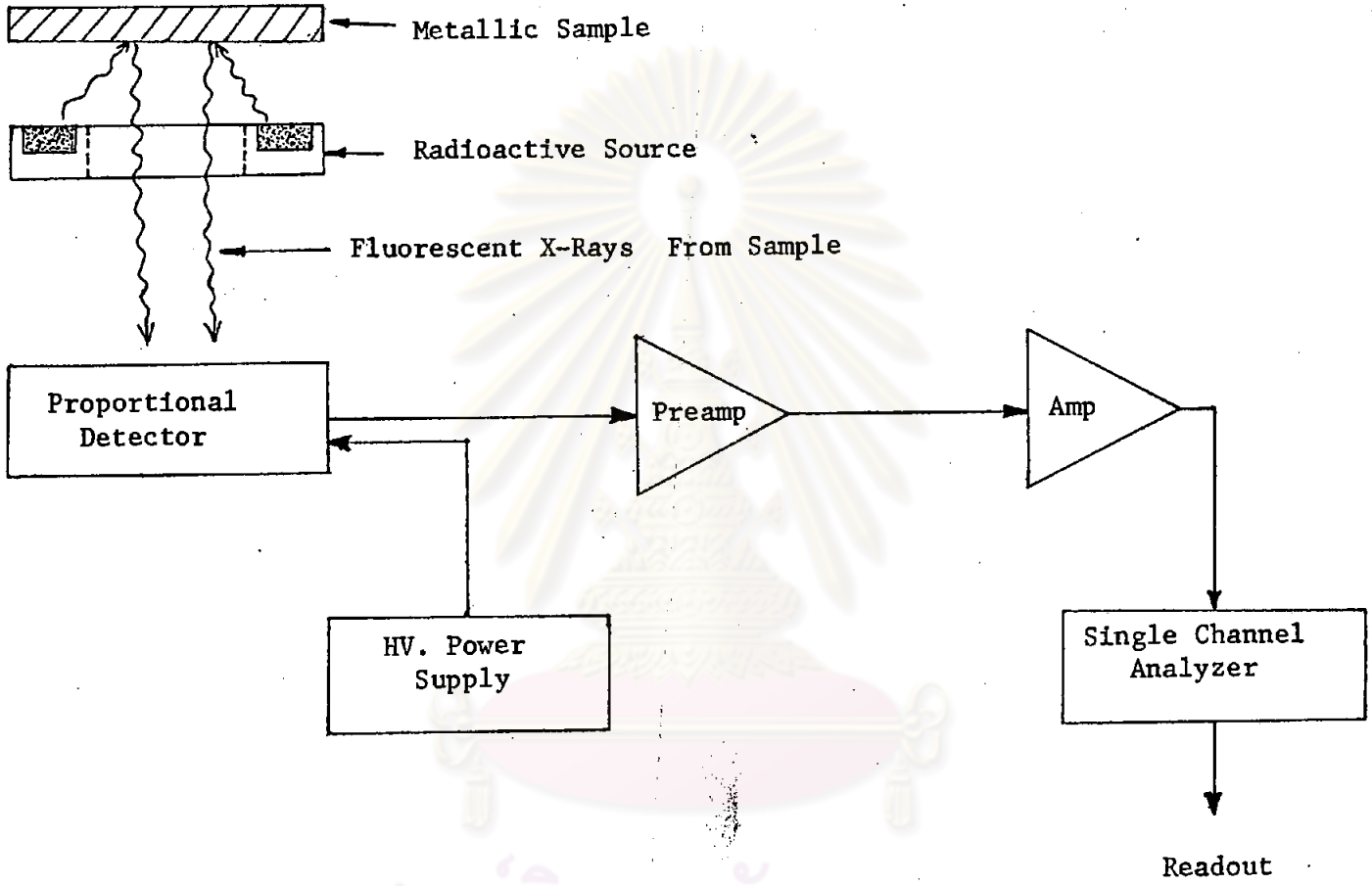
รูปที่ 5.2 เครื่อง high vacuum furnace ของศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.3 ลักษณะโดยทั่วไปของชิ้นตัวอย่างที่เตรียมได้จากเครื่องเตรียมตัวอย่าง high frequence induction furnace

5.2.3 ในขั้นการวิเคราะห์ปริมาณโมลิบดีนัมและหาเวลารวมทั้งความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อความประหยัด สามารถวิเคราะห์ได้ค่าความถูกต้องเท่าเดิมโดยการใช้หัววัดพรอพอชันนัลและเครื่องวิเคราะห์ชนิดช่องเดียว (single channel analyzer, SCA) โดยต่ออุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 5.4 ซึ่งจะเป็นการประหยัดค่าอุปกรณ์ในการวิเคราะห์มากทั้งนี้เพราะ SCA สามารถผลิตขึ้นใช้ได้เองภายในประเทศด้วยราคาประมาณ 10,000 บาท



รูปที่ 5.4 แสดงการจัดอุปกรณ์การวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์รังสีเอกซ์แบบช่องเดียว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย