

บทที่ 3

ทฤษฎีการเกิดการเปล่งแสงภายในหัววัด NaI (Tl)

3.1 คุณสมบัติของโซเดียมไอโอไดด์ที่มีทาลเลียมเป็นตัวกระตุ้น

NaI(Tl) เป็นผลึกอินทรีย์จำพวกออลคาไลฮาไลด์ตัวหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เป็นหัววัดกันอย่างแพร่หลาย โซเดียมไอโอไดด์เป็นสารที่ชั้นง่ายจะทองหลอมไว้เป็นอย่างดี แต่มีคุณสมบัติที่สำคัญในการเป็นตัวเรืองแสง (scintillator) ที่ดีคือ

- 3.1.1 มีความหนาแน่นมาก ประมาณ 3.67 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร¹
- 3.1.2 แสงที่ปล่อยออกมาจากหัววัดมีความถี่ใกล้เคียงกับความถี่ของหลอดโฟโตมัลติพลาย (Photomultiplier tube) โดยหัววัดโซเดียมไอโอไดด์ปล่อยแสงที่มีความยาวคลื่นสูงสุด 4100 อังสตรอม²
- 3.1.3 เมื่อโซเดียมไอโอไดด์เป็นผลึกใหญ่ ๆ ก็ยังโปร่งแสงดี
- 3.1.4 มีดัชนีหักเหที่เหมาะสมประมาณ 1.77³ ทำให้ปล่อยแสงไปยังโฟโตมัลติพลายได้มาก
- 3.1.5 มีช่วงเวลาการสลายที่สั้นประมาณ 0.25×10^{-6} วินาที⁴ ทำให้อัตราการนับสูง

¹William J. Price, Nuclear Radiation Detection (New York : McGraw-Hill Book Company, Inc., 1958), P.166.

²Ibid.

³Ibid., P. 178.

⁴Ibid., P. 166.

3.2 ทฤษฎีการเกิดการเปล่งแสงภายในตัววัด NaI(Tl)

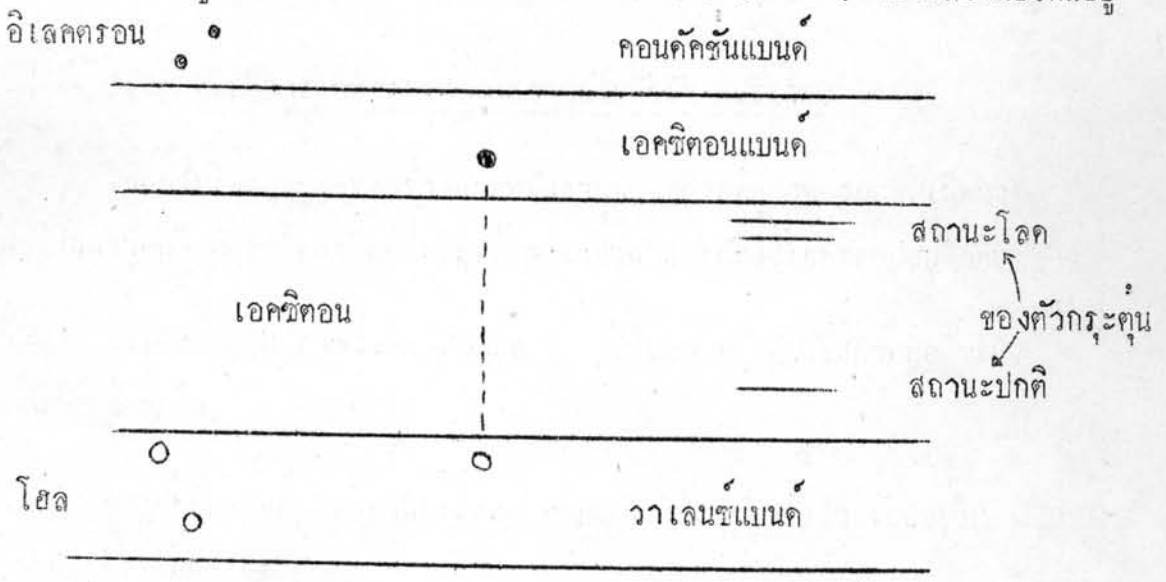
โดยการให้ทฤษฎีโครงสร้างแถบพลังงานของของแข็ง อธิบายการเกิดการเปล่งแสงจากผลึกอัลคาไลฮาไลด์ที่มีบริสุทธิ์ อาจแบ่งตามระดับที่อิเล็กตรอนอยู่ได้คือ

3.2.1 วาเลนซ์แบนด์ (valence band) เป็นแถบพลังงานซึ่งตามปกติจะมีอิเล็กตรอนอยู่เต็ม

3.2.2 คอนดักชันแบนด์ (conduction band) เป็นแถบพลังงานเมื่ออยู่ในสภาวะปกติจะไม่มีอะไรอยู่เลย

3.2.3 ฟอบบิตเคนแบนด์ (forbidden band) เป็นแถบพลังงานระหว่างวาเลนซ์แบนด์ และคอนดักชันแบนด์ โดยอิเล็กตรอนอิสระจะมาอยู่ในชั้นนี้ไม่ได้

3.2.4 เอกซิตอนแบนด์ (exciton band) เป็นแถบพลังงานที่อยู่ชิดกับคอนดักชันแบนด์ มีพวกเอกซิตอนอยู่ เอกซิตอนหมายถึง อิเล็กตรอนและโฮล (hole) ที่ยังยึดเหนี่ยวกันอยู่



รูปที่ 3-1 โครงสร้างแถบชั้นพลังงานของอัลคาไลฮาไลด์ที่มีตัวกระตุ้นเป็นตัวกระตุ้น



พลังงานของอิเล็กตรอนทุติยภูมิที่เกิดขึ้นเนื่องจากอันตรกิริยาของรังสีแกมมา
 ต่อสสาร จะถ่ายทอดพลังงานโดยอิเล็กตรอนเคลื่อนจากวาเลนซ์แบนด์ไปยังคอนดักชันแบนด์
 ขบวนการนี้เรียกว่า การเกิดไอออน (ionization) โดยที่ตำแหน่งเดิมของ
 อิเล็กตรอนในวาเลนซ์แบนด์ซึ่งว่างอยู่เรียกว่า โฮล (hole) มีการเคลื่อนที่เป็น
 อิสระไม่ขึ้นกับอิเล็กตรอนในคอนดักชันแบนด์ แต่ถาอิเล็กตรอนและโฮลนั้นยังยึดเหนี่ยว
 กันอยู่เรียกว่า เอกซิตอน มีระดับพลังงานสูงสุดติดกับคอนดักชันแบนด์ กรณีนี้จัดเป็นอีก
 แบนด์หนึ่งได้เรียกว่า เอกซิตอนแบนด์ ดังนั้นการเกิดเอกซิตอนจัดเป็นขบวนการหนึ่ง
 เรียกว่า การเกิดสถานะโลก (excitation)

ถาผลึกมีไอสุทหรือเป็นผลึกไมสมบูรณ์ เช่น NaI(Tl) หมายถึงโซเดียม
 ไอโอไดด์ที่มีทาลเลียมเป็นตัวสุท ทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการเปล่งแสงโดย
 ตัวสุทหรือความไม่สมบูรณ์ของผลึกจะก่อให้เกิดระดับพลังงาน (energy level)
 ในฟอมีทเคนแบนด์

เมื่อเอกซิตอน โฮล และอิเล็กตรอนอิสระ ที่เกิดขึ้นเคลื่อนที่ไปภายในผลึก
 จะถูกตัวกระตุ้นจับเอาไว้ไปอยู่ที่สถานะโลก เมื่อกลับสู่สถานะปกติจะเปล่งแสงออกมา
 สำหรับ NaI(Tl) ระยะเวลาในการเปล่งแสงประมาณ 0.25×10^{-6} วินาที โดยมี
 ช่วงความยาวคลื่นแสงสูงสุดที่เปล่งออกมา 4100 อังสตรอม เรียกขบวนการที่เกิดขึ้น
 ทั้งหมดนี้ว่า การประกายแสง (scintillation process)