

ใบเนื้อหา เรื่อง อุปกรณ์เกี่ยวข้องในงานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

11.1 ไมโครโฟน

อุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ ทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จะต้องเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ประกอบรวมใช้งานหลายชนิด ช่วยในการสนับสนุน ทำให้เกิดการทำงานที่ถูกต้องสมบูรณ์ หรือทำให้ระบบการทำงานของเครื่องมือ เครื่องใช้เกิดความครบถ้วนสมบูรณ์ อุปกรณ์ส่วนประกอบเหล่านั้นมีคุณสมบัติ และหน้าที่การทำงานแตกต่างกันไป การนำอุปกรณ์เหล่านี้ไปใช้งานจำเป็น ต้องศึกษาทำความเข้าใจ เพื่อการทำงานและการใช้งานที่ถูกต้อง

ไมโครโฟน (Microphone) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เปลี่ยนคลื่นเสียง (พลังงานเสียง) ที่ถูกกำเนิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดเสียงชนิดต่างๆ เช่น เสียงสนทนา เสียงร้อง และเสียงดนตรี เป็นต้น ให้เปลี่ยนไปเป็นเสียงในลักษณะคลื่นไฟฟ้า (พลังงานไฟฟ้า) ในรูปสัญญาณไฟสลับ นำไปใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ได้ เช่น บันทึกเก็บไว้ในแผ่นซีดี แผ่นดีวีดี บันทึกลงในเครื่องบันทึกเสียง หรือส่งต่อไปขยายเสียงในเครื่องขยายเสียง เป็นต้น ไมโครโฟนที่มีคุณภาพดีจะต้องตอบสนองต่อสัญญาณเสียงครอบคลุมย่านความถี่เสียงในช่วงความถี่ 20 เฮิรตซ์ (Hertz ; Hz) ถึง 20 กิโลเฮิรตซ์ (Kilohertz ; kHz) รูปร่างและสัญลักษณ์ไมโครโฟน แสดงดังรูปที่ 11.1



รูปที่ 11.1 รูปร่างและสัญลักษณ์ไมโครโฟน

จากรูปที่ 11.1 แสดงรูปร่างและสัญลักษณ์ไมโครโฟนแบบต่างๆ ไมโครโฟนที่ผลิตใช้งานในปัจจุบันมี 2 แบบ คือ แบบใช้สายเชื่อมต่อ ดังรูปที่ 11.1 ก มีสายต่อเชื่อมจากตัวไมโครโฟนไปยังอุปกรณ์รับสัญญาณเสียง และแบบไม่ใช้สายเชื่อมต่อ (Wireless) ดังรูปที่ 11.1 ข โดยสัญญาณ เสียงที่ผ่านไมโครโฟนมาถูกผสมด้วยคลื่นความถี่วิทยุส่งออกอากาศไป ปลายทางมีเครื่องรับคลื่น วิทยุแปลงกลับมาเป็นสัญญาณเสียง ส่งต่อไปยังอุปกรณ์รับสัญญาณเสียง

ไมโครโฟนที่ผลิตมาใช้งาน มีโครงสร้างภายในตัวของส่วนแปลงสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณ ไฟฟ้าจ่ายออกมาใช้งานแตกต่างกัน ที่มีใช้งานแพร่หลายมี 2 ชนิด คือ ชนิดไมโครโฟนไดนามิก (Dynamic Microphone) และชนิดไมโครโฟนคอนเดนเซอร์ (Condenser Microphone)

1. ไมโครโฟนไดนามิก เป็นไมโครโฟนที่มีโครงสร้างภายในของส่วนให้กำเนิดสัญญาณ ไฟฟ้าออกมา ประกอบด้วยขดลวดเคลื่อนที่ในรูปทรงกระบอกวางไว้ล้อมรอบแท่งแม่เหล็ก มีแผ่นไดอะแฟรม (Diaphragm) ยึดติดกับขดลวดเคลื่อนที่ วางอยู่ด้านหน้าไมโครโฟน เมื่อมีเสียงส่งมากระทบทำให้แผ่นไดอะแฟรมสั่น ขดลวดเคลื่อนที่ที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าชักนำในรูปสัญญาณเสียงเป็นแรงดันไฟสลับจ่ายออกไปใช้งาน ลักษณะไมโครโฟนชนิดไดนามิก แสดงดังรูปที่ 11.2 ก

2. ไมโครโฟนคอนเดนเซอร์ เป็นไมโครโฟนที่มีโครงสร้างภายในของส่วนให้กำเนิดสัญญาณไฟฟ้าออกมา ประกอบด้วยแผ่นโลหะบางสองแผ่นวางขนานใกล้กัน มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับตัวเก็บประจุ วางอยู่ด้านหน้าไมโครโฟน แผ่นโลหะแผ่นหน้าทำหน้าที่เป็นแผ่นไดอะแฟรมด้วย คอยรับคลื่นเสียงมากระทบ แผ่นโลหะทั้งสองมีขั้วต่อออก ถูกต่อร่วมกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟตรงตั้งแต่ 1.5 V – 48 V แล้วแต่การออกแบบ มีตัวต้านทานที่ทำหน้าที่เป็นภาระวงจรรับแรงดันจ่ายมาตกคร่อม เมื่อมีเสียงมากระทบทำให้แผ่นไดอะแฟรมสั่น คอนเดนเซอร์เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าการเก็บประจุ ทำให้เกิดกระแสไหลเปลี่ยนแปลง เกิดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานจ่ายออกมาใช้งานเปลี่ยนแปลง ลักษณะไมโครโฟนชนิดคอนเดนเซอร์ แสดงดังรูปที่ 11.2 ข



(ก) ไมโครโฟนไดนามิก



(ข) ไมโครโฟนคอนเดนเซอร์

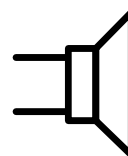
รูปที่ 11.2 ชนิดของไมโครโฟน

11.2 ลำโพง

ลำโพง (Loudspeaker) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเสียงที่อยู่ในรูปสัญญาณ ไฟฟ้าให้กลับมาเป็นสัญญาณเสียงในรูปการสั่นสะเทือน โดยการสั่นของกรวย (Cone) ลำโพงไปทำให้อากาศบริเวณโดยรอบกรวยลำโพงเกิดการสั่นเป็นคลื่นเสียงออกมา การสั่นสะเทือนของกรวยลำโพงทำให้เกิดคลื่นเสียงที่มาจากอากาศสั่นสะเทือนมีความถี่แตกต่างกัน ตามความเร็วของกรวยสั่นสะเทือน กรวยลำโพงสั่นเร็วได้คลื่นเสียงความถี่สูงออกมา กรวยลำโพงสั่นช้าได้คลื่นเสียงความถี่ต่ำออกมา ลำโพงที่ถูกสร้างมาใช้งานมีรูปร่างลักษณะแตกต่างกันไป ลักษณะลำโพงแบบต่างๆ และสัญลักษณ์ แสดงดังรูปที่ 11.3



(ก) รูปร่าง



(ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 11.3 ลำโพงแบบต่างๆ และสัญลักษณ์

ความถี่เสียงที่มนุษย์ได้ยินมีย่านความถี่ที่กว้างตั้งแต่ 20 Hz – 20 kHz คือมีย่านความถี่ตั้งแต่ความถี่ต่ำไปถึงความถี่สูง ทำให้ลำโพงที่ผลิตขึ้นมาใช้งานไม่สามารถตอบสนองต่อความถี่เสียงได้ครอบคลุมทั้งหมด จึงจำเป็นต้องผลิตลำโพงขึ้นมาให้ตอบสนองต่อความถี่เสียงเป็นช่วงความถี่ ให้เหมาะสมกับการตอบสนองต่อความถี่เสียงของลำโพงแต่ละชนิด แบ่งความถี่ออกได้เป็น 3 ช่วงความถี่ โดยแบ่งลำโพงออกเป็น 3 ชนิด คือ ชนิดความถี่ต่ำเรียกว่าลำโพงเสียงทุ้ม หรือ วูเฟอร์ (Woofer) ชนิดความถี่กลางเรียกว่าลำโพงเสียงกลาง หรือมิดเรนจ์ (Midrange) และชนิดความถี่สูงเรียกว่าลำโพงเสียงแหลม หรือทวีเตอร์ (Tweeter) ลำโพงแต่ละชนิดมีลักษณะรูปร่าง โครงสร้าง และให้กำเนิดสัญญาณเสียงออกมาแตกต่างกันไป ลำโพงแต่ละชนิดมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 11.4 ลำโพงเสียงทุ้ม

1. ลำโพงเสียงทุ้ม หรือนิยมเรียกว่า **ลำโพงเบส (Base Loudspeaker)** เป็นลำโพงที่ผลิตขึ้นมาใช้งานให้มีการตอบสนองความถี่เสียงในย่านความถี่ต่ำประมาณ 20 Hz ถึง 1 kHz โดยกรวยลำโพงทำด้วยกระดาษ พลาสติก หรือสารอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติคล้ายกัน ลำโพงเสียงทุ้มจะมีขนาดใหญ่ โดยเส้นผ่านศูนย์กลางของกรวยลำโพงมีขนาดตั้งแต่ 8 นิ้วขึ้นไป ถึง 15 นิ้ว หรือมากกว่านี้ ลักษณะลำโพงเสียงทุ้ม แสดงดังรูปที่ 11.4

2. ลำโพงเสียงกลาง เป็นลำโพงที่ผลิตขึ้นมาใช้งานให้มีการตอบสนองความถี่เสียงในย่านความถี่ปานกลางประมาณ 300 Hz ถึง 5 kHz กรวยลำโพงทำด้วยกระดาษ พลาสติก หรือสารอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติคล้ายกัน ลักษณะเช่นเดียวกับลำโพงเสียงทุ้ม เพียงแต่ลำโพงเสียงกลางจะผลิตให้มีขนาดเล็กลงมา เส้นผ่านศูนย์กลางของกรวยลำโพงมีขนาดตั้งแต่ 4 นิ้ว ถึง 6.5 นิ้ว โดยประมาณ ลักษณะลำโพงเสียงกลาง แสดงดังรูปที่ 11.5



รูปที่ 11.5 ลำโพงเสียงกลาง



รูปที่ 11.6 ลำโพงเสียงแหลม

3. ลำโพงเสียงแหลม เป็นลำโพงที่ผลิตขึ้นมาใช้งานให้มีการตอบสนองความถี่เสียงในย่านความถี่สูงประมาณ 2 kHz ถึง 20 kHz ส่วนโครงสร้างของลำโพงส่วนใหญ่เป็นโลหะล้วนไม่มีกรวยลำโพง มีแต่ไดอะแฟรมเป็นตัวสั่นทำให้เกิดเสียง จึงให้การตอบสนองต่อเสียงความถี่สูงได้ดี ลำโพงเสียงแหลมมีขนาดเล็ก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไดอะแฟรมตั้งแต่ 1 นิ้ว ถึง 3 นิ้ว

โดยประมาณ ลักษณะลำโพงเสียงแหลม แสดงดัง
รูปที่ 11.6

ลำโพงชนิดที่แยกตามย่านความถี่เสียง เป็นลำโพงที่นิยมนำไปใช้ในงานตอบสนองต่อเสียงเพลงและเสียงดนตรี สามารถให้สัญญาณเสียงออกมาครอบคลุมความถี่เสียงทั้งหมด เพื่อให้ได้เสียงที่สมจริงออกมา แต่งานระบบเสียงบางชนิดลำโพงประเภทนี้ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน จึงได้ผลิตลำโพงแบบต่างๆ ให้เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละด้าน เช่น ใช้งานในรถยนต์ควรใช้ลำโพงติดรถยนต์ (Car Loudspeaker) ใช้ฟังเสียงโดยให้ลำโพงแนบกับหูควรใช้ลำโพงแบบหูฟัง (Headphone) ใช้กับงานกลางแจ้ง เพื่อให้สามารถกำหนดทิศทางของเสียงได้ และไม่คำนึงถึงการตอบสนองต่อเสียงครอบคลุมทุกย่านความถี่ ควรใช้ลำโพงฮอร์น (Horn Loudspeaker) หรือสามารถพูดส่งต่อไปขยายเสียงออกลำโพงได้ทันที และพกพาไปที่ต่างๆ ได้สะดวก ควรใช้เมกะโฟน (Megaphone) เป็นต้น ลักษณะลำโพงแบบอื่นๆ แสดงดังรูปที่ 11.7



(ก) ลำโพงรถยนต์



(ข) ลำโพงหูฟัง



(ค) ลำโพงฮอร์น



(ง) เมกะโฟน

รูปที่ 11.7 ลำโพงแบบอื่นๆ

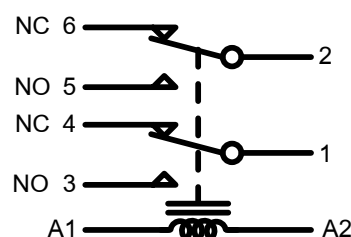
11.3 รีเลย์

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทสวิตช์ ควบคุมการทำงานด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ที่ถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย โดยใช้งานเป็นส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ตัวรีเลย์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดต่อช่วยควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟไปให้ภาระสามารถทำงานหรือหยุดทำงานได้ การควบคุมให้รีเลย์ทำงาน โดยการใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าภายในตัวรีเลย์ ควบคุมหน้าสัมผัสสวิตช์ รีเลย์ทำการตัดหรือต่อวงจร โดยใช้แรงดันและกระแสค่าต่ำในการควบคุมให้หน้าสัมผัสรีเลย์ทำงาน ไปควบคุมแรงดันและกระแสค่าสูงมากขึ้น จ่ายให้กับอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องใช้ไฟฟ้าสามารถทำงานได้

โครงสร้างรีเลย์ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน ได้แก่ ส่วน **ขดลวด** ทำหน้าที่ให้กำเนิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นมาเมื่อมีแรงดันป้อนให้ อีกส่วนได้แก่ **สวิตช์หน้าสัมผัส** ทำหน้าที่ตัดหรือต่อวงจรตามการควบคุมของขดลวดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า สวิตช์หน้าสัมผัสรีเลย์มี 2 สถานะ คือ **สถานะปกติเปิด (Normal Open ; NO)** เป็นสถานะที่ขณะรีเลย์ไม่ทำงานหน้าสัมผัสจะถูกเปิดวงจร เมื่อรีเลย์ทำงานหน้าสัมผัสจะต่อวงจร และอีกสถานะคือ **สถานะปกติปิด (Normal Closed ; NC)** เป็นสถานะที่ขณะรีเลย์ไม่ทำงานหน้าสัมผัสจะถูกต่อวงจร เมื่อรีเลย์ทำงานหน้าสัมผัสจะเปิดวงจร สวิตช์หน้าสัมผัสรีเลย์เป็นชนิดทนกระแสได้ต่ำ นำไปใช้งานในวงจรทนกำลังได้ไม่มาก ขึ้นอยู่กับรุ่น และชนิดของรีเลย์ รูปร่างโครงสร้างและสัญลักษณ์รีเลย์ แสดงดังรูปที่ 11.8



(ก) รูปร่าง



(ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 11.8 รูปร่างและสัญลักษณ์รีเลย์

จากรูปที่ 11.8 แสดงรูปร่างและสัญลักษณ์รีเลย์ รูปที่ 11.8 ก เป็นรูปร่างรีเลย์มีหลายรูปโครงสร้างหลายชนิดไฟฟ้าใช้งาน เช่น แรงดันไฟตรง (DC) แรงดันไฟสลับ (AC) ค่าแรงดันที่ใช้ 6 V, 12 V, 24V, 50 V,

110 V และ 220 V เป็นต้น และหลายลักษณะชุดหน้าสัมผัส เช่น 1 ชุด, 2 ชุด และ 3 ชุด เป็นต้น และรูปที่ 11.8 ข เป็นสัญลักษณ์รีเลย์ชนิดหน้าสัมผัส 2 ชุด มีขา A_1 , A_2 เป็นขาต่อไปขดลวดสนามแม่เหล็ก ขา 1, 3, 4 เป็นขาต่อหน้าสัมผัสชุดที่ 1 และขา 2, 5, 6 เป็นขาต่อหน้าสัมผัสชุดที่ 2 ในแต่ละชุดหน้าสัมผัสมีทั้งหน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (NO) และหน้าสัมผัสแบบปกติปิด (NC)

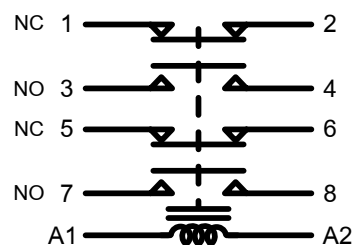
การทำงานของรีเลย์ ขณะที่ยังไม่มีแรงดันป้อนให้ขดลวดรีเลย์ ยังไม่เกิดสนามแม่เหล็ก ไม่มีการทำงานของกลไกใดๆ ภายในตัวรีเลย์ เมื่อป้อนแรงดันให้ขดลวดรีเลย์ เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นในแกนเหล็ก เกิดอำนาจแม่เหล็กไปดึงดูดให้ชุดหน้าสัมผัสเคลื่อนที่เข้ามาชิดกับแกนเหล็กของขดลวด ควบคุมให้ชุดหน้าสัมผัสทั้งหมดเปลี่ยนแปลงสภาวะการทำงาน หน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (NO) เกิดการต่อวงจร และหน้าสัมผัสแบบปกติปิด (NC) เกิดการตัดวงจร เมื่อเกิดการป้อนแรงดันให้ขดลวดรีเลย์ ไม่เกิดสนามแม่เหล็ก ชุดหน้าสัมผัสต่างๆ กลับเข้าสู่สภาวะปกติตามเดิม คือ หน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (NO) เปิดวงจร และหน้าสัมผัสแบบปกติปิด (NC) ต่อยังวงจร

11.4 แมกเนติกคอนแทกเตอร์

แมกเนติกคอนแทกเตอร์ (Magnetic Contactor) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทสวิตช์ควบคุมการทำงานด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นเดียวกับรีเลย์ แต่สามารถนำไปใช้งานได้กับกำลังไฟฟ้าสูงๆ จึงนิยมเรียกว่า **รีเลย์กำลัง (Power Relay)** เป็นอุปกรณ์ที่ถูกนำไปใช้งานด้านการควบคุมกำลังไฟฟ้าในงานอุตสาหกรรม การควบคุมให้แมกเนติกคอนแทกเตอร์ทำงานหรือหยุดทำงาน โดยใช้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นภายในตัวของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ ควบคุมให้หน้าสัมผัสของสวิตช์แมกเนติกคอนแทกเตอร์ตัดต่อวงจร ด้วยการใช้แรงดันและกระแสค่าต่ำจ่ายไปให้แมกเนติกคอนแทกเตอร์ ส่งอำนาจแม่เหล็กไปควบคุมให้หน้าสัมผัสทำงาน นำไปควบคุมแรงดันและกระแสค่าสูง จ่ายมาจากแหล่งจ่ายแรงดันส่งไปให้ภาระที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูงค่าต่างๆ รูปร่างและสัญลักษณ์แมกเนติกคอนแทกเตอร์ แสดงดังรูปที่ 11.9



(ก) รูปร่าง



(ข) สัญลักษณ์

รูปที่ 11.9 รูปร่างและสัญลักษณ์แมกเนติกคอนแทกเตอร์

จากรูปที่ 11.9 แสดงรูปร่างและสัญลักษณ์แมกเนติกคอนแทกเตอร์ รูปที่ 11.9 ก เป็นรูปร่างของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ โครงสร้างภายในแมกเนติกคอนแทกเตอร์ ประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนขดลวดให้กำเนิดสนามแม่เหล็กออกมาเมื่อมีแรงดันป้อนให้ขดลวด อีกส่วนได้แก่ส่วนหน้าสัมผัส แบ่งการใช้งานออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดหน้าสัมผัสหลัก (Main Contact) เป็นหน้าสัมผัสที่ทนกระแสได้สูง ใช้ต่อในวงจรที่ต้องการกำลังไฟฟ้าสูงๆ ในการใช้งาน และชุดหน้าสัมผัสช่วย (Auxiliary Contact) เป็นหน้าสัมผัสที่ทนกระแสได้ต่ำ นำไปใช้งานได้เฉพาะในวงจรควบคุมการทำงานที่ต้องการกำลังไฟฟ้าต่ำ ส่วนรูปที่ 11.9 ข เป็นสัญลักษณ์ของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ ชุด A_1 , A_2 เป็นชุดขดลวดสนามแม่เหล็ก ชุด 1, 2 และ 5, 6 เป็นหน้าสัมผัสแบบปกติปิด (NC) และชุด 3, 4 และ 7, 8 เป็นหน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (NO)

การทำงานของแมกเนติกคอนแทกเตอร์ ขณะที่ยังไม่มีแรงดันป้อนให้ขดลวด ยังไม่เกิดสนามแม่เหล็ก ไม่มีการทำงานของกลไกใดๆ ภายในตัวแมกเนติกคอนแทกเตอร์ เมื่อป้อนแรงดันให้ขดลวด ทำให้ขดลวดเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นในแกนเหล็ก เกิดอำนาจแม่เหล็กไปดึงดูดให้ชุดหน้าสัมผัสเคลื่อนที่เข้ามาชิดกับแกนเหล็กของขดลวด ทำให้ชุดหน้าสัมผัสทั้งหมดเปลี่ยนแปลงสภาวะการทำงาน หน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (NO) เกิดการต่อวงจร และหน้าสัมผัสแบบปกติปิด (NC) เกิดการเปิดวงจร กรณีที่ขดลวดหมดอำนาจแม่เหล็ก สปริงจะบังคับให้ชุดหน้าสัมผัสกลับเข้าสู่สภาวะปกติ คือ หน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (NO) เปิดวงจร และหน้าสัมผัสแบบปกติปิด (NC) ต่อวงจร

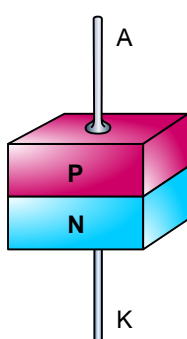
11.5

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

สารกึ่งตัวนำ หรือธาตุกึ่งตัวนำ คือ ธาตุที่มีอิเล็กตรอนวงนอกสุด 4 ตัวพอดี เป็นธาตุที่สามารถนำไปใช้ในการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำชนิดต่างๆ ธาตุกึ่งตัวนำที่นิยมนำมาใช้ในการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ได้แก่ ธาตุซิลิคอน (Si) และธาตุเจอร์เมเนียม (Ge) โดยการนำธาตุกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ไปเติมธาตุเจือปนอื่นๆ เพื่อให้ได้เป็นสารกึ่งตัวนำชนิด P (Positive = บวก) คือสารกึ่งตัวนำชนิดที่มีประจุไฟฟ้าบวก (+) หรือมีโฮล (Hole) มากกว่าปกติ และสารกึ่งตัวนำชนิด N (Negative = ลบ) คือสารกึ่งตัวนำชนิดที่มีประจุไฟฟ้าลบ (-) หรือมีอิเล็กตรอนมากกว่าปกติ อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำแต่ละชนิดที่ผลิตออกมาใช้งาน ประกอบขึ้นมาจากการนำสารกึ่งตัวนำชนิด P และสารกึ่งตัวนำชนิด N ต่อร่วมกันทั้งสิ้น อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ผลิตมาใช้งาน เช่น ไดโอด ซีเนอร์ไดโอด ไดโอดเปล่งแสง ทรานซิสเตอร์ และเฟต เป็นต้น อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำแต่ละชนิดมีโครงสร้างหลักการทำงาน และถูกนำไปใช้งานที่แตกต่างกัน

11.5.1 ไดโอด

ไดโอด (Diode) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ ที่ถูกผลิตขึ้นมาจากการนำสารกึ่งตัวนำชนิด P และสารกึ่งตัวนำชนิด N มาต่อชนกัน เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำชนิด 2 ตอน มีขาต่อออกมาใช้งาน 2 ขา คือ ขาแอโนด (Anode ; A) ต่อออกมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด P และขาแคโทด (Cathode ; K) ต่อออกมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด N โครงสร้างภายในตัวไดโอดทุกชนิดเหมือนกัน แตกต่างเพียงรูปร่าง ตัวถัง รวมถึงขนาดทนแรงดัน และทนกระแส ไดโอดที่ผลิตมาใช้งานมีตั้งแต่ทนกระแสได้ต่ำๆ ไม่ถึงแอมแปร์ จนถึงทนกระแสได้สูงเป็นพันแอมแปร์ขึ้นไป รูปร่างโครงสร้างและสัญลักษณ์ไดโอด แสดงดังรูปที่ 11.10



(ก) โครงสร้าง



(ข) สัญลักษณ์

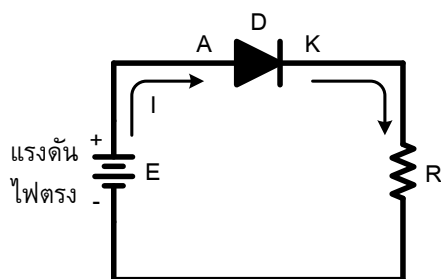


(ค) รูปร่าง

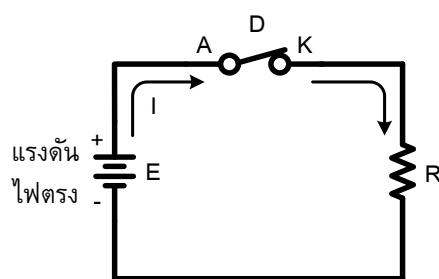
รูปที่ 11.10 โครงสร้างสัญลักษณ์และรูปร่างของไดโอด

ตัวไดโอดจะทำงานได้จำเป็นต้องจ่ายแรงดันไฟตรง (DC) ให้ขาไดโอดครบทุกขา แรงดันไฟตรงที่จ่ายให้ขาต่างๆ ของไดโอดนิยมเรียกว่าการจ่ายไบแอส (Bias) ให้ตัวไดโอด สามารถจ่ายไบแอสให้ขาต่างๆ ของไดโอดได้ 2 แบบ คือ การจ่ายไบแอสตรง (Forward Bias) และการจ่ายไบแอสกลับ (Reverse Bias)

1. การจ่ายไบแอสตรง เป็นการจ่ายแรงดันไฟตรงให้ขาไดโอดทั้งสองในแบบถูกต้องตามที่ไดโอดต้องการ คือ จ่ายแรงดันไฟตรงขั้วบวกให้ขาแอโนด (A) สารชนิด P (P = บวก) และจ่ายแรงดันไฟตรงขั้วลบให้ขาแคโทด (K) สารชนิด N (N = ลบ) การจ่ายไบแอสตรงทำให้ไดโอดทำงาน ความต้านทานในตัวไดโอดลดต่ำลงอย่างมาก ไดโอดทำหน้าที่เปรียบเสมือนสวิตช์ต่อวงจร (ON) มีกระแสไหลผ่านตัวไดโอดสูงมาก การต่อวงจรจ่ายไบแอสตรงให้ไดโอด แสดงดังรูปที่ 11.11



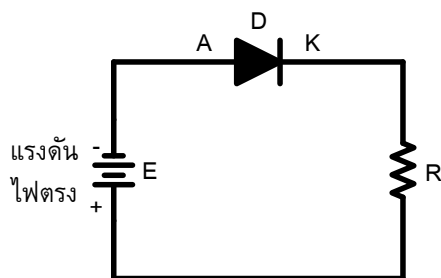
(ก) วงจรไบแอสตรง



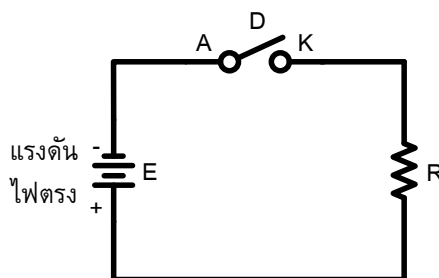
(ข) วงจรเทียบเท่า

รูปที่ 11.11 วงจรจ่ายไบแอสตรงให้ไดโอด

2. การจ่ายไบแอสกลับ เป็นการจ่ายแรงดันไฟตรงให้ขาไดโอดทั้งสองในแบบไม่ถูกต้องตามที่ไดโอดต้องการ (จ่ายผิดขั้ว) คือ จ่ายแรงดันไฟตรงขั้วลบให้ขาแอนโนด (A) สารชนิด P ($P =$ บวก) และจ่ายแรงดันไฟตรงขั้วบวกให้ขาแคโทด (K) สารชนิด N ($N =$ ลบ) การจ่ายไบแอสกลับทำให้ไดโอดไม่ทำงาน ความต้านทานในตัวไดโอดสูงมาก ไดโอดทำหน้าที่เปรียบเสมือนสวิตช์ตัดวงจร (OFF) ไม่มีกระแสไหลผ่านตัวไดโอด การต่อวงจรจ่ายไบแอสกลับให้ไดโอด แสดงดังรูปที่ 11.12



(ก) วงจรไบแอสกลับ



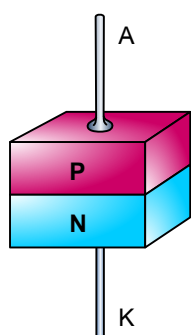
(ข) วงจรเทียบเท่า

รูปที่ 11.12 วงจรจ่ายไบแอสกลับให้ไดโอดไม่มีกระแสไฟฟ้าไหล

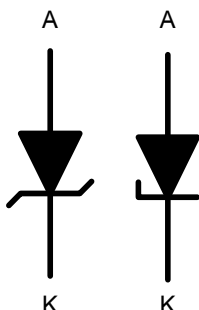
11.5.2 ซีเนอร์ไดโอด

ซีเนอร์ไดโอด (Zener Diode) เป็นไดโอดที่ผลิตขึ้นมาจากการนำสารกึ่งตัวนำชนิด P และชนิด N ต่อชนกัน มีลักษณะโครงสร้างเช่นเดียวกับไดโอดธรรมดา มีขาต่อใช้งาน 2 ขา คือ ขาแอนโนด (A) และขาแคโทด (K) เหมือนกัน ส่วนที่แตกต่างออกไปของซีเนอร์ไดโอด อยู่ที่ยังการนำซีเนอร์ไดโอดไปใช้งานและการต่อวงจรทำงาน ของไดโอดธรรมดาใช้การทำงานในสภาวะการจ่ายแรงดันไบแอสตรง ทำงานเปรียบเสมือนเป็นสวิตช์ปิดเปิดวงจร ส่วนของซีเนอร์ไดโอดใช้การทำงานในสภาวะการจ่ายแรงดันไบแอสกลับที่ค่าแรงดันพัง หรือที่ค่าซีเนอร์เบรกดาวน์ (Zener Breakdown) โดยไม่ได้ทำงานเป็นสวิตช์ปิดเปิดวงจร แต่ใช้ทำงานเป็นตัวควบคุม

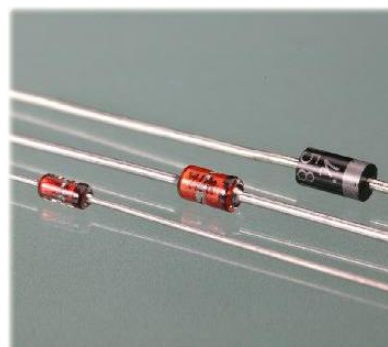
แรงดัน ไฟตรง จ่ายมาตกร่อมตัวซีเนอร์ไดโอดให้มีค่าคงที่ตลอดเวลา ส่งออกเป็นแรงดันไฟตรงคงที่นำไปใช้งาน โครงสร้างสัญลักษณ์และรูปร่างของซีเนอร์ไดโอด แสดงดังรูปที่ 11.13



(ก) โครงสร้าง



(ข) สัญลักษณ์

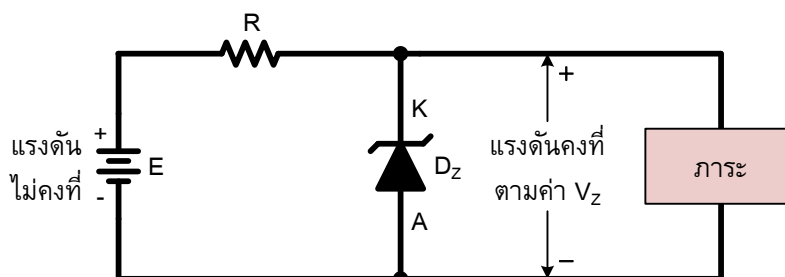


(ค) รูปร่าง

รูปที่ 11.13 โครงสร้างสัญลักษณ์และรูปร่างของซีเนอร์ไดโอด

การจ่ายไบแอสให้ตัวซีเนอร์ไดโอด สามารถจ่ายแรงดันไบแอสให้ได้ 2 แบบ เช่นเดียวกับไดโอดธรรมดา คือ จ่ายไบแอสตรง ซีเนอร์ไดโอดทำงานเช่นเดียวกับไดโอดธรรมดา ซีเนอร์ไดโอดทำงานมีกระแสไหลผ่าน ค่าความต้านทานในตัวซีเนอร์ไดโอดต่ำ แบบนี้ไม่นิยมนำไปใช้งาน

การจ่ายไบแอสให้ซีเนอร์ไดโอดทำงาน มักจะเป็นการจ่ายไบแอสกลับให้ตัวซีเนอร์ไดโอด ในเบื้องต้นซีเนอร์ไดโอดไม่ทำงาน ไม่มีกระแสไหลผ่าน มีเพียงกระแสรั่วไหล (Leakage Current) ไหลผ่านตัวซีเนอร์ไดโอดเพียงเล็กน้อย จนกว่าแรงดันไบแอสกลับที่จ่ายให้เพิ่มขึ้นถึงค่าแรงดันซีเนอร์เบรกดาวน์ (Zener Breakdown Voltage ; V_Z) เป็นค่าที่ตัวซีเนอร์ไดโอดทำงาน มีกระแสไหลผ่านตัวซีเนอร์ไดโอด เกิดค่าแรงดันไฟตรง (V_{DC}) ตกร่อมตัวซีเนอร์ไดโอดคงที่ ตามค่า แรงดันซีเนอร์เบรกดาวน์ (V_Z) ของซีเนอร์ไดโอดตัวนั้น แรงดันไฟตรงค่านี้จะมีค่าคงที่ตลอดเวลาในการทำงาน วงจรทำงานซีเนอร์ไดโอด แสดงดังรูปที่ 11.14



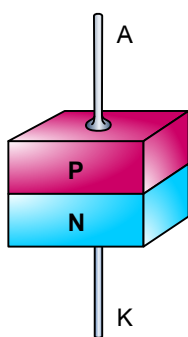
รูปที่ 11.14 วงจรทำงานซีเนอร์ไดโอด

ค่าแรงดันซีเนอร์เบรกดาวน์ (V_Z) ของตัวซีเนอร์ไดโอด ที่ผลิตออกมาใช้งานมีหลายค่าให้เลือกใช้งานตั้งแต่ 1.2 V ถึง 200 V โดยประมาณ และค่าทนกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Power Dissipation ; P_D) มีให้เลือกใช้งานได้หลายค่า ตั้งแต่ 0.15 W ถึง 50 W โดยประมาณ

11.5.3 ไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode ; LED) เป็นไดโอดชนิดหนึ่ง ผลิตขึ้นมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด P และชนิด N ต่อชนกัน เช่นเดียวกับไดโอดธรรมดา มีขาต่อออกมาใช้งาน 2 ขา คือ ขาแอนโนด (A) และขาแคโทด (K) เหมือนกัน ส่วนที่ไดโอดเปล่งแสงแตกต่างจากไดโอดธรรมดา ตรงผลที่สารกึ่งตัวนำที่ใช้ผลิตมีความแตกต่างไป เมื่อทำงานจะเกิดการเปล่งแสงออกมาจากตัวไดโอดเปล่งแสงเป็นสีต่างๆ ตามเนื้อสารกึ่งตัวนำที่ใช้ผลิต

แสงที่เปล่งออกมาจากตัวไดโอดเปล่งแสงแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ชนิดแสงที่ตาคนมองเห็น มีสีหลักที่กำเนิดขึ้นมา 4 สี ได้แก่ สีแดง สีเขียว สีเหลือง และสีน้ำเงิน แต่ในปัจจุบันสามารถสร้างไดโอดเปล่งแสงให้กำเนิดสีขึ้นมาได้ทุกสี โดยใช้วิธีผสมสีของแสงเข้าด้วยกันทำให้ได้แสงสีต่างๆ ออกมามากมาย และไดโอดเปล่งแสงอีกชนิดหนึ่งเป็นชนิดแสงที่ตาคนมองไม่เห็น โดยให้กำเนิดแสงอินฟราเรด (Infrared Light) ออกมา แสงแต่ละสีที่ให้กำเนิดออกมาขึ้น อยู่ที่ใช้ส่วนผสมสารกึ่งตัวนำแตกต่างกันในการผลิต ทำให้กำเนิดแสงออกมาแตกต่างกันไป โครงสร้างสัญลักษณ์และรูปร่างของไดโอดเปล่งแสง แสดงดังรูปที่ 11.15



(ก) โครงสร้าง



(ข) สัญลักษณ์

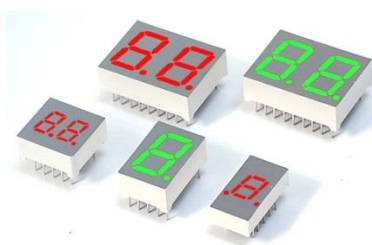


(ค) รูปร่าง

รูปที่ 11.15 รูปร่างโครงสร้างและสัญลักษณ์ไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดเปล่งแสงนอกจากจะผลิตออกมาเป็นแต่ละตัวแล้ว ยังผลิตออกมาในรูปกลุ่มไดโอดเปล่งแสง เช่น ไดโอดเปล่งแสงแบบ 7 ส่วน (Seven Segment LED) เป็นการนำไดโอด เปล่งแสงแต่ละตัวรวม 7 ตัว มาประกอบรวมกันให้อยู่ในรูปเลขแปด ไดโอดเปล่งแสงแบบเมตริกซ์ (Matrix LED) เป็นการนำไดโอดเปล่งแสงแต่ละตัวจำนวนหนึ่ง มาเรียงลำดับหลายแถวรวมเป็นกลุ่มอยู่ในรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือ

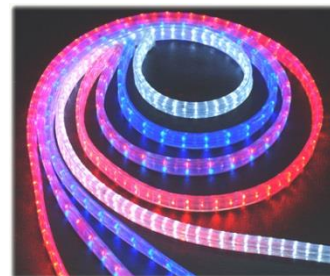
สีเหลี่ยมผืนผ้า และจัดเรียงเป็นแถวยาวในลักษณะต่างๆ เป็นต้น ไดโอดเปล่งแสงในรูปกลุ่มแต่ละชนิด แสดงดังรูปที่ 11.16



(ก) แบบ 7 ส่วน

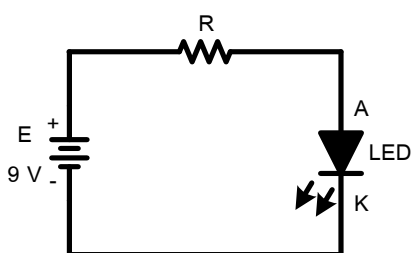


(ข) แบบเมตริกซ์



(ค) แบบจัดเรียงแถวยาว

รูปที่ 11.16 ไดโอดเปล่งแสงในรูปกลุ่มแต่ละชนิด

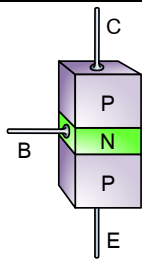


รูปที่ 11.17 การต่อไดโอดเปล่งแสงใช้งาน

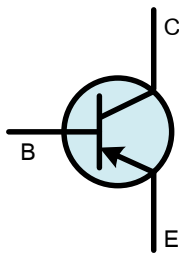
การใช้งานไดโอดเปล่งแสง จะต้องจ่ายแรงดันไบแอสตรงค่าต่ำ ไดโอดเปล่งแสงหนึ่งตัวต้องการแรงดันไฟตรงประมาณ 1.5 V ต้องการกระแสไฟตรงไหลผ่านประมาณ 50 mA ในการเปล่งแสง ถ้าใช้แรงดันมากกว่านี้จ่ายให้ไดโอดเปล่งแสง จำเป็นต้องเพิ่มตัวต้านทานต่ออนุกรมกับตัวไดโอดเปล่งแสง ช่วยป้องกันกระแสไหลผ่านมากเกินไป อาจทำให้ไดโอดเปล่งแสงชำรุดเสียหายได้ การต่อไดโอดเปล่งแสงใช้งาน แสดงดังรูปที่ 11.17

11.5.4 ทรานซิสเตอร์

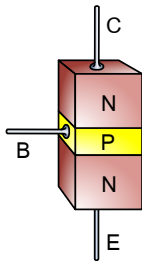
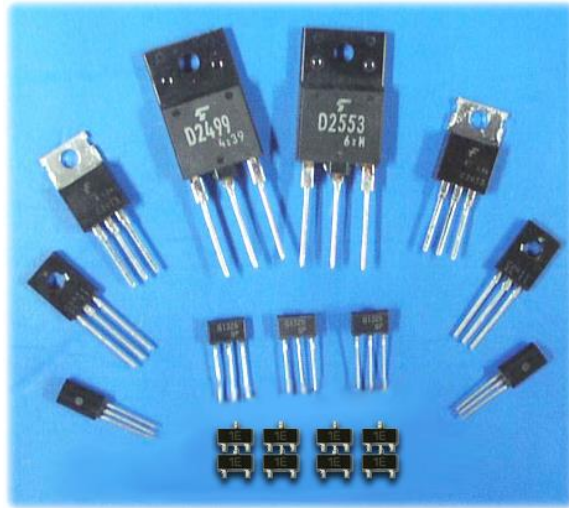
ทรานซิสเตอร์ (Transistor) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำชนิดหนึ่งที่ถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายผลิตจากการนำสารกึ่งตัวนำชนิด P และชนิด N ต่อชนกัน 3 ตอน แบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ ชนิด PNP ใช้สารกึ่งตัวนำชนิด P จำนวน 2 ตอน ใช้สารกึ่งตัวนำชนิด N จำนวน 1 ตอน และชนิด NPN ใช้สารกึ่งตัวนำชนิด N จำนวน 2 ตอน ใช้สารกึ่งตัวนำชนิด P จำนวน 1 ตอน โดยมีสารกึ่งตัวนำตอนกลางแคบที่สุด มีขาต่อออกมาใช้งาน 3 ขา ได้แก่ ขาเบส (Base ; B) ขาคอลเลกเตอร์ (Collector ; C) และขาอิมิตเตอร์ (Emitter ; E) ทรานซิสเตอร์ที่ผลิตขึ้นมาใช้งานมีมากมายหลายชนิด หลายขนาด และหลายเบอร์ ทั้งชนิดทนกำลังไฟฟ้าต่ำ และชนิดทนกำลังไฟฟ้าสูง มีลักษณะและรูปร่างแตกต่างกันไป โครงสร้างสัญลักษณ์และรูปร่างของทรานซิสเตอร์แสดงดังรูปที่ 11.18



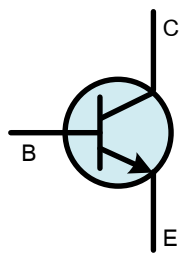
ชนิด PNP



ชนิด PNP



ชนิด NPN



ชนิด NPN

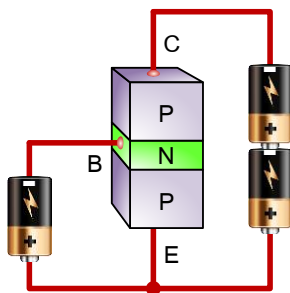
(ก) โครงสร้าง

(ข) สัญลักษณ์

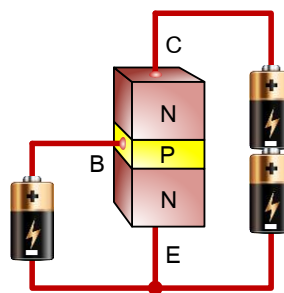
(ค) รูปร่าง

รูปที่ 11.18 โครงสร้างสัญลักษณ์และรูปร่างทรานซิสเตอร์

ทรานซิสเตอร์ทำงานได้ ต้องจ่ายแรงดันไบแอสให้ตัวทรานซิสเตอร์ถูกต้องตาม ที่แต่ละขาของ ทรานซิสเตอร์ต้องการ วิธีการจ่ายแรงดันไบแอสที่ถูกต้องให้ทรานซิสเตอร์ มีวิธีเดียวดังนี้ **จ่ายแรงดันไบแอส** ตรงให้ขาอิมิตเตอร์ (E) และขาเบส (B) โดยขาเบสต้องได้รับแรงดันไบแอสตรงเท่ากับขาอิมิตเตอร์เสมอ ส่วนขา คอลเลกเตอร์ (C) ต้องจ่ายแรงดันไบแอสกลับ การจ่ายแรงดันไบแอสดังกล่าวถือว่าถูกต้อง การจ่ายแรงดันไบแอส ให้ตัวทรานซิสเตอร์ผิดไปจากนี้ ทรานซิสเตอร์จะไม่สามารถทำงานได้ การจ่ายแรงดันไบแอสถูกต้องให้ ทรานซิสเตอร์แบบเบื้องต้น แสดงดังรูปที่ 11.19



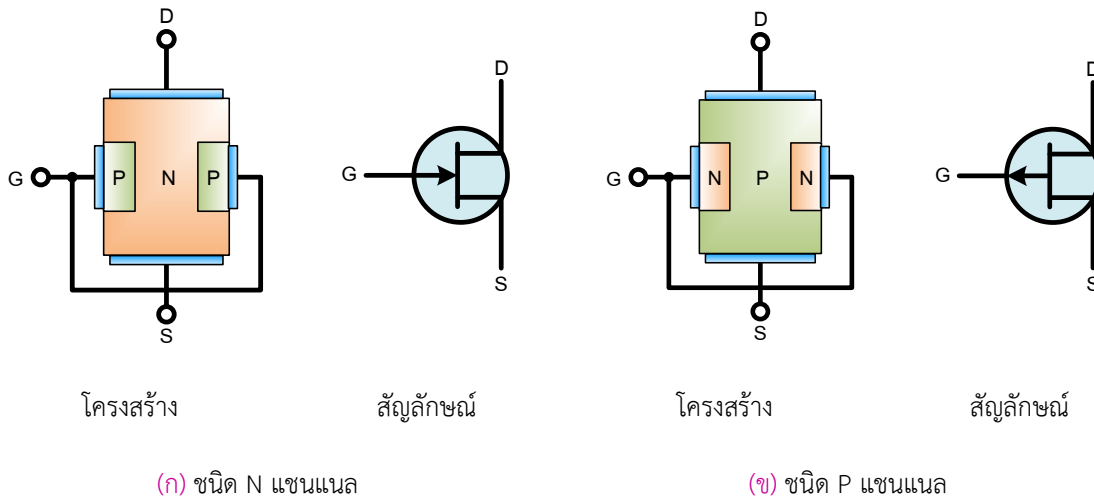
(ก) ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP



(ข) ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

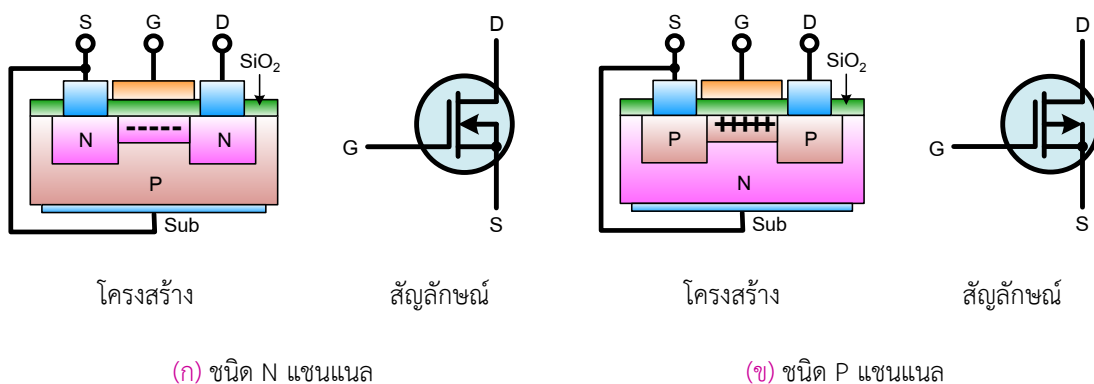
รูปที่ 11.19 การจ่ายไบแอสถูกต้องให้ทรานซิสเตอร์แบบเบื้องต้น

เกต (G) แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ชนิด N แชนแนล และชนิด P แชนแนล โครงสร้างและสัญลักษณ์เจเฟต แสดงดังรูปที่ 11.21

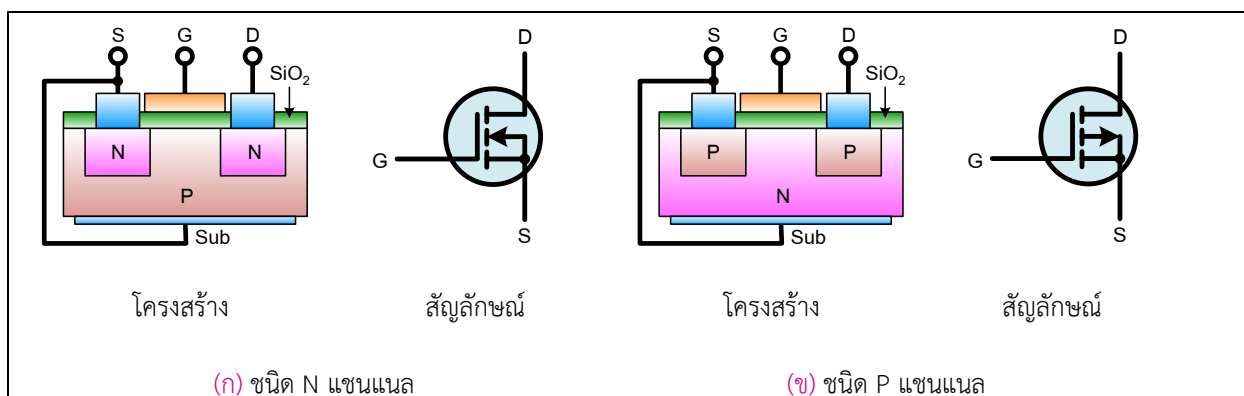


รูปที่ 11.21 โครงสร้างและสัญลักษณ์ JFET

2. มอสเฟต (MOSFET) โครงสร้างมีความแตกต่างไปจาก JFET ในส่วนที่สร้างเป็นขาเกต โดยส่วนนี้ถูกแยกออกเป็นอิสระ มีฉนวนซิลิคอนไดออกไซด์ (Silicon Dioxide ; SiO_2) คั่นกลาง ส่วนที่เป็นเดรน และซอส สร้างขึ้นบนฐานรองสารกึ่งตัวนำ (Substrate) ที่ใช้สารกึ่งตัวนำชนิดตรงข้ามกับส่วนเดรน และซอส มอสเฟตแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ แบบดีพลีชันมอสเฟต (Depletion MOSFET) หรือ D – MOSFET และเอ็นแฮนซ์เมนต์มอสเฟต (Enhancement MOSFET) หรือ E – MOSFET และแบ่งย่อยออกได้ 2 ชนิด คือ ชนิด N แชนแนล และชนิด P แชนแนล โครงสร้างและสัญลักษณ์มอสเฟตแต่ละแบบ แสดงดังรูปที่ 11.22 และรูปที่ 11.23



รูปที่ 11.22 โครงสร้างและสัญลักษณ์ D – MOSFET



รูปที่ 11.23 โครงสร้างและสัญลักษณ์ E – MOSFET

จากรูปที่ 11.22 และรูปที่ 11.23 ส่วนที่แตกต่างกันของมอสเฟตทั้ง 2 แบบ อยู่ที่ส่วนฐานรอง (Sub) เป็นสารกึ่งตัวนำวางระหว่างสารกึ่งตัวนำขา D และขา S แบบ D – MOSFET รูปที่ 11.22 มีสารกึ่งตัวนำชนิดเดียวกับขา D และขา S เชื่อมต่ออยู่ ทำให้ขา D และขา S ต่อถึงกัน ดูได้จากสัญลักษณ์ขา D และขา S ต่อเป็นเส้นเดียวกัน ส่วนแบบ E – MOSFET รูปที่ 11.23 มีสารกึ่งตัวนำชนิดตรงข้ามกับขา D และขา S เชื่อมต่อ ทำให้ขา D และขา S ไม่ต่อถึงกัน ดูได้จากสัญลักษณ์ขา D และขา S ถูกต่อด้วยเส้นประ บอกให้ทราบว่าขาทั้งสองแยกออกจากกัน

11.6 บทสรุป

ไมโครโฟนทำหน้าที่เปลี่ยนคลื่นเสียงให้เป็นคลื่นไฟฟ้า นำไปใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ไมโครโฟนที่ดีต้องตอบสนองต่อสัญญาณเสียงในช่วงความถี่ 20 Hz ถึง 20 kHz ไมโครโฟนที่ใช้งานแพร่หลายมี 2 ชนิด คือ ชนิดไดนามิก และชนิดคอนเดนเซอร์

ลำโพงเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเสียงในรูปสัญญาณไฟฟ้า ให้กลับมาเป็นสัญญาณเสียงในรูปการสั่นสะเทือน ลำโพงแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ ชนิดเสียงทุ้ม ชนิดเสียงกลาง และชนิดเสียงแหลม

รีเลย์เป็นสวิตช์ไฟฟ้า ควบคุมการทำงานด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ตัดต่อการจ่ายกำลัง ไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟไปยังภาระ โดยควบคุมหน้าสัมผัสสวิตช์รีเลย์ตัดต่อวงจร

แมกเนติกคอนแทคเตอร์เป็นสวิตช์ไฟฟ้าควบคุมการทำงานด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นเดียวกับรีเลย์ แต่ใช้งานได้กับกำลังไฟฟ้าสูงๆ ถูกนำไปใช้งานด้านการควบคุมกำลังไฟฟ้าในงานอุตสาหกรรม

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำประกอบขึ้นมาจากการนำสารกึ่งตัวนำชนิด P และสารกึ่งตัวนำชนิด N ต่อรวมกันผลิตขึ้นมาใช้งานหลายชนิด เช่น ไดโอด ซีเนอร์ไดโอด ไดโอดเปล่งแสง ทรานซิสเตอร์ และเฟต เป็นต้น อุปกรณ์แต่ละชนิดมีโครงสร้าง หลักการทำงาน และการนำไปใช้งานที่แตกต่างกัน

