บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของเครื่องแสดงการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอน(1)

ในปี ค.ศ.1924 เดอ บรอยล์ (de Broglie) ได้เสนอทฤษฎีทวิภาพของคลื่นและอนุภาค (duality of wave and particle) ขึ้น โดยเสนอว่า สสารสามารถแสดงสมบัติของคลื่นได้ ในช่วงนี้ได้มีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้พยายามทดลองเพื่อพิสูจน์ทฤษฎีของ เดอ บรอยล์ จนกระทั่งปี ค.ศ.1927 เดวิสสัน (Davisson)และเจอเมอร์ (Germer) ได้ทดลองยิงอิเล็กตรอนให้มีพลังงานประมาณ 30 - 600 อิเล็กตรอนโวลท์ เข้าชนผลึกของนิเกิล (nickel)ในสุญญากาศ แล้วทำการวัดอิเล็กตรอนที่เลี้ยวเบนออกมาตามมุมต่างๆ พบว่าอิเล็กตรอนสามารถแสดงสมบัติเช่นเดียวกับคลื่น และสามารถหาความยาวคลื่นสสารของอิเล็กตรอนตามทฤษฎีของ เดอ บรอยล์ ได้ตรงกันกับทฤษฎีของแบรก (Bragg) ผลการทดลองอันนี้ทำให้ทฤษฎีของ เดอ บรอยล์ ได้รับการยอมรับมากขึ้น

ในปีค.ศ.1928 จี พี ทอมสัน (G.P.Thomson)ได้สร้างเครื่องแสดงการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอน (electron diffraction)โดยการเร่งอิเล็กตรอนในสุญญากาศให้มีพลังงานสูงอยู่ในช่วง 10 - 60 กิโลอิเล็กตรอนโวลท์ ให้วิ่งผ่านฟิล์มบาง(thin film) ของทองและอลูมิเนียมให้เลยไปตกกระทบจอเรืองแสงที่อยู่ด้านหลัง โดยวิธีนี้ทำให้สามารถมองเห็นภาพการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอน (electron diffraction pattern) ได้โดยตรงและสามารถถ่ายภาพจากจอภาพได้ด้วย

เครื่องมือของทอมสันนี้ ได้รับการพัฒนารูปแบบมาเป็นเครื่องแสดงการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนที่ใช้กันในปัจจุบันนี้

ในปี ค.ศ.1962 (2)โฟว์เลอร์ (Fowler) และคณะได้สร้างเครื่องแสดงการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนผ่านฟิล์มบางจากหลอดภาพโทรทัศน์ขาว - ดำขึ้น วิธีการของโฟว์เลอร์และคณะ คือนำฟิล์มบางของทอง(gold film)ไปติดตั้งไว้ระหว่างปืนอิเล็กตรอน (electron gun) และจอภาพ (screen) ของหลอดภาพ แล้วทำการปิดหลอดในระบบความดันต่ำ (high vacuum)เมื่อนำไปทดลองยิงอิเล็กตรอนจะได้ภาพการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนที่จอภาพของหลอดโทรทัศน์ ลักษณะสำคัญของเครื่องมือนี้คือ การติดตั้งตัวอย่างทดลอง (sample) ซึ่งในที่นี้คือฟิล์มบางของทอง แล้วปิดหลอดแบบถาวรกับหลอดภาพ ทำให้ไม่สามารถเปลี่ยนตัวอย่างทดลองใหม่ได้

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาวิธีการของโฟว์เลอร์และคณะ ให้เป็นแบบที่สามารถเปลี่ยนตัวอย่างทดลองได้ เพื่อให้เครื่องมือสามารถใช้งานได้กว้างขวางขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างเครื่องมือแสดงการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอน จากหลอดภาพโทรทัศน์ขาว - ดำ ขึ้นเอง

1.2.2 เพื่อศึกษาการยิงและการโฟกัสลำอิเล็กตรอน จากปืนอิเล็กตรอนของหลอดภาพโทรทัศน์ขาว - ดำ

1.2.3 ทดลองยิงอิเล็กตรอนผ่านฟิล์มบางเพื่อหาความยาวคลื่นของอิเล็กตรอนของเครื่องมือที่สร้างขึ้น

1.2.4 เพื่อศึกษาภาพการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนเมื่อผ่านฟิล์มบางของทอง

1.3 วิธีดำเนินการวิจัยโดยย่อ

1.3.1 ศึกษาการทำงานของหลอดภาพโทรทัศน์ขาว - ดำ และปืนอิเล็กตรอน

1.3.2 ออกแบบและติดตั้งปืนอิเล็กตรอน จอภาพและตัวจับตัวอย่างทดลองเข้ากับระบบความดันต่ำ

1.3.3 ทดลองยิงอิเล็กตรอน เพื่อปรับปรุงการโฟกัสลำอิเล็กตรอนให้เหมาะสม

1.3.4 ยิงอิเล็กตรอนผ่านฟิล์มบางของทองเพื่อศึกษาการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอน เพื่อพัฒนารูปแบบและประสิทธิภาพของเครื่องมือ

1.4 ทฤษฎีที่สำคัญที่ใช้ในการวิจัยโดยย่อ (3)

ตามทฤษฎีทวิภาพของคลื่นและอนุภาคของ เดอ บรอยล์ เมื่ออิเล็กตรอนแสดงสมบัติเป็นคลื่น สามารถหาความยาวคลื่นของอิเล็กตรอนได้จากสมการ

$$\lambda = \frac{h}{p} \qquad (1.1)$$

เมื่อ λ คือความยาวคลื่นของอิเล็กตรอน h คือค่าคงที่ของแพลงค์ (Planck's constant) และ P คือโมเมนตัมของอิเล็กตรอน

จาก (1.1) เมื่ออิเล็กตรอนมีมวล m เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v เราสามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} \qquad (1.2)$$

จาก (1.2) จะเห็นว่าความยาวคลื่นของอิเล็กตรอนขึ้นอยู่กับความเร็วของอิเล็กตรอนเอง ซึ่งปริมาณความเร็วของอิเล็กตรอนนี้ สามารถหาได้จากพลังงานศักย์ที่ใช้เร่งอิเล็กตรอนในสุญญากาศ โดยพิจารณาว่าพลังงานศักย์ทั้งหมดของอิเล็กตรอนเปลี่ยนไปเป็นพลังงานจลน์ ตามสมการ

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV$$

เมื่อ V คือ ศักย์ไฟฟ้าที่ใช้เร่งอิเล็กตรอน

ดังนั้น(1.2) สามารถเขียนได้เป็น

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2meV}} \qquad (1.3)$$

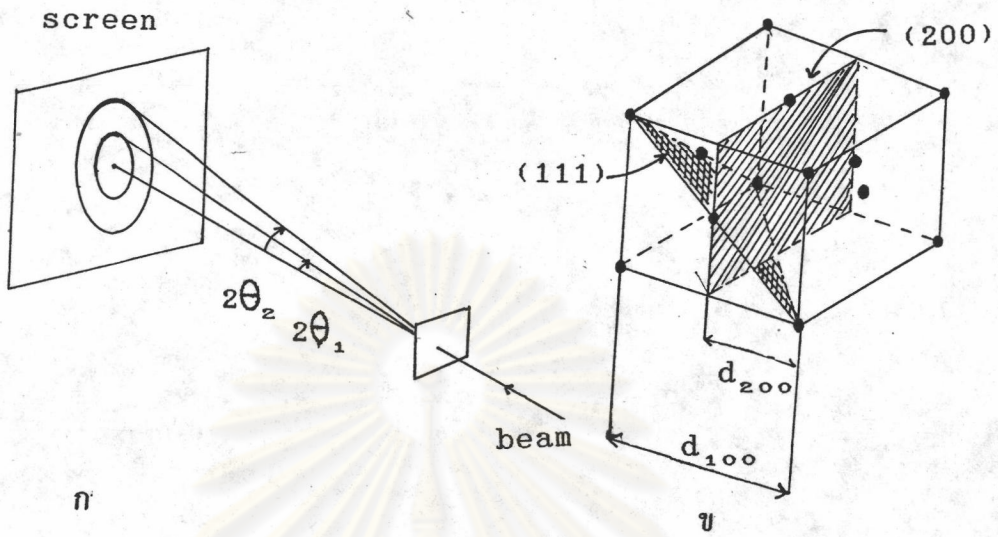
ความยาวคลื่นของอิเล็กตรอนตามสมการ (1.3) สามารถหาได้โดยตรงเพียงแต่ทราบปริมาณ V ซึ่งเป็นศักย์ไฟฟ้าที่ใช้เร่งอิเล็กตรอน แต่ในการทดลอง เราสามารถหาความยาวคลื่นของอิเล็กตรอน ได้จากการวิเคราะห์ภาพการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนได้เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับความยาวคลื่นตามสมการ (1.3) ซึ่งการวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถทำได้โดยการพิจารณาดังต่อไปนี้

เมื่อลำอิเล็กตรอนที่แสดงสมบัติเป็นคลื่นผ่านเข้าไปในฟิล์มบางของผลึกสาร ซึ่งในกรณีที่พิจารณานี้คือ ผลึกรูปลูกบาศก์ของทอง การสะท้อนที่เกิดจากจุดต่าง ๆ ในแต่ละระนาบของผลึก จะทำให้เกิดการแทรกสอดขึ้นที่จอภาพด้านหลังดังรูปที่ 1.1 (ก) ซึ่งสามารถพิจารณาภาพการเลี้ยวเบนได้โดยใช้สมการของ แบรกก์ คือ

$$2d \sin\theta = n\lambda \qquad (1.4)$$

เมื่อ d คือระยะระหว่างระนาบของผลึก θ คือมุมระหว่างระนาบของผลึกและรังสีตกกระทบของลำอิเล็กตรอน λ คือ ความยาวคลื่นของอิเล็กตรอน และ n คือลำดับของวงสะท้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.1 (ก) คือ ภาพแสดงลักษณะการเลี้ยวเบนเมื่อผ่านฟิล์มบาง

(ข) แสดงลักษณะของผลึกรูปลูกบาศก์

ระยะ d สามารถแทนได้ด้วยเทอมของดัชนีมิลเลอร์ (Miller indices : รายละเอียดดูในบทที่ 3) ดังนี้

$$d = \frac{a}{\sqrt{H^2 + K^2 + L^2}} \qquad (1.5)$$

เมื่อ a คือค่าคงที่แลตทิซ(lattice constant) ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของสารและผลึก (H K L)เป็นดัชนีของมิลเลอร์ เมื่อคูณดัชนีของมิลเลอร์ด้วยด้วยลำดับการสะท้อน n ดังนั้น ลำดับ n ของวงสะท้อนจากระนาบ (H K L) คือลำดับของวงสะท้อนอันแรกจากระนาบ(h k l) สมการ(1.5) เขียนได้เป็น

$$d = \frac{na}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} \qquad (1.6)$$

เมื่อ nH = h, nK = k และ nL = l แทนสมการ (1.6) ลงในสมการ(1.4) จะได้สมการใหม่เป็น

$$\lambda = \frac{2d \sin\theta}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} \qquad (1.7)$$

เมื่อ θ เป็นมุมเล็ก ๆ $\sin\theta \approx \theta \approx \frac{r}{2D}$ ดังนั้นสมการ (1.7) สามารถเขียนได้เป็น

$$\lambda = \frac{ar}{D} \frac{1}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} \qquad (1.8)$$

D คือระยะจากฟิล์มบางถึงจอภาพและ r คือรัศมีของวงภาพ ซึ่งทั้ง D และ r สามารถวัดได้โดยตรงจากภาพ ความยาวคลื่นของอิเล็กตรอนที่ได้จากสมการ (1.8) นี้ คือค่าที่ได้จากการทดลอง ซึ่งจะนำไปเปรียบเทียบกับผลการคำนวณทางทฤษฎีตามสมการ (1.3) ได้

1.5 ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย

1.5.1 ทำให้มีความรู้และประสบการณ์ ด้านการสร้างและพัฒนาเครื่องมือแสดงการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอน

1.5.2 มีเครื่องมือแสดงการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนที่สร้างขึ้น ซึ่งสามารถนำไปใช้ศึกษาการเลี้ยวเบนของอิเล็กตรอนผ่านฟิล์มบางชนิดอื่นๆได้

1.5.3 เป็นพื้นฐานการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านวิทยาศาสตร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย