บทที่ 3

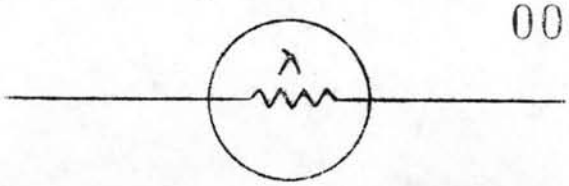
แคดเมี่ยมซัลไฟด์โฟโตคอนดัคติพเซล
(CdS Photoconductive Cells)

แคดเมี่ยมซัลไฟด์เป็นสารประกอบที่ได้จากปฏิกิริยาทางเคมี คือได้จากการตกตะกอนสีเหลืองสดจากการผ่านไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulfide) ลงในสารละลายที่มีแคดเมี่ยมไอออน (cadmium ions) ตะกอนนี้จะไม่ละลายในกรดเจือจาง แคดเมี่ยมซัลไฟด์บางทีเรียกแคดเมี่ยม – เยลโลว์ (cadmium - yellow)[1] เป็นสารที่ดีและทนที่สุดอย่างหนึ่งในการนำเอาไปใช้ทำอุปกรณ์ทางอิเลคตรอนิคส์

3.1 คุณสมบัติทั่วไป

แคดเมี่ยมซัลไฟด์โฟโตคอนดัคติพเซลเป็นอุปกรณ์กึ่งตัวนำชนิดหนึ่งที่มีความไวต่อแสง เมื่อโดนแสงแล้วความต้านทานของมันจะลดลง เรียกคุณสมบัติแบบนี้ว่าโฟโตคอนดัคชั่น (photo-conduction) ที่อุณหภูมิปกติในที่มืดสนิทความต้านทานของแคดเมี่ยมซัลไฟด์เซลใกล้ค่าอนันต์ (infinity) แต่ถ้าต่อแบตเตอรี่เข้าระหว่างขั้วของมันจะมีกระแสไหลบางเล็กน้อยเรียก dark current สัญญลักษณ์ของโฟโตคอนดัคติพเซลใช้ ดังรูป 3–1

005907



รูปที่ 3–1 สัญญลักษณ์ของโฟโตคอนดัคติพเซล

---

[1] Encyclopedia of Science and Technology. Vol. 2, Mcgraw-Hill, Book Company, Inc., p. 422.

I 18007181

3.2 ทฤษฎีโฟโตคอนดัคติวิตี้ (Theory of Photoconductivity)

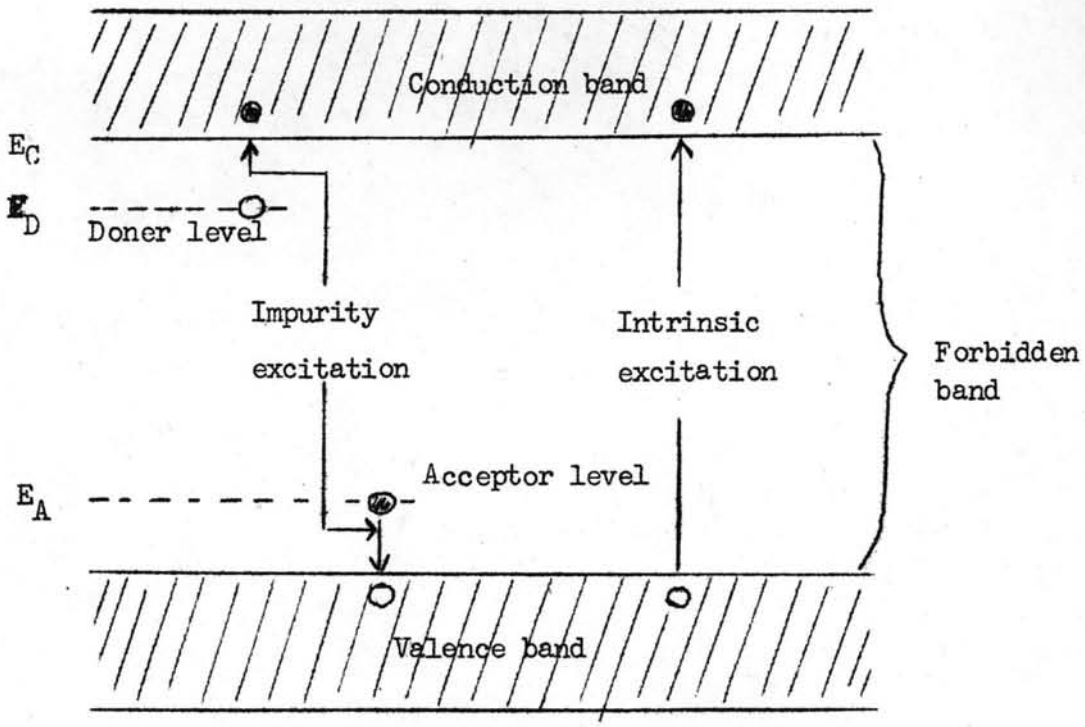
โฟโตคอนดัคชั่นเกิดขึ้นจากการมีตัวพา (carriers) เกิดในวัตถุกึ่งตัวนำเมื่ออีเลคตรอนและหลุมถูกทำให้มีขึ้นเนื่องจากโฟโตเอกไซเทชั่น (photoexcitation) โฟโตเอกไซเทชั่นหมายถึงการที่โฟตอนเข้ามาในวัตถุกึ่งตัวนำแล้วถ่ายเทพลังงานให้กับอีเลคตรอนเพียงพอที่จะเคลื่อนที่ไปยังระดับพลังงานที่สูงกว่าได้ การตื่นตัวของตัวพากระแสซึ่งหมายถึงอีเลคตรอนหรือหลุมเกิดจากระดับที่เมื่อตัวพาถูกยึดไว้ (bound) ที่อุณหภูมิต่ำ ๆ ไปยังแบนด์ (band) ซึ่งอีเลคตรอนหรือหลุมสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระในสนามไฟฟ้า ตัวอย่างการย้ายที่ (transition) ของอีเลคตรอนได้แสดงดังรูปที่ 3–2

โดยปกติวัตถุกึ่งตัวนำมี energy gap น้อยขนาด (order) 1 อีเลคตรอนโวลต์[2] ซึ่งเมื่อวัตถุกึ่งตัวนำได้รับอุณหภูมิหรือพลังงานสูงพออีเลคตรอนจากระดับสูงสุดปกติสามารถย้ายไปสู่ระดับพลังงานที่สูงสุดในแบนด์ต่อไปได้ สารที่มีคุณสมบัติดังกล่าวนี้เรียกอินทรินสิคเซมิคอนดัคเตอร์ (intrinsic semiconductor) ถ้าวัตถุกึ่งตัวนำใดมีสารอสุทธิมาผสมเรียกว่าอิมเพียวริตี้เซมิคอนดัคเตอร์ (impurity semiconductor)

อินทรินสิคเอกไซเทชั่น (Intrinsic excitation)จะทำให้อีเลคตรอนกระโดดจากวาเลนส์แบนด์ไปยังคอนดัคชั่นแบนด์ ทำให้เกิดมีอีเลคตรอนและหลุมที่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ส่วนอิมเพียวริตี้เอกไซเทชั่น (Impurity excitation) นั้นทำให้เกิดสองแบบคือ แบบแรกการย้ายที่ของอีเลคตรอนจากระดับดอนอร์ (donor level) ไปยังคอนดัคชั่นแบนด์จะมีอีเลคตรอนที่เคลื่อนที่ได้อิสระและจะเหลือหลุมไว้ (bound hole) ที่ตำแหน่งดอนอร์ อีกแบบคือการย้ายที่ของอีเลคตรอนจากวาเลนส์แบนด์ไปยังระดับแอคเซบเตอร์ จะทำให้มีหลุมอิสระและเหลืออีเลคตรอนที่ตำแหน่งแอคเซบเตอร์

---

[2]Karl R. Spangenberg, Fundamentals of Electron Devices. (New York: McGrow-Hill Book Company, Inc.,1957) p.91.



รูปที่ 3-2 ไดอะแกรมระดับพลังงานแสดงการเกิดอิเลคตรอนและหลุม เนื่องจากการกระตุ้นของโฟตอนในกรณีโฟโตคอนดัคติพเอฟเฟค

หลังจากที่เกิดอิเลคตรอนและหลุมดังกล่าวจากโฟโตเอกไซเทชั่นแล้ว เมื่อเราทำให้เกิดความต่างศักย์ระหว่างขั้วของสารนี้ก็จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรได้ ซึ่งจะหาค่ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านขั้วได้จากสมการ (3.1)

$$i = eF \frac{\tau_o}{T_r} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3.1)^3$$

โดยที่ i = กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขั้ว

e = ประจุของอิเลคตรอน

τ_o = อายุเฉลี่ยของตัวพากระแสไฟฟ้า (อิเลคตรอนหรือหลุม) ใน free state

---

[3]Ibid., p. 409.

F = จำนวนทั้งหมดของเอกไซเทชั่น , วินาที$^{-1}$

T_r = เวลาเฉลี่ยจากการเคลื่อนที่

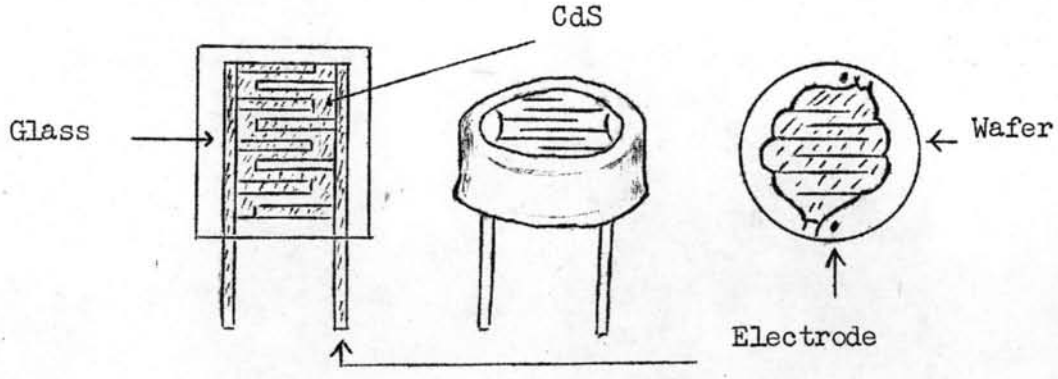
(average transit time)

ซึ่งกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านมากน้อยแค่ไหนยังขึ้นอยู่กับศักดาไฟฟ้าที่ใส่เข้าไปด้วย

สารที่ใช้ในการทำโฟโตคอนดัคทิพเซลมีหลายชนิด ในปัจจุบันนี้เขานิยมใช้แคดเมี่ยมซัลไฟด์เพราะราคาถูกและมีความไว (sensitive) ต่อแสงดี

ในความมืดอิเลคตรอนของแคดเมี่ยมซัลไฟด์ถูกยึดเหนี่ยวไว้หนาแน่นจึงทำให้มีความต้านทานสูงหลายร้อยล้านโอห์ม เมื่อให้ถูกแสงแสงก็จะถ่ายเทพลังงานที่มีอยู่เพียงพอแก่อิเลคตรอนที่จะสามารถทำให้หลุดออกมาจากบอนด์ (bond) ของมันได้กลายเป็นอิเลคตรอนอิสระ จึงทำให้ความต้านทานของแคดเมี่ยมซัลไฟด์เซลลดลงอย่างมาก บางตัวเหลือเพียงร้อยกว่าโอห์มซึ่งแล้วแต่ความเข้มของแสง เมื่อเอาแสงออกอิเลคตรอนก็จะถูกยึดไว้ใหม่ทำให้ความต้านทานสูงเหมือนเดิมเนื่องจากอิเลคตรอนของแคดเมี่ยมซัลไฟด์มันจะคายพลังงานที่มันดูดกลืนออกเพื่อกลับสู่สภาวะเดิม

เนื่องจากแคดเมี่ยมซัลไฟด์เซลมีความไวต่อแสงมากเขาจึงสร้างเพียงตัวเล็ก ๆ เช่น บางตัวมีขนาดประมาณเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/4 นิ้ว และ หนา 3/8 นิ้ว รูปร่างดังรูปที่ 3-3



รูปที่ 3-3 แคดเมี่ยมซัลไฟด์โฟโตคอนดัคทิพเซลแบบต่าง ๆ

แคดเมี่ยมซัลไฟด์เขามักจะทำเป็นแผ่นเล็ก ๆ บาง ๆ ลงบนฉนวนที่เป็นแผ่นบาง ๆ ขั้วทำด้วยดีบุก หรืออินเดียม บรรจุในแก้วหรือพลาสติคเพื่อให้อยู่ในสภาพที่แข็งแรงและให้แก้วเป็นเลนส์ไปด้วย เพื่อให้แสงตกกระทบผิวหน้าของแคดเมี่ยมซัลไฟด์ได้อย่างสม่ำเสมอ