

ยศที่ 4

ทฤษฎีการแทรก-เอช (๑)



4.1 ประวัติการศึกษาเรื่อง แทรก-เอช

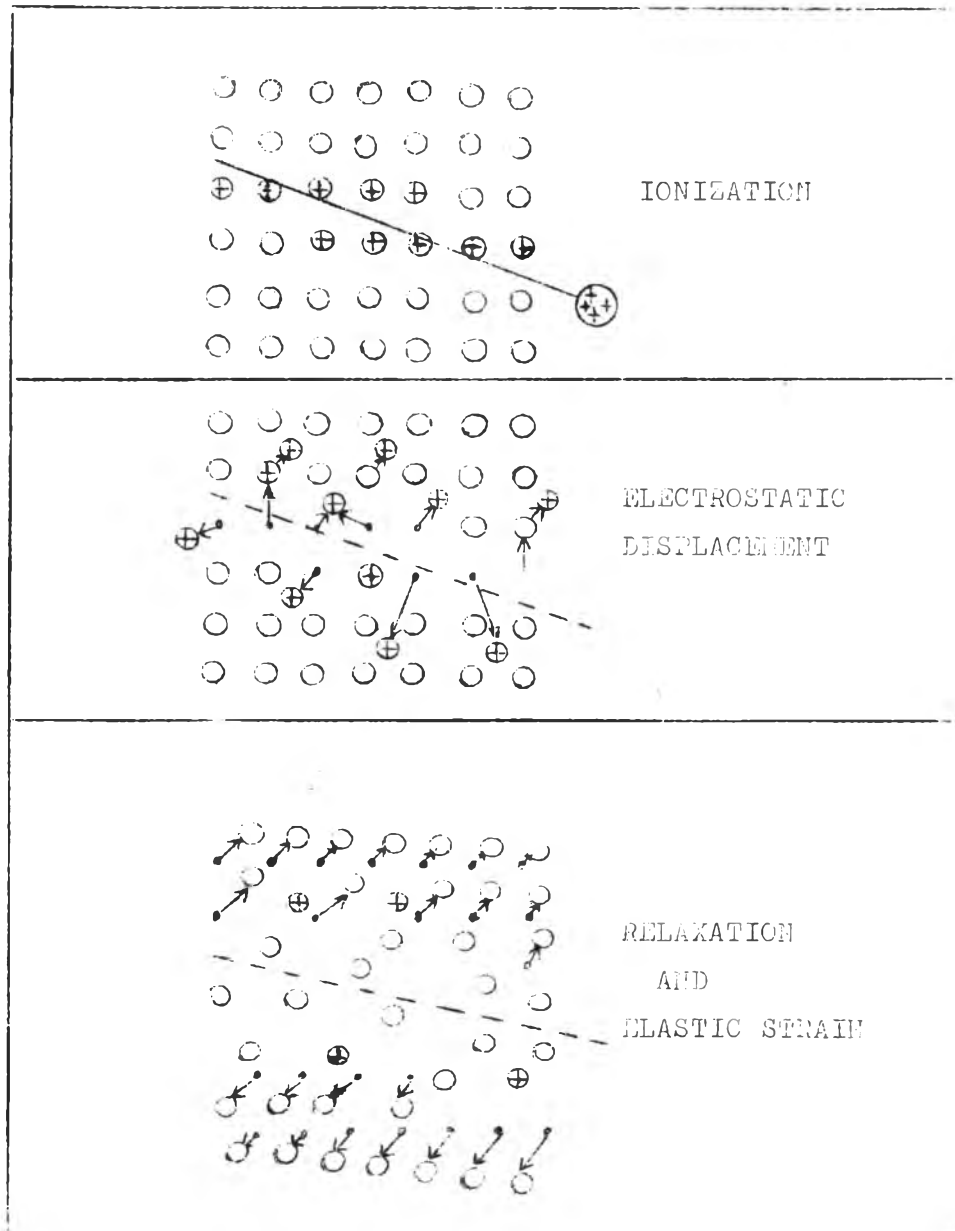
ในราวปี ค.ศ. 1962 ได้มีการค้นพบเรื่องราวเกี่ยวกับรอยของ ฟิชชัน แทรกเมนต์ที่ก่อให้เกิดความเสียหายระหว่างที่เดินทางผ่านไปบนฉนวนที่เป็นของแข็ง โดย M.C.H. Silk และ R.S. Barnes และต่อมา D.A. Young ได้เป็นครั้งแรกที่อธิบายถึงเทคนิคในการศึกษารอยเหล่านี้ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นจนสามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา แต่ผลงานของเขาไม่เป็นที่รู้จักกันแพร่หลาย เปรียบเท่ากับของ D.B. Fricc, R.L. Fleischer และ R.H. Walker ซึ่งได้อธิบายเรื่องราวเกี่ยวกับการศึกษารอยเช่นเดียวกัน และยังพบว่าฉนวนที่เป็นของแข็งทุกชนิดจะแสดงคุณสมบัติเช่นนี้ นอกจากนี้ยังได้พบขีดจำกัดพลังงานที่จะก่อให้เกิดรอยได้ กับพบรอยในหินธรรมชาติที่มีแร่ยูเรเนียมอยู่ด้วย

การค้นพบนี้ได้ก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมากในการศึกษาวิชา นิวเคลียร์ ฟิสิกส์ , โพลีคริสตัลฟิสิกส์ , รั้งสีควมมืด , ธรณีวิทยา ฯลฯ ดังนั้นจึงมีการศึกษาค้นคว้ากันอย่างแพร่หลายไปทั่วโลกในเรื่องทฤษฎีการ แทรก-เอช นี้

4.2 กลไกในการเกิดรอย (Track Formation Mechanism)

เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าวิ่งผ่านวัสดุที่เป็นฉนวนบางชนิด เช่น แก้ว ฆาซลาร์ ไนเกา และ พลาสติก ประจุไฟฟ้าที่อยู่ในอนุภาคเหล่านั้นจะเกิดปฏิกิริยากับอิเล็กตรอนในอะตอมของวัสดุที่เป็นฉนวนโดยถ่ายเทพลังงานให้แก่อิเล็กตรอน ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากวงโคจรในอะตอม ผลคือเกิดอะตอมที่มีประจุบวกขึ้นรอบๆแนวทางที่อนุภาควิ่งผ่านไป อะตอมที่มีประจุบวกเหล่านี้จะผลัดกันเอง เกิดมีการจัดเรียงอะตอมใหม่ เพื่อให้เกิดความสมดุล และทำให้เกิดเป็นช่องว่างขึ้นในบริเวณนั้นสามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ที่มีกำลังขยายสูง ในกรณีที่ตัวกลางนั้นเป็นตัวนำ (conductor)

หรือวัสดุกึ่งตัวนำ (semiconductor) บางชนิด อะตอมที่ขาดอิเล็กตรอนจะสามารถจับเอาอิเล็กตรอนอิสระมาเข้าวงโคจรเป็นกลางได้ใหม่ จึงไม่เกิดช่องว่างขึ้นที่จะสามารถมองเห็น ภายหลังจากที่ตัวกลางนั้นเป็นฉนวน รอยนี้ก็จะอยู่อย่างถาวรตลอดไป

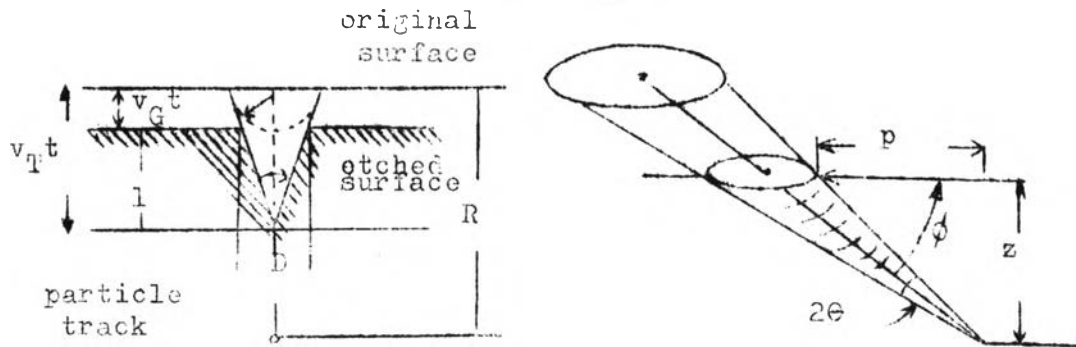


(13)
รูปที่ 4.1 แผนภาพอธิบายกลไกการเกิดรอย

4.3 การกัดกร่อน (Etching)

รอยที่เกิดจากอนุภาคที่มี ระเบิดพุ่งผ่านไปในตัวกลางที่เป็นของแข็งที่เป็นฉนวน มีขนาดเล็กลงมาต้องส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่มีกำลังขยายสูงมากจึงจะสามารถมองเห็นได้ แต่เมื่อกัดขยายรอยนั้นด้วยสารเคมี ในภาวะที่เหมาะสมก็จะสามารถขยายรอยให้มีขนาดโตขึ้นจนมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดา

4.3.1 แทรคจีโอเมตรีสำหรับค่า v_T ที่คงที่



รูปที่ 4.3 (13) แสดงแทรคจีโอเมตรีของการกัดกร่อนเมื่อค่า v_T คงที่

เมื่อเวลา t ระเบิดของการกัดกร่อนตามรอยอนุภาค v_T มีค่าคงที่ และความเร็วในการกัดและขยายบริเวณทั่วไป v_G มีค่าคงที่และน้อยกว่า ตามรูปจะเห็นว่า สารเคมีได้กัดได้เกิดเป็นรูปกรวย โดยมีแกนของกรวยเป็นทางเดินของอนุภาคในตัวกลางนั้นเอง และเมื่อเรานูมาณว่า v_G/v_T เป็นค่าคงที่ตลอดระยะเวลาของการกัดกร่อน โดย t คือเวลาในการกัดกร่อน เมื่อพิจารณากรณีที่ง่ายที่สุดเมื่อรอยทางเดินของอนุภาคตั้งฉากกับผิวของตัวกลาง ผิวหน้าของวัสดุจะถูกกัดออกในระยะเวลาเดียวกับที่รอยถูกกัดขยาย จนทำให้เกิดรอยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง D และมีภาวะยาวมองเห็นได้เป็น l ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่าง v_G และ v_T ถึง D และ l จะมีค่าน้อยถ้าหากว่าค่า v_T มากกว่า v_G ไม่มากนัก โดย

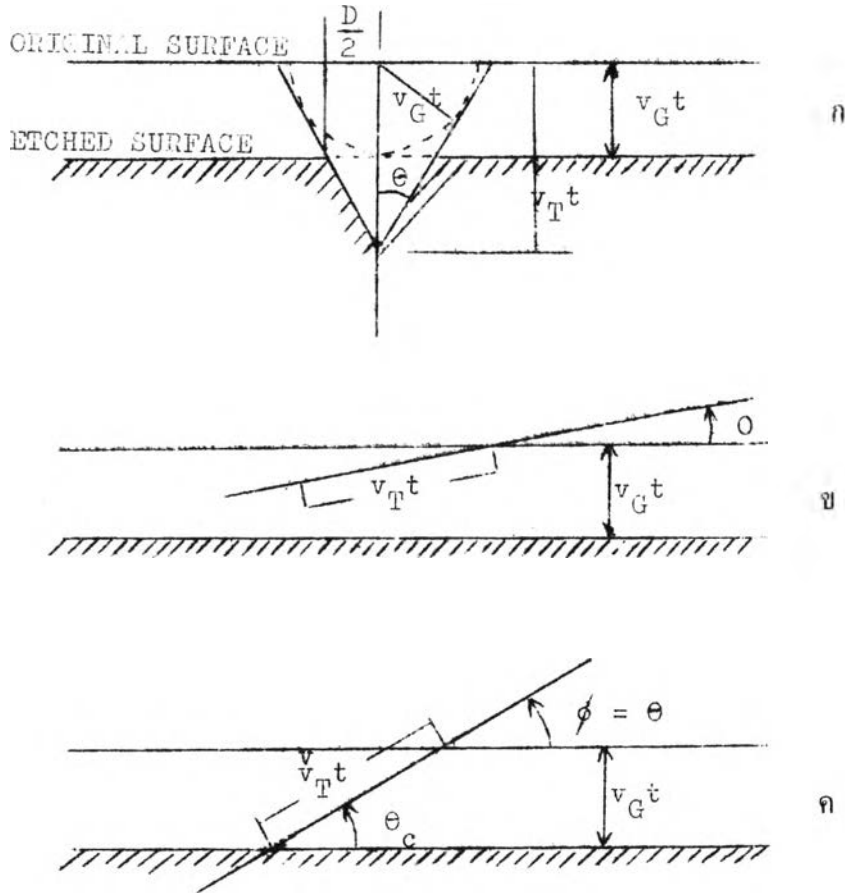
$$l = (v_T - v_G) t \dots\dots\dots (4.1)$$

$$D = 2 v_G t \sqrt{(v_T - v_G)(v_T + v_G)} \dots\dots (4.2)$$

ทั้งค่า l และ D จะหายไปเมื่อค่า $v_T = v_G$

เมื่อทางเดินของอนุภาคในตัวกลางที่เป็นฉนวนเป็นแนวเฉียง ตามรูปที่ 4.3 จะเห็นว่า รอยตัดของกรวยของรอยที่ถูกกัดขยายกับผิวที่ถูกกัดออกจะเป็นรูปวงรี

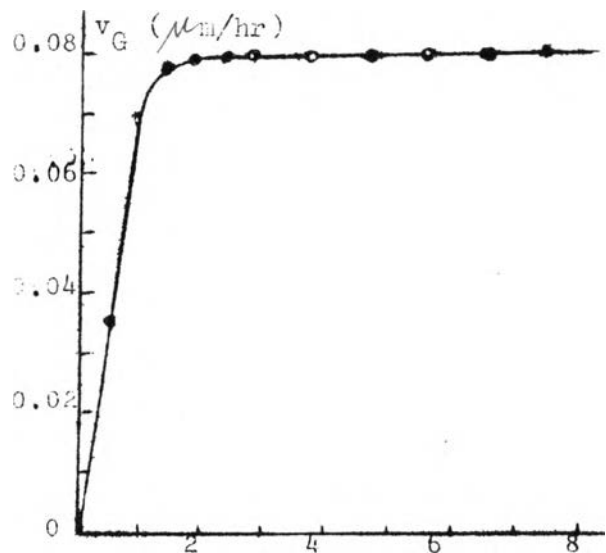
4.3.2 ประสิทธิภาพในการกัดรอย



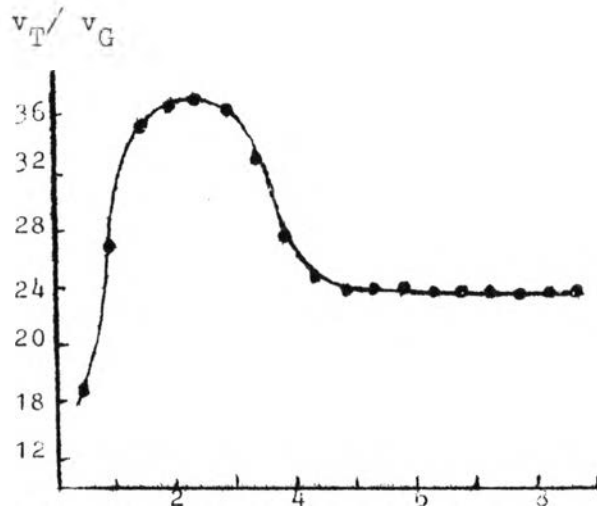
รูปที่ 4.4 (13) ก. อัตราส่วนของรอยหลังการกัดรอยจะสัมพันธ์กับความแตกต่างของอัตราการกัด v_T และ v_G

ข. สำหรับมุมตกกระทบของรังสีที่น้อยกว่า $\arcsin(v_G/v_T)$ ผิวหน้าของวัสดุจะถูกกัดออกในอัตราที่มากกว่าความเร็วขุดตามแนวตั้งฉากของ θ_T จึงไม่ปรากฏรอยให้เห็นได้

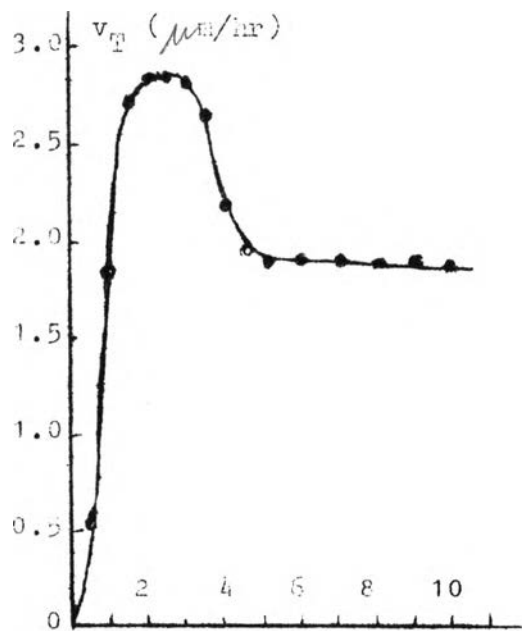
ค. ค่า $\arcsin(v_G/v_T)$ เป็นมุมวิกฤติ θ_c ที่จะสามารถเห็นรอยหลังการกัดได้



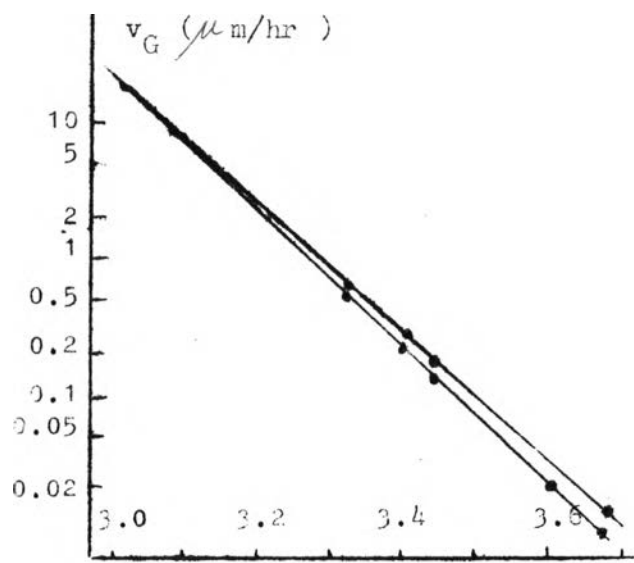
NaOH concentration (normals)



NaOH concentration (normals)



NaOH concentration (normals)



Temperature⁻¹ ($10^3/\text{K}$)

(12)
 รูปที่ 4.5 แสดงค่า v_G, v_T และอัตราส่วนของ v_G/v_T ในฟิล์มเคลือบสไตร