

บทที่ 1

บทนำ

คำว่า ผลึก ในสมัยเมื่อหลายศตวรรษก่อนใช้เรียกเป็นคำเฉพาะของรูปหนึ่งของแร่ quartz (SiO_2) ในปัจจุบันหมายถึงของแข็ง ที่มีผิวหน้าเรียบ และผิวแต่ละผิวของสารชนิดเดียวกัน จะทำมุมกันคงที่แน่นอนเสมอ แต่การปรากฏภายนอก (morphology) ของผลึกของสารชนิดเดียวกัน ไม่จำเป็นจะต้องเหมือนกัน⁽¹⁾ เช่น ผลึกของหิมะ (น้ำแข็ง) อาจมีลักษณะเป็น needles, hexagonal plates, sector plates, stellar dendrites, prismatic columns,⁽²⁾

มนุษย์รู้จักผลึกที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติมาเป็นเวลาหลายพันปีมาแล้ว ตัวอย่างเช่น quartz (SiO_2) ผลึกของ rocksalt (NaCl), sulphides ของโลหะ เช่น lead และ zinc, gemstones เช่น ruby (Al_2O_3) และเพชร (diamond C) ผลึกธรรมชาติเหล่านี้บางชนิดมีระดับความบริสุทธิ์สูง และมีความสมบูรณ์ของผลึกที่นำออกจรรายถึงแม้ผลึกที่มนุษย์เราปลูกขึ้นเองก็ยังมีระดับความบริสุทธิ์และความสมบูรณ์ที่ไม่เท่า

✱ ในปัจจุบันนี้มนุษย์เราพบว่า ผลึกของสารบางอย่างมีประโยชน์ต่อมนุษย์ชาติอย่างมาก เช่น ผลึกของสารเคมีคอนแทกเตอร์ นักวิทยาศาสตร์นำมาใช้ทำทรานซิสเตอร์ ทำไดโอด นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามปลูกผลึกขึ้นในห้องทดลองให้ได้ผลึกเชิงเดี่ยว (single crystal) ที่มีความบริสุทธิ์สูงและขนาดใหญ่ขึ้น การปลูกผลึกขึ้นในห้องทดลองบางครั้งถ้าเงื่อนไขไม่ถูกต้องพอ จะทำให้ผลึกที่ได้เป็นผลึกเชิงซ้อน (polycrystalline) แทนที่จะได้เป็นผลึกเชิงเดี่ยว ✱

โดยหลักการใหญ่ ๆ แล้ว อาจปลูกผลึกเชิงเดี่ยวได้โดยวิธีการดังต่อไปนี้⁽³⁾⁽⁴⁾

1. โดยการปลูกผลึกในสารละลาย (Crystal Growth from Solution)

หลักการคือ เอาสารที่ต้องการปลูกเป็นผลึกเชิงเดี่ยว มาละลายในตัวทำละลายที่เหมาะสม แล้วปล่อยให้ตัวทำละลายระเหยไปอย่างช้า ๆ เมื่อสารละลายเกิดภาวะอิ่มตัวยิ่งยวด

(Supersaturated) สารละลายจะเกิดการตกตะกอน ผลึกที่ไ้จากการตกตะกอนนี้ มักจะเป็นผลึกเชิงเดี่ยวเล็ก ๆ เกิดขึ้นที่ก้นภาชนะ

อาจใช้เมล็ดผลึกเล็ก ๆ (seed crystal) เป็นเหยื่อล่อ โดยผูกด้วยเส้น คาย แล้วแขวนไว้ตรงจุดกึ่งกลางของสารละลายเช่น copper sulphate และ alum (potassium aluminium sulphate) ซึ่งละลายได้ดีในน้ำ ผลึกที่ไ้จะเกาะติดกับ เม็ดผลึกที่แขวนไว้และจะมีรูปร่างที่สวยงามมีผิวหน้าเรียบเห็นไ้ชัด

2. โดยการปลูกผลึกจากไอ (growth from vapor) หลักการคือนำ สารที่ต้องการปลูกเป็นผลึกเชิงเดี่ยว ไปใส่ไว้ในภาชนะปิดเพื่อให้ไ้ที่ไ้ซึ่งอยู่ภายในภาชนะ แล้วนำสารดังกล่าวไปเผาจนกระทั่งมันระเหิดกลายเป็นไอและแล้วไ้จะลอยไปรวมตัว กันเป็นผลึก ตรงจุดที่เย็นกว่าซึ่งเป็นวิธีการที่ไ้ใช้ในการทำการวิจัยในวิทยานิพนธ์เล่มนี้

3. โดยการปลูกผลึกจากการหลอมเหลว (melt growth) เป็นวิธีการ ที่ทำให้ของแข็งหลอมตัวเป็นของเหลวแล้วทำให้เย็นตัวลงช้า ๆ ซึ่งเป็นวิธีการที่ไ้กัน โดยทั่ว ๆ ไปในปัจจุบันและอาจมีรายละเอียดแตกต่างกันออกไปไ้หลายอย่าง เช่น ใส่ ของเหลวที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจุดหลอมเหลวลงไปไหลในหลอดแก้วที่มีปลายด้านหนึ่งแหลม จากนั้นจึงทำให้ปลายแหลมเย็นตัวลง จะทำให้ของเหลวแข็งตัวตรงจุดนั้น เป็นที่คาดกันว่าที่ ปลายแหลมของหลอดแก้ว ซึ่งมีเนื้อที่จำกัด จะเป็นที่เกิดนิวเคลียสของผลึกอันแรก โมเลกุลของของเหลวมาเกาะและแข็งตัวกลายเป็นผลึกก้อนใหญ่ขึ้นเรื่อย ๆ สารที่ สามารถปลูกผลึกไ้ด้วยวิธีนี้ เช่นพวก alkali halides (NaCl และ LiF) เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีวิธีการที่เรียกว่า "crystal pulling" เป็นวิธีการที่ไ้ ใช้เมล็ดผลึกเล็ก ๆ (seed crystal) จุ่มลงไปในส่วนปลายของหลอดแก้วที่เกิดจากการหลอมละลาย (molten liquid) แล้วค่อย ๆ ยกเมล็ดผลึกนี้ไปในส่วนที่เย็นกว่าของเครื่องมือ ของเหลวที่ติดเมล็ดผลึกขึ้นมาจะแข็งตัวติด เม็ดผลึกกลายเป็นผลึกเชิงเดี่ยวใหญ่ขึ้น ๆ

วิธีการสุดท้ายของการปลูกผลึกจากการหลอมละลาย เป็นการใช้แท่งสารที่เป็นผลึกเชิงซ้อน (polycrystalline) โดยให้แท่งผลึกเชิงซ้อนผ่านความร้อนเป็นบางส่วน ส่วนที่ถูกความร้อนจะหลอมเหลว แต่เนื่องจากการปรับอุณหภูมิให้พอเหมาะ และแรงตึงผิวของสารส่วนที่หลอมเหลวของสารจะไม่ทำให้สารแยกขาดคอนออกจากกัน จากนั้นค่อย ๆ คึงแท่งสารขึ้นช้า ๆ เพื่อให้แท่งสารผ่านความร้อนในช่วงแคบ ๆ โดยทั่วกัน ถ้าเงื่อนไขในการคึงและอุณหภูมิเหมาะสม ในที่สุดแท่งสารก็จะกลายเป็นผลึก โดยเกิดการจับตัวของโมเลกุลอย่างเป็นระเบียบ

ดังนั้นเราสามารถกล่าวได้ว่าการเจริญของผลึกเป็นขบวนการที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนสถานะ (phase change) อาจจะเป็นการเปลี่ยนจากของเหลวหรือสารละลายหรือไอไปเป็นผลึกซึ่งเป็นสถานะของแข็งของสาร การทดลองที่ได้กระทำในวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ เป็นการทดลองปลูกผลึกจากไอ โดยวิธีการที่เรียกว่าการระเหิด (sublimation technique) ซึ่งเป็นการปลูกผลึกโดยการเปลี่ยนสถานะจากของแข็ง (solid phase) ซึ่งไม่เป็นผลึกเชิงเดี่ยวไปเป็นไอ (vapour) และจากนั้นไอ ก็เปลี่ยนไปเป็นผลึกเชิงเดี่ยว ซึ่งเป็นของแข็งอีกทีหนึ่ง การทดลองได้กระทำที่ความดันบรรยากาศและที่อุณหภูมิประมาณ 300-400 องศาเซลเซียส จึงไม่มีความยุ่งยากในการควบคุม ความดันและอุณหภูมิ

การที่ผู้เขียนเลือกทำการทดลองปลูกผลึกเชิงเดี่ยวของแอมโมเนียมคลอไรด์ ที่ความดันบรรยากาศ เนื่องจากแอมโมเนียมคลอไรด์ สามารถระเหิดได้ที่ความดัน 1 บาร์ หรือประมาณ 1 บรรยากาศ⁽⁵⁾ และในขั้นตอนของการทำการทดลองใด ๆ ก็ตาม เราควรเริ่มทำการทดลอง จากเงื่อนไขที่ง่ายที่สุดก่อน ถ้าในเงื่อนไขนี้ทำการปลูกผลึกเชิงเดี่ยวไม่ได้ ผู้ที่จะทำการทดลองเกี่ยวกับเรื่องนี้ต่อไปก็จะไต่หาเงื่อนไขของความดันอื่น ๆ สำหรับเงื่อนไขของอุณหภูมิ ผู้เขียนได้ทำการทดลองโดยเผาสารแอมโมเนียมคลอไรด์ให้ระเหิดที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน 5 ครั้งที่อุณหภูมิในช่วง 300-400 องศาเซลเซียส

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ อันได้แก่เตาเผา (Furnace) และเครื่องควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งผู้ทดลองได้ทำการสร้างขึ้นเอง การสร้างเครื่องมือเป็นส่วนหนึ่งของการทำการศึกษาในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ การสร้างเตาเป็นการสร้างตามความคิดของ ผศ.ดร.นิยม บุญถนอม ซึ่งเป็นอาจารย์ควบคุมการวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้ ส่วนเครื่องควบคุมอุณหภูมิสร้างตามแบบของ Luis A. Boschi และ Carlos A. Pampillo (6) ซึ่งเป็นเครื่องควบคุมที่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ถึง 4.5 กิโลวัตต์ ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้อธิบายการสร้างเตา การสร้างเครื่องควบคุมอุณหภูมิ พร้อมทั้งการใช้เครื่องมือและการศึกษาลักษณะเฉพาะของเตาเอาไว้ในบทของการวิจัยและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำทดลอง

วัตถุประสงค์ของการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้

1. เพื่อศึกษาการทดลองลักษณะของแอมโมเนียมคลอไรด์ที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน
2. เพื่อศึกษาการสร้างเครื่องมือ ที่จะนำมาใช้ในการทำการทดลอง และวิจัยและเพื่อรู้จักแก้ปัญหาในการทำการทดลอง
3. เพื่อเอาผลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้าอื่น ๆ ต่อไป เช่น นำไปศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้าและทางแม่เหล็ก เป็นต้น ซึ่งอาจจะมีประโยชน์ในทางอิเล็กทรอนิกส์