บทที่ I

บทนำ

กล่าวโดยทั่วไปเราอาจให้คำจำกัดความของการเรืองรังสี (Fluorescence) ว่าเป็นการแผ่รังสีของสาร เมื่อสารนั้นได้รับ หรือดูดกลืนพลังงานจากอนุภาค หรือจาก exciting radiation ชนิดใดชนิดหนึ่งจากภายนอกและการแผ่รังสีนี้จะหยุดลงทันทีภายใน 10^{-8} วินาที เมื่อ excitation หยุดลง ดังนั้นการเรืองรังสีเอกซ (X-Ray fluorescence) ก็คือ การแผ่รังสีเอกซของสารภายหลังจากที่สารนั้นดูดกลืนพลังงานจากภายนอกเข้าไปนั่นเอง

ขบวนการเรืองรังสีเอกซนี้สามารถอธิบายได้โดยทฤษฎีอะตอมของบอห์ร กล่าวคือเมื่ออนุภาคที่เป็น exciting radiation ชนิดใดชนิดหนึ่งตกกระทบ และสูญเสียพลังงานส่วนหนึ่งให้แก่อิเลคตรอนในอะตอมของสารเป้า ทำให้อิเลคตรอนหลุดออกไปจากอะตอม หรือย้ายจากชั้นพลังงานหนึ่งไปยังอีกชั้นพลังงานหนึ่งแล้ว อิเลคตรอนที่อยู่ในชั้นพลังงานถัดไปจะย้ายลงมาแทนที่พร้อมกับคายพลังงานส่วนหนึ่งออกมาในรูปของรังสีเอกซ เรียกการทำให้เกิดการแผ่รังสีเช่นนี้ว่า Characteristic x-ray fluorescence หรือเรียกสั้น ๆ ว่า X-ray fluorescence ซึ่งก็คือ characteristic X-ray line spectra นั่นเอง ขนาดของพลังงานหรือความยาวคลื่นของรังสีเอกซ์นี้เป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของอะตอมของธาตุแต่ละชนิด หรือพูดอีกนัยหนึ่งว่า ธาตุต่างชนิดกันย่อมถูก excited ให้เกิดการเรืองรังสีเอกซ์ได้ขนาดความยาวคลื่นต่างกัน ถ้า exciting radiation ได้จากการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี ก็เรียกขบวนการเช่นนี้ว่า การเรืองรังสีเอกซโดยสารไอโซโทป (Radio-isotope X-ray Fluorescence)

โดยปกติเราอาจทำให้เกิดการเรืองรังสีเอกซได้ 2 วิธี คือ

1) โดยใช้วิธี excitation ของอนุภาคอิเลคตรอนโดยตรง ซึ่งเป็นขบวนการเช่นที่เกิดขึ้นในหลอดรังสีเอกซ กล่าวคือ เมื่ออิเลคตรอนที่มีความเร็วสูงโฟกัสให้ตกกระทบธาตุบริสุทธิ์ที่ใช้เป็นสารเป้า รังสีเอกซที่เกิดขึ้นจะเป็นคุณสมบัติของสารเป้านั้น

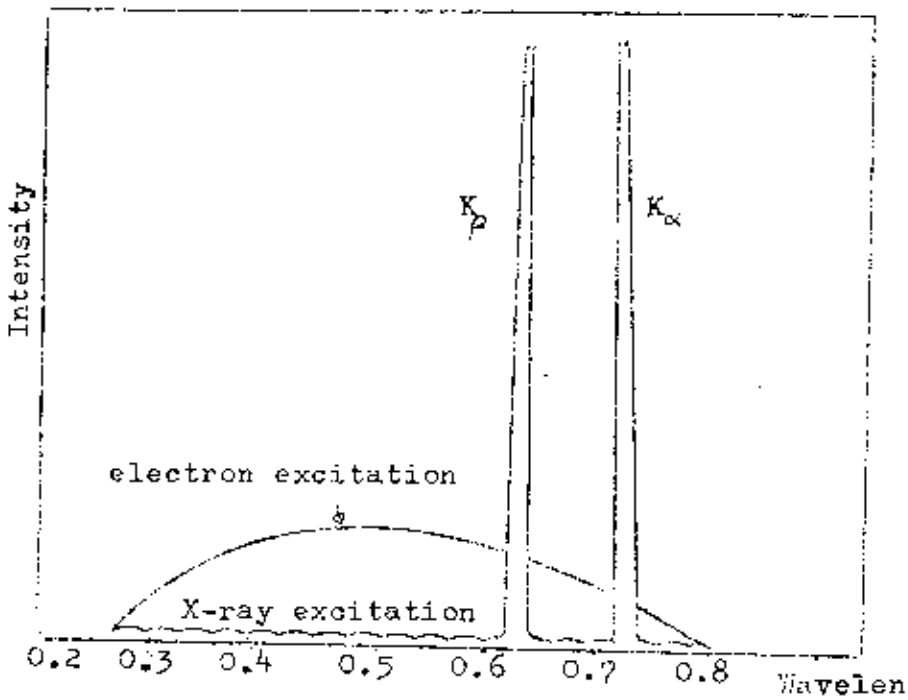
อย่างไรก็ดี การทำให้เกิดการเรืองรังสีเอกซโดยใช้อิเลคตรอนเป็น exciting particle นี้ นอกจากจะได้ characteristic X-ray line spectra แล้ว ยังเกิดสเปคตรัมต่อเนื่อง (continuous spectrum) ด้วย เนื่องจากการสูญเสียพลังงานจลน์ของอิเลคตรอน (ดูรูปที่ 1)

2) โดยวิธี X-ray excitation หรือ fluorescence method ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้รังสีเอกซเป็น exciting radiation รังสีเอกซนี้อาจได้จากหลอดรังสีเอกซหรือจากสารไอโซโทปก็ได้ แต่ต้องมีพลังงานสูงกว่า critical excitation potential ของ characteristic x-ray spectra ของสารที่จะทำให้เกิดขึ้นด้วย

วิธีนี้มีข้อดีแก่การที่จะใช้ในงานวิเคราะห์โดยการเรืองรังสี เพราะเกิดสเปคตรัมต่อเนื่องหรือ Bremsstrahlung น้อยมาก (ดูรูปที่ 1)

Characteristic lines spectra ที่เกิดขึ้นนี้อาจเป็น K-lines L-lines หรือ M-lines หรือพร้อมกันก็ได้ กลุ่มของเส้นเหล่านี้รวมกันเป็น Characteristic spectrum ของอะตอมของสารเป้า

ถ้า exciting particle มีพลังงานสูงขึ้นมาก ๆ จะทำให้ characteristic radiation มีความเข้มสูงตามขึ้นไปด้วย ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับการเปลี่ยนความเข้มของสเปคตรัมต่อเนื่อง แต่สิ่งแน่ความเข้มจะเพิ่มขึ้น ความยาวคลื่นของ lines-spectra ก็ไม่เปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด.



รูปที่ 1[1] แสดงสเปคตรัมของรังสีเอกซของธาตุโมลิดีนัม เมื่อใช้อิเลคตรอนและรังสีเอกซที่มีพลังงานเท่ากันเป็น exciting radiation จะสังเกตเห็นความแตกต่างความเข้มรังสีของสเปคตรัมต่อเนื่อง.

สำหรับความเข้มสัมพัทธ์ระหว่าง K-lines และ L-lines ต่าง ๆ อาพิจารณาได้จากค่าเปรียบเทียบโดยประมาณจากตารางที่ 1 ซึ่งเส้นที่มีความเข้มสูงสุดมีค่าเท่ากับ 100.

อย่างไรก็ตามถึงแม้อนุภาคชนิดใด ๆ ก็อาจทำให้เกิดการเรืองรังสีเอกซได้ แต่ส่วนใหญ่ก็ไม่อาจนำมาใช้ในการวิเคราะห์ได้ เพราะประสิทธิภาพของการ excite ไม่เท่ากัน ดังรูปที่ 2 จะเห็นว่า สเปคตรัมของรังสีเอกซ

---

[1] H.A. Liebhafsky, et.al.; X-ray Absorption and Emission in Analytical Chemistry; New York, John Wiley & Sons, Inc.; p. 27 (1960)

ของโมลิบดีนัม ที่ได้จากการ excited โดยอิเลคตรอนพลังงาน 35 KeV และจาก polychromatic beam ของ 35 KV X-ray tube. ให้สเปคตรัมต่อเนื่องไม่เหมือนกัน กล่าวคือ เมื่อใช้อิเลคตรอนเป็น exciting particle ปรากฏว่าได้ background ซึ่งเป็น สเปคตรัมต่อเนื่องสูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับ background ที่ได้จากการใช้ รังสีเอกซ เป็น exciting radiation ดังนั้น การใช้รังสีเอกซ หรือ รังสีแกมม่าพลังงานต่ำจึงเหมาะสมที่จะใช้ excite ให้เกิด characteristic X-ray fluorescence ในการวิเคราะห์มากกว่าการใช้ อีเลคตรอน หรือ อนุภาคชนิดอื่น.

ตารางที่ I[2] ความเข้มสัมพัทธ์ของสเปคตรัม (Relative Line Intensities)

K spectrum		L spectrum		L spectrum	
$K_{\alpha 1}$	100	$L_{\alpha 1}$	100	$L_{\beta 4}$	4
$K_{\alpha 2}$	50	$L_{\beta 1}$	50	L_{ℓ}	3
$K_{\beta 1}$	21	$L_{\beta 2}$	20	$L_{\gamma 3}$	2
$K_{\beta 2}$	3	$L_{\alpha 2}$	11	$L_{\gamma 2}$	1
		$L_{\gamma 1}$	10	L_{η}	1
		$L_{\beta 3}$	6	$L_{\beta 6}$	1

[2] Ibid. P. 309