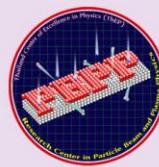


เครื่องวิเคราะห์ผิววัสดุ

XPS



ศูนย์วิจัยทางฟิзиคส์ของมหาวิทยาลัยและสถาบันฯ

เครื่องวิเคราะห์ XPS สำคัญอย่างไร

XPS เป็นตัวชี้ของกำลังว่า *X-ray Photoelectron Spectroscopy* ที่อาจแปลเป็นไทยได้ว่า “スペクトロスโคปีของอนุภาคอิเล็กตรอนที่ถูกปลดปล่อยด้วยรังสีเอกซ์” ดังแสดงในรูปที่ 1 อิเล็กตรอนที่ได้รับอิสระภายใต้การแบบนี้ เรียกว่า ไฟได้อิเล็กตรอน ไม่ว่าค่านี้แม่เหล็กไฟฟ้านั้นจะเป็นแสงธรรมชาติ UV หรือรังสีเอกซ์ก็ตาม

XPS เป็นเทคนิควิเคราะห์ที่ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ที่สามารถให้ข้อมูลสมบัติทางเคมีที่ระดับพิเศษของวัสดุในหลุมแห่งบุ่ม เช่น ชนิดและจำนวนธาตุองค์ประกอบ โครงสร้างทางเคมี ชนิดพันธะทางเคมี และสถานะออกซิเดชันของอะตอม เป็นต้น นอกเหนือนั้นยังรวมถึงความสม่ำเสมอของธาตุองค์ประกอบ สภาพทางเคมีของวัสดุที่เปลี่ยนไป หลังจากกระบวนการด้วยความร้อน สารเคมี ลำไยօ่อน พลาสติก หรือ รังสี UV เป็นต้น

เทคนิค XPS ใช้วิเคราะห์วัสดุได้มากماขหากลายชนิด ทั้งสารประกอบอินทรีชีส และอนินทรีชีส โลหะผสม เมนิกอนคัตเตอร์ พอดิเมอร์ แก้ว เจริญกิ๊ส สี สารเคลือบ กระดาษ หนัง ไม้ เครื่องสำอาง หิน กระถางฯลฯ จึงมีอุตสาหกรรมหลากหลายประเภทที่ต้องอาศัยเครื่อง XPS เช่น อุตสาหกรรมรถยนต์ แมตเตอร์ สารเคมี ก่อสร้าง เครื่องสำอาง ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ สิ่งทอ อาหาร แก้ว ภาชนะ หัวน้ำหล่อเหลี่ยม หลอดไฟฟ้า บรรจุภัณฑ์ กระดาษและไม้ พอดิเมอร์และพลาสติก สิ่งพิมพ์ โลหะฯลฯ

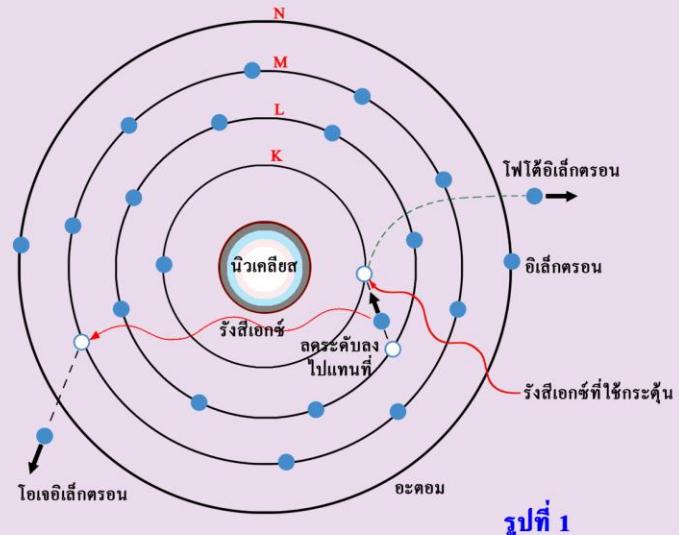
ภูมิหลัง

การที่ XPS เป็นเทคนิควิเคราะห์สมบัติทางเคมี จึงเป็นอีกด้วยที่ชัดเจนที่แสดงถึงคุณภาพของวิชาฟิสิกส์และนักฟิสิกส์ที่มีต่อการอื่นๆ เพราะการอีกด้วยนี่คือที่มาของเครื่องมือวิเคราะห์นี้เป็นผลมาจากการศึกษาเรื่องที่ช่วยสะสมข้อมูลนักฟิสิกส์หลายรุ่น ซึ่งคำนวณโดยใช้ต่อไปนี้ H. Hertz พนประภากูรภาพที่ต่อมาเรียกว่า Photoelectric effect เป็นครั้งแรก จากการทดลองในปี 1887 J. J. Thomson ทันพบ อนุภาคอิเล็กตรอน ในปี 1897 ปี 1900 เป็นปีที่นักฟิสิกส์ทฤษฎีความดันโดย M. Planck เป็นคนต้นติดน้ำใจปี 1900 ทฤษฎีอัตราความดันที่ใหม่ได้รับการพัฒนาขึ้นอย่างมากโดยนักฟิสิกส์ที่ต่อมาเรียกว่า Einstein สามารถอธิบาย ปรากฏการณ์ Photoelectric effect ได้ในปี 1914 H. Robinson กับ W. F. Rawlinson ทดลองใช้รังสีเอกซ์ทดลองปล่อยอิเล็กตรอนจากห้อง แต่ไม่ที่สุดไม่ได้พัฒนาต่อ เพราะติดปัญหาเรื่องวิธีการวัดพลังงานของไฟได้อิเล็กตรอน ให้แม่นยำ

ภายในหลังส่วนใหญ่ของไฟได้อิเล็กตรอนในอะตอมอนุภาคเป็นอิสระ เรียกว่า ไฟได้อิเล็กตรอนดังกล่าวแล้ว ซึ่งมีพลังงานลงที่เป็นไปตามสมการเบี้ยงต้นดังนี้

$$\text{ไฟได้อิเล็กตรอน} = \frac{\text{พลังงานของ}}{\text{รังสีเอกซ์}} - \frac{\text{พลังงานเบี้ยงต้น}}{\text{อิเล็กตรอนในอะตอม}}$$

ไฟได้อิเล็กตรอนจากผู้วิเคราะห์ที่ถูกทราบรวมและไฟก็สีไปที่รูปเดียวกัน ตรงปกทางเข้าของระบบวิเคราะห์ที่ล้างงานของอนุภาคอิเล็กตรอน ด้วยระบบเลนส์ไฟฟ้า ความยาวของชุดเลนส์นี้ คือ ประมาณ 50 เซนติเมตร ระบบวิเคราะห์ที่ล้างงานของอิเล็กตรอน ประกอบด้วยแผ่นโลหะคู่ที่นาน รูปที่ 3 วงกลม ต่อ กับ ศักย์ไฟฟ้า คงที่ ทำหน้าที่บังคับให้อิเล็กตรอนวิ่งไปด้วยด้วยรัศมี เคลื่อน 16.5 เซนติเมตร งานถึงแห่งหัวด้าม วิธีการวัดพลังงานของไฟได้อิเล็กตรอน



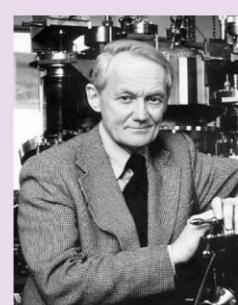
รูปที่ 1

หลักการทำงานโดยสังเขป

แผนภาพสรุปการทำงานหลักๆ ของเครื่อง XPS แสดงดังรูปที่ 3 จุดเริ่มต้นคือ การยิงรังสีเอกซ์พลังงานเดี่ยวใส่สัตว์ที่ต้องการวิเคราะห์ รังสีเอกซ์นี้จะทราบค่าพลังงานของรังสีเอกซ์ที่มีพลังงาน 1486.6 eV และด้านเป็นแมกนีเซียมจะให้พลังงาน 1253.6 eV รังสีเอกซ์อุ่นนี้จัดอยู่ในพวงก์ที่เรียกว่า soft X-rays (ไฟตอนนี้มีพลังงานในช่วง 200-2000 eV) รังสีเอกซ์ที่ใช้ค่าพลังงานสูงจะให้พลังงาน 1253.6 eV รังสีเอกซ์อุ่นนี้จัดอยู่ในพวงก์ที่เรียกว่า hard X-rays (ไฟตอนนี้มีพลังงานในช่วง 10,000 eV) พลิตจากหลอดที่เป็นแอลูминีียมทำด้วยโลหะหนัก จำพวกหังส์เดนและไม่ได้ให้รังสีเอกซ์พลังงานเดี่ยว

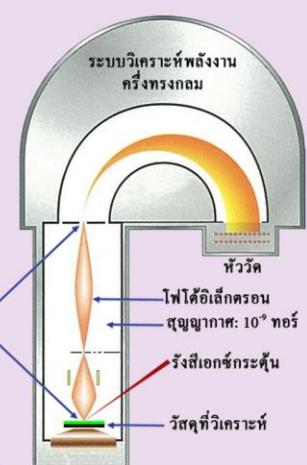
รังสีเอกซ์ปล่อยไฟได้อิเล็กตรอนในอะตอมอนุภาคเป็นอิสระ เรียกว่า ไฟได้อิเล็กตรอนดังกล่าวแล้ว ซึ่งมีพลังงานลงที่เป็นไปตามสมการเบี้ยงต้นดังนี้

$$\text{ไฟได้อิเล็กตรอน} = \frac{\text{พลังงานของ}}{\text{รังสีเอกซ์}} - \frac{\text{พลังงานเบี้ยงต้น}}{\text{อิเล็กตรอนในอะตอม}}$$

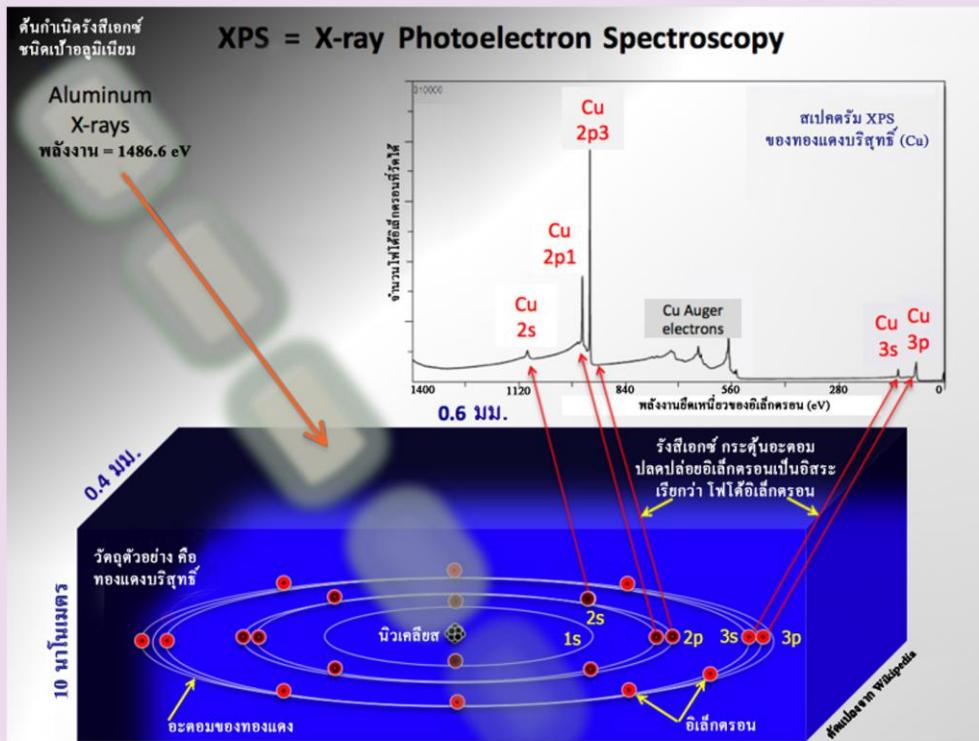


www.sciencedirect.com/article/228630/outline

รูปที่ 2



รูปที่ 3



รูปที่ 4 (ก)

แบบนี้ มีอัจฉริยะการจำแนกพลังงานสูงมาก คือ มีค่าระหว่าง 0.25 - 0.5 eV เท่านั้น จากพลังงานจลน์ของไฟฟ้าให้อิเล็กตรอนที่วัดได้ จากพลังงานของรังสีเอกซ์ที่ทราบค่านั้นและจากสมการที่ 1 ทำให้ทราบว่าไฟฟ้าให้อิเล็กตรอนตัวนี้ เคลยก็คืนเห็นข้อมูลในอะตอมที่ระดับพลังงานใด จาบนั้นนำไปสู่การทราบว่า อะตอมนี้ คือ อะตอมของธาตุอะไร รวมถึงข้อมูลอื่นๆ โดยใช้ Software และ Data base ของเก็บอยู่ที่มีผู้ทำไว้แล้วช่วยในการวิเคราะห์ ฐานข้อมูลหนึ่งที่น่าสนใจเป็นของ National Institute of Standards and Technology (NIST) ของกระทรวงพาณิชย์แห่งสหรัฐอเมริกา (ดูที่ <http://srdata.nist.gov/xps/>) ที่กล่าวมาได้สรุปให้เห็นเป็นภาพได้ดังรูปที่ 4

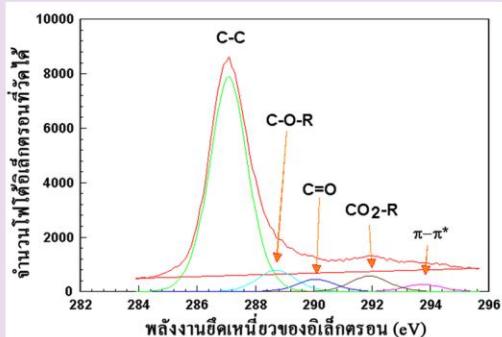
รูปที่ 4 (ก) เป็นตัวอย่างของการวิเคราะห์ผิวของทองแดงบริสุทธิ์ ตามเนื้องอกของพีค(peak)ต่างๆ ในスペกตรัม XPS เกิดมาจาก การที่อนุภาค อิเล็กตรอนหัก 29 ตัว จัดเรียงตัวในแต่ละอะตอมของทองแดง ดังนี้ $(1s)^2(2s)^2(2p)^6(3s)^2(3p)^6(3d)^10(4s)^1$ โดยมีค่าของพลังงานบีดเห็นข้างในนักฟิสิกส์ได้หากให้เป็นคลังข้อมูลก่อนหน้านี้แล้ว ดังนี้

สัญลักษณ์ของ แต่ละวงโคจร (เฉพาะวงในๆ)	พลังงานบีดเห็นที่ยาวของอิเล็กตรอน ในวงโคจร (eV)
ระดับ K	$1s_{1/2}$ 8981
ระดับ L	$2s_{1/2}$ 1099
	$2p_{1/2}$ 953
	$2p_{3/2}$ 933
ระดับ M	$3s_{1/2}$ 122
	$3p_{1/2}$ 77
	$3p_{3/2}$ 75

ในรูปที่ 4 (ก) จะเห็นว่ามีพีคของ Auger electron (ไฟฟ้าให้อิเล็กตรอน) ประปนอยู่ด้วย ไฟฟ้าให้อิเล็กตรอนจะเกิดออกมาระหว่าง เห็นเดียวกับไฟฟ้าให้อิเล็กตรอน แต่ที่แตกต่างกัน ก็คือ กลไกของการถือกำนิด ดังจะเห็นได้จาก รูปที่ 1 ปรากฏการณ์เรียกว่า Auger effect เพื่อเป็นเกียรติแก่นักฟิสิกส์ชาว

ผู้ริ่งเศษที่ชื่อว่า Pierre Auger ที่ค้นพบปรากฏการณ์นี้ในปี 1923 (แต่อันที่จริงนั้น Lise Meitner นักฟิสิกส์หญิงชื่อสายชิว ชาวออสเตรียน พับก่อน ในปี 1922) ต่อมาปรากฏการณ์นี้ได้รับการพัฒนาไปเป็นเทคนิควิเคราะห์คิววัสดุ เช่นกัน เรียกว่า Auger Electron Spectroscopy (AES) เทคนิค XPS และ AES มีความคล้ายคลึงกันมาก ในปัจจุบันจึงสามารถหาได้ในเครื่องเดียว กัน โดยเพียงแต่เพิ่มอุปกรณ์เฉพาะบางอย่าง เช่น เทคนิค XPS ใช้รังสีเอกซ์เป็นตัวกระตุ้น ดังกล่าวแล้ว แต่เทคนิค AES นิยมใช้คำอิเล็กตรอนเป็นตัวกระตุ้น

อย่างไรก็ตามเมื่ออะตอมหนึ่งไม่พินะกันอะตอมเปลกปลอกก็ติดอีก ดำเนินต่อไปแลกเปลี่ยนพีคในスペกตรัม XPS จะเปลี่ยนไปจากเดิม อาจกล่าวได้ว่าเพรพยายามแผลส่วนของอะตอมดังกล่าวเปลี่ยนไป เมื่อวิเคราะห์ ตรงนี้ให้แลกเปลี่ยนทำให้รู้ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างโมเลกุล หรือ ชนิดพันธะทางเคมีใหม่ได้ดังเช่น ตัวอย่างในรูปที่ 4 (ข) ซึ่งเป็นスペกตรัม XPS ของโพลีสไตรีน $[C_2H_8]_n$ ที่ถูกออกแบบให้ด้วยพลาสติกที่ทนทาน โพลีสไตรีน ก่อนการอบพลาสติกกล่าวนี้ จะประกอบไปด้วยอะตอมของคาร์บอนและไฮโดรเจนเพียงสองชนิดเท่านั้น แต่หลังจากการอบด้วยพลาสติกจะพบว่า พับว่าสารประกอบดังกล่าวมีโครงสร้างที่เปลี่ยนไป โดยสามารถพิจารณาได้จากพีค C1s ซึ่งพบว่ามีลักษณะเปลี่ยนไป เนื่องจากมีพันธะเคมีระหว่างการรับอน กับอะตอมอื่นๆ เกิดขึ้นหลายแบบดังแสดงในรูป



รูปที่ 4 (ข)



รูปที่ 5 (ก)



รูปที่ 5 (ห)

02/09/2011



เทคนิค XPS “ไม่เหมาะสมที่จะใช้เครื่องหัวสตุ๊กท์ระดับเล็กกว่า 10 นาโนเมตร (โดยไม่ทำลายวัสดุที่นำมาวิเคราะห์) เพราะไม่อ่อนหักน้ำฟอโตอิเล็กตรอน จะสูญเสียพลังงานจนในระหว่างทางมากเกินไปกว่าที่จะหลุดออกมาจากผิวของวัสดุได้ ถ้าต้องการวิเคราะห์ที่ระดับเล็กกว่านี้คือ สามารถข้อมูลเชิงลึกด้วย (depth profiling) ก็จำเป็นต้องใช้วิธีลอกผิวออกเป็นชั้น ๆ ด้วยล้ำไอออน าร์กอน เรียกว่าเทคนิค Ion sputtering อีกประการหนึ่ง เทคนิค XPS ไม่อาจใช้วิเคราะห์อะตอมไอนิโตรเจน และอีเดียมได้ เพราะจะไม่สามารถขจัดอะตอมออกได้ แต่ก็สามารถใช้วิเคราะห์อะตอมไอนิโตรเจนและอีเดียมได้ ประมาณ 0.79 และ 0.54 อัตราส่วน สำหรับอะตอมไอนิโตรเจนและอะตอมอีเดียมตามลำดับ”

เครื่อง XPS ของศูนย์ ThEP

เครื่อง XPS ถูกส่งจากประเทศอังกฤษมายังหัวด้วยเรือใหม่ เมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2554 [รูปที่ 5 (ก)] ติดตั้งอยู่ที่ห้อง NB114 ของอาคารวิจัยนิเวศน์ตอนพัฒนาสูง - 2 ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ [รูปที่ 5 (ข)] เป็นเครื่องรุ่น AXIS Ultra DLD ผลิตจาก โรงงานของบริษัท Kratos Analytical Ltd. ที่เมือง Manchester ซึ่งเป็นบริษัท ในเครือของ Shimadzu Group Company ถูกออกแบบให้มีการแทนที่ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ (ศูนย์ ThEP) โดยทีมงานของศูนย์วิจัยทางฟิสิกส์ ของสถาบันวิจัยและพัฒนาเชียงใหม่เป็นศูนย์วิจัยเครื่องทั้งหมดที่ของศูนย์ ThEP

สมรรถนะ:

- สามารถวิเคราะห์ฟิสิกส์และปริมาณ และพันธะเคมีของธาตุต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของพื้นผิวอย่างแม่นยำ รวดเร็ว มีการจำแนกตำแหน่งของพิเศษที่ได้ในระบบสูญญากาศที่สะอาดปราศจากการปนเปื้อน
- สามารถวิเคราะห์สารตัวอย่างทั้งที่เป็น ตัวนำ สารกึ่งตัวนำ และ绝缘ไฟฟ้า ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบและพันธะเคมีขององค์ประกอบ พื้นผิวที่ความลึกต่างๆ ได้
- สามารถวิเคราะห์ขององค์ประกอบและพันธะเคมีขององค์ประกอบ ของชั้นบางมากๆ ที่ไม่ทำลายสารตัวอย่าง

การให้บริการ

ผู้ที่สนใจขอรับบริการ เชิญติดต่อที่ :

ดร. ดุษฎี สุวรรณชรา (E-mail : dusadee.suwann@gmail.com)
คุณชาญวิทย์ ศรีพรหม (E-mail : chanvit82@hotmail.com)
โทรศัพท์ : 053-942464 , 053-943379 โทรสาร : 053-222776

(10 อั้งสตروم = 1 นาโนเมตร = 10^{-9} มิลลิเมตร)

ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์

Thailand Center of Excellence in Physics
ตู้ ป.70 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50202
โทรศัพท์: 053-942650-3 โทรสาร: 053-222774
E-mail: office@thep-center.org Website: www.thep-center.org