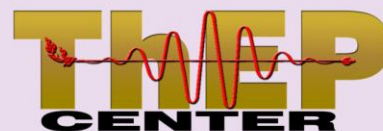
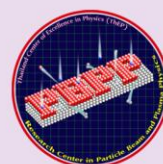


เครื่องวิเคราะห์ผิววัสดุ

XPS



ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
กระทรวงศึกษาธิการ



ศูนย์วิจัยทางฟิสิกส์ของลำอนุภาคและพลาสมา

เครื่องวิเคราะห์ XPS สำคัญอย่างไร

XPS เป็นตัวย่อของคำเต็มว่า *X-ray Photoelectron Spectroscopy* ที่อาจแปลเป็นไทยได้ว่า “สเปกโตรสโคปีของอนุภาคอิเล็กตรอนที่ถูกปลดปล่อยด้วยรังสีเอกซ์” ดังแสดงในรูปที่ 1 อิเล็กตรอนที่ได้รับอิสรภาพด้วยวิธีการแบบนี้ เรียกว่า โฟโตอิเล็กตรอน ไม่ว่าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นจะเป็นแสงธรรมชาติ รังสี UV หรือรังสีเอกซ์ก็ตาม

XPS เป็นเทคนิควิเคราะห์ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ที่สามารถให้ข้อมูลสมบัติทางเคมีที่ระดับผิวของวัสดุในหลายแง่มุม เช่น ชนิดและจำนวนธาตุองค์ประกอบ โครงสร้างทางเคมี ชนิดพันธะทางเคมี และสถานะออกซิเดชันของอะตอม เป็นต้น นอกจากนี้ยังรวมถึงความสม่ำเสมอของธาตุองค์ประกอบ สภาพทางเคมีของผิวที่เปลี่ยนไป หลังถูกกระทบด้วยความร้อน สารเคมี ลำโอดอน พลาสมา หรือ รังสี UV เป็นต้น

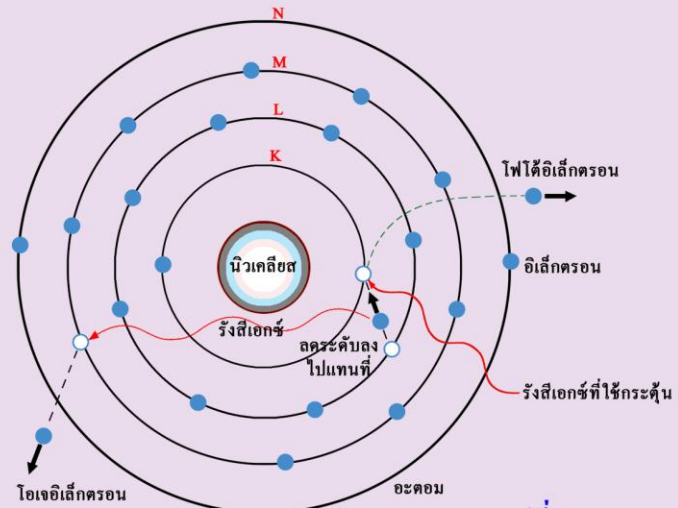
เทคนิค XPS ใช้วิเคราะห์วัสดุได้มากมายหลากหลายชนิด ทั้งสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ โลหะผสม เซมิคอนดักเตอร์ พอลิเมอร์ แก้ว เซรามิกส์ สี สารเคลือบ กระดาษ หมึก ไม้ เครื่องสำอาง ฟัน กระดูก ฯลฯ จึงมีอุตสาหกรรมหลายประเภทที่ต้องอาศัยเครื่อง XPS เช่น อุตสาหกรรมรถยนต์ แบตเตอรี่ สารเคมี คอมพิวเตอร์ เครื่องสำอาง ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ สิ่งทอ อาหาร แก้ว กาว น้ำมันหล่อลื่น หลอดไฟฟ้า แบรจ ภัณฑ์ กระดาษและไม้ พอลิเมอร์และพลาสติก สิ่งพิมพ์ โลหะ ฯลฯ

ภูมิหลัง

การที่ XPS เป็นเทคนิควิเคราะห์สมบัติทางเคมี จึงเป็นอีกตัวอย่างที่ชัดเจนที่แสดงถึงคุณูปการของวิชาฟิสิกส์และนักฟิสิกส์ที่มีต่อวงการอื่นๆ เพราะการถือกำเนิดขึ้นของเครื่องมือวิเคราะห์นี้เป็นผลมาจากองค์ความรู้ที่ช่วยสะสมขึ้นมาจากนักฟิสิกส์หลายรุ่น ซึ่งลำดับโดยย่อได้ดังต่อไปนี้ H. Hertz พบปรากฏการณ์ที่ต่อมาเรียกว่า Photoelectric effect เป็นครั้งแรกจากการทดลองในปี 1887 J. J. Thomson ค้นพบ อนุภาคอิเล็กตรอน ในปี 1897 ปี 1900 เป็นปีกำเนิดของทฤษฎีควอนตัมโดย M. Planck เป็นคนค้นคิด นับจากปี 1900 ทฤษฎีอะตอมสมัยใหม่ได้รับการพัฒนาขึ้นอย่างมากมาโดยมันสมองของนักฟิสิกส์หลายคน ในปี 1905 A. Einstein สามารถอธิบายปรากฏการณ์ Photoelectric effect ได้ ในปี 1914 H. Robinson กับ W. F. Rawlinson ทดลองใช้รังสีเอกซ์ปลดปล่อยอิเล็กตรอนจากทอง แต่ในที่สุดไม่ได้พัฒนาต่อเพราะติดปัญหาเรื่องวิธีการวัดพลังงานของโฟโตอิเล็กตรอนให้แม่นยำ

ภายหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 Kai Siegbahn (รูปที่ 2) และคณะที่มหาวิทยาลัยอุฟซาล่า ประเทศสวีเดน ได้พัฒนาต่อยอดเทคนิค XPS ให้ก้าวหน้าขึ้นอีกมาก ในปี 1954 ซิกบาห์นและคณะประสบความสำเร็จในการแสดงสเปกตรัม XPS ความคมชัดสูงของ NaCl ตอนนั้น ซิกบาห์น ตั้งชื่อให้เทคนิคนี้ว่า ESCA ซึ่งย่อมาจากคำว่า Electron Spectroscopy for Chemical Analysis ในปี 1967 ซิกบาห์นได้เผยแพร่ผลงานวิจัยที่เกี่ยวกับเทคนิคนี้อย่างละเอียดและลึกซึ้ง นับแต่นั้นมาโลกก็ได้ประจักษ์ถึงศักยภาพที่น่าสนใจของเทคนิค ESCA หรือที่ต่อมานิยมเรียกกันมากกว่าว่า เทคนิค XPS ในปี 1969 บริษัท Hewlett - Packard ของสหรัฐอเมริกา จับมือกับซิกบาห์น ผลิตเครื่อง XPS ออกสู่ตลาดเป็นครั้งแรก ซิกบาห์นได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์จากผลงานนี้เมื่อปี 1981

(พลังงาน 1 eV = 1.602×10^{-19} จูลล์)



รูปที่ 1

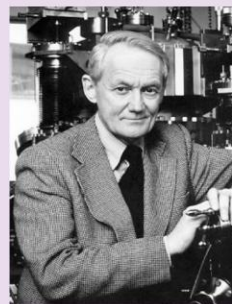
หลักการทำงานโดยสังเขป

แผนภาพสรุปการทำงานของเครื่อง XPS แสดงดังรูปที่ 3 จุดเริ่มต้นคือ การยิงรังสีเอกซ์พลังงานเดียวไว้วัสดุที่ต้องการวิเคราะห์ รังสีเอกซ์นี้จะทราบค่าพลังงานอย่างแน่นอนเพราะผลิตจากหลอดที่เป่าแอโนดทำด้วยโลหะเบา เช่น ถ้าเป็นอลูมิเนียมจะให้รังสีเอกซ์ที่มีพลังงาน 1486.6 eV แต่ถ้าเป็นแมกนีเซียมจะให้พลังงาน 1253.6 eV รังสีเอกซ์กลุ่มนี้จัดอยู่ในพวกที่เรียกว่า soft X-rays (โฟตอนมีพลังงานในย่าน 200-2000 eV) รังสีเอกซ์ที่ใช้ถ่ายภาพปอดตามโรงพยาบาลเป็นพวกที่เรียกว่า hard X-rays ที่มีพลังงานในเรือน 10,000 eV ผลิตจากหลอดที่เป่าแอโนดทำด้วยโลหะหนักจำพวกทังสเตนและไม่ได้ให้รังสีเอกซ์พลังงานเดียว

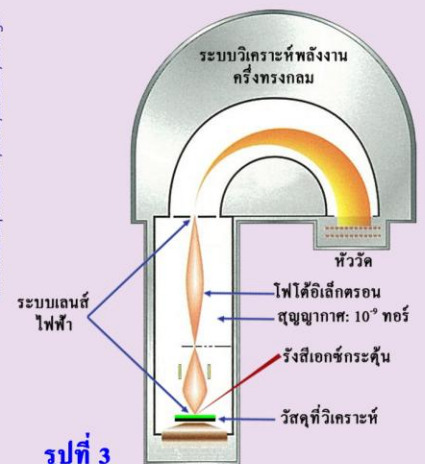
รังสีเอกซ์ปลดปล่อยให้อิเล็กตรอนในอะตอมหลุดเป็นอิสระ เรียกว่า โฟโตอิเล็กตรอนดังกล่าวแล้ว ซึ่งมีพลังงานจลน์เป็นไปตามสมการเบื้องต้นดังนี้

$$\text{พลังงานจลน์ของโฟโตอิเล็กตรอน} \approx \text{พลังงานของรังสีเอกซ์} - \text{พลังงานยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอนในอะตอม} \quad (1)$$

โฟโตอิเล็กตรอนจากผิววัสดุจะถูกรวบรวมและโฟกัสไปที่รูเปิดเล็กๆ ตรงปากทางเข้าของระบบวิเคราะห์พลังงานของอนุภาคอิเล็กตรอน ด้วยระบบเลนส์ไฟฟ้า ความยาวของชุดเลนส์นี้ คือ ประมาณ 50 เซนติเมตร ระบบวิเคราะห์พลังงานของอิเล็กตรอน ประกอบด้วยแผ่นโลหะคู่ขนาน รูปครึ่งวงกลม ต่อกับศักย์ไฟฟ้าคงที่ ทำหน้าที่บังคับให้อิเล็กตรอนวิ่งโค้งด้วยรัศมีเฉลี่ย 16.5 เซนติเมตร จนถึงแผงหัววัด วิธีการวัดพลังงานของโฟโตอิเล็กตรอน



รูปที่ 2



รูปที่ 3



รูปที่ 5 (ก)



รูปที่ 5 (ข)

เทคนิค XPS ไม่เหมาะที่จะใช้วิเคราะห์วัสดุที่ระดับลึกกว่า 10 นาโนเมตร (โดยไม่ทำลายวัสดุที่นำมาวิเคราะห์) เพราะไม่เช่นนั้นโฟโตอิเล็กตรอน จะสูญเสียพลังงานจนในระหว่างทางมากเกินไปกว่าที่จะหลุดออกมาจากผิวของ วัสดุได้ ถ้าต้องการวิเคราะห์ที่ระดับลึกกว่านี้คือ สนใจข้อมูลเชิงลึกด้วย (depth profiling) ก็จำเป็นต้องใช้วิธีลอกผิวออกเป็นชั้น ๆ ด้วยลำไอออน อาร์กอน เรียกว่าเทคนิค Ion sputtering อีกประการหนึ่ง เทคนิค XPS ไม่อาจ ใช้วิเคราะห์อะตอมไฮโดรเจน และฮีเลียมได้ เพราะวงโคจรของอิเล็กตรอน รอบนิวเคลียสเล็กมากเกินไป (รัศมีเท่ากับ 0.79 และ 0.54 อังสตรอม สำหรับ อะตอมไฮโดรเจนและอะตอมฮีเลียมตามลำดับ)

เครื่อง XPS ของศูนย์ ThEP

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

สมรรถนะ

1. สามารถวิเคราะห์ชนิดและปริมาณ และพันธะเคมีของธาตุต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของพื้นผิวอย่างแม่นยำ รวดเร็ว มีการจำแนกตำแหน่ง ของพีคที่ดี ในระบบสุญญากาศที่สะอาดปราศจากการปนเปื้อน
2. สามารถวิเคราะห์สารตัวอย่างทั้งที่เป็น ตัวนำ สารกึ่งตัวนำ และ ฉนวนไฟฟ้า ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบและพันธะเคมีขององค์ประกอบ พื้นผิวที่ความลึกต่างๆได้
4. สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบและพันธะเคมีขององค์ประกอบ ของชั้นบางมากๆที่ผิวโดยไม่ทำลายสารตัวอย่าง

การให้บริการ

ผู้ที่สนใจขอรับบริการ เชิญติดต่อที่ :

ดร. คุชฎี สุวรรณขจร (E-mail : dusadee.suwann@gmail.com)

คุณชาญวิทย์ ศรีพรหม (E-mail : chanvit82@hotmail.com)

โทรศัพท์ : 053-942464 , 053-943379 โทรสาร : 053-222776

02/09/2011

(10 อังสตรอม = 1 นาโนเมตร = 10^{-6} มิลลิเมตร)



ศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์

Thailand Center of Excellence in Physics

ตู้ ปณ. 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