

หน่วยที่ 14

มอสเฟต

สาระสำคัญ

มอสเฟต (MOSFET) มีชื่อเต็มว่า “METAL OXIDE SEMICONDUCTOR FIELD EFFECT TRANSISTOR” จัดเป็นจำพวกเฟตกำลัง มีขา 3 ขา คือ ขาซอร์ส ขาเดรนและขาเกต มีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกับเจเฟต แตกต่างกันตรงที่ขั้วเกตจะมีฉนวนกั้นไว้ ไม่ให้ไปสัมผัสกับสารกึ่งตัวนำหลักโดยตรง มอสเฟต มี 2 ชนิด คือ D – MOSFET และ E - MOSFET

หัวข้อเรื่อง

- 14.1 บทนำ
- 14.2 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของมอสเฟต
- 14.3 การไบแอสและคุณลักษณะทางไฟฟ้าของมอสเฟต
- 14.4 การตรวจสอบมอสเฟต

จุดประสงค์การสอน

1. จุดประสงค์ทั่วไป

- 1.1 เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและสัญลักษณ์ของ มอสเฟต
- 1.2 เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับคุณลักษณะของมอสเฟต
- 1.3 เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิธีการต่อวงจร เพื่อหาคุณลักษณะของมอสเฟต
- 1.4 เพื่อให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนเกี่ยวกับมอสเฟตทั้งในด้านการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม ความมีวินัย ความรับผิดชอบ การใช้วัสดุอุปกรณ์อย่างประหยัดและรู้คุณค่า

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อเรียนจบบทเรียนหน่วยนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

- 2.1 บอกโครงสร้างและสัญลักษณ์ของมอสเฟตชนิดต่าง ๆ ได้
- 2.2 บอกวิธีการไบแอสมอสเฟตชนิดต่าง ๆ ได้
- 2.3 บอกคุณลักษณะของมอสเฟตชนิดต่าง ๆ ได้
- 2.4 บอกวิธีการตรวจสอบมอสเฟตได้
- 2.5 สามารถต่อวงจรการทดลองหาคุณลักษณะของมอสเฟตได้

คุณธรรมและจริยธรรมที่มุ่งเน้น

1. ความมีวินัย
2. ความรับผิดชอบ
3. ความมีมนุษยสัมพันธ์
4. ความสนใจใฝ่รู้
5. ความเชื่อมั่นในตนเอง

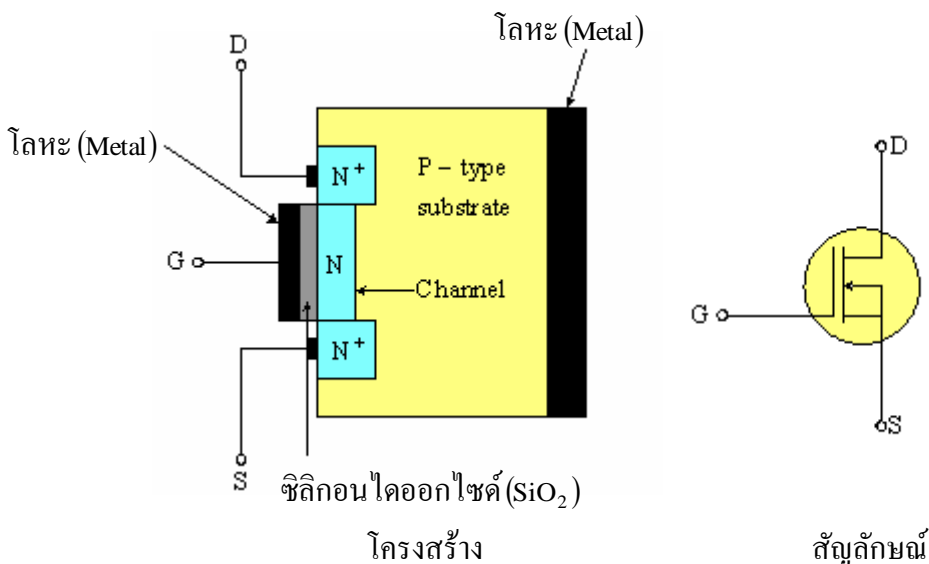
14.1 บทนำ

มอสเฟต (METAL OXIDE SEMICONDUCTOR FIELD EFFECT TRANSISTOR; MOSFET) หรือเฟตชนิดออกไซด์ขอบโลหะ จัดเป็นอุปกรณ์จำพวกกำลัง คือ มีอัตราทนต่อกำลังสูง แตกต่างจากเจเฟต ตรงที่ขั้วเกตจะมีฉนวนกั้นไม่ให้สัมผัสกับสารกึ่งตัวนำหลักโดยตรง แต่การทำงานยังคงใช้หลักการเหมือนกับเจเฟต

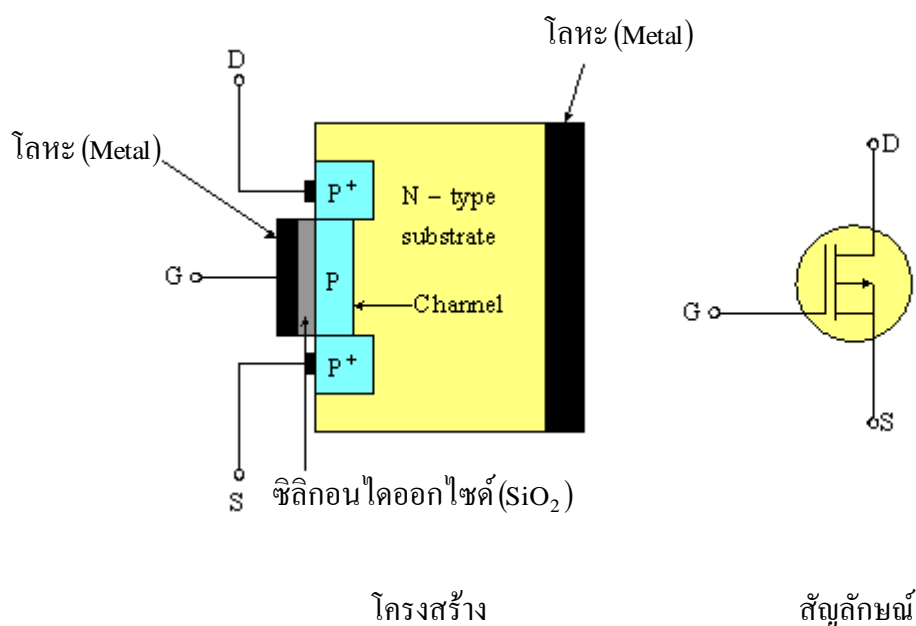
14.2 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของมอสเฟต

มอสเฟต ถูกแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ D – MOSFET และ E – MOSFET ซึ่งในแต่ละชนิดยังถูกแบ่งออกเป็นชนิด N – Channel และ P – Channel

1) มอสเฟตแบบดีพลีชัน (Depletion type mosfet ; D-MOSFET) โครงสร้างของดีมอสเฟต ประกอบด้วยขาหรือขั้วที่ต่อใช้งาน 3 ขาเช่นเดียวกับเจเฟต คือขาเดรน (Drain, D) ขาซอร์ส (Source, S) และ ขาเกต (Gate, G) นอกจากนี้ ดีมอสเฟตยังถูกแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ชนิด N – Channel และ P – Channel



ก) โครงสร้าง และสัญลักษณ์ ของ D – MOSFET แบบ N – Channel



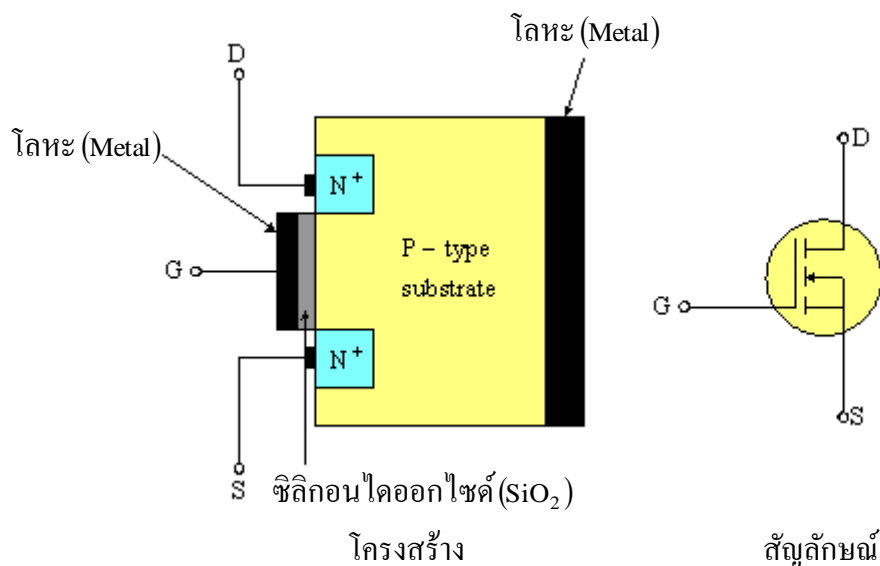
ข) โครงสร้าง และสัญลักษณ์ ของ D-MOSFET แบบ P-Channel

รูปที่ 14.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของ D-MOSFET

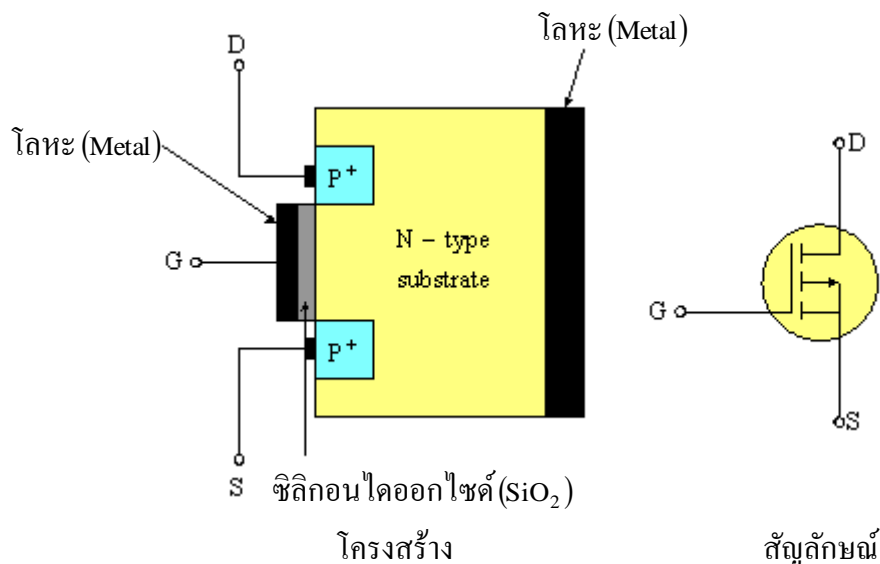
จากรูปที่ 14.1 ก) เป็นโครงสร้างของ D-MOSFET แบบ N-Channel จะมีสารกึ่งตัวนำหลักคือสารชนิด P (P-type substrate) ส่วนในรูปที่ 14.1 ข) จะเป็นลักษณะโครงสร้างของ D-MOSFET แบบ P-Channel ซึ่งจะมีสารกึ่งตัวนำหลักคือ สารชนิด N (N-type substrate) Channel N หรือ P จะกว้างมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับกระแสที่ไหล บริเวณ Channel จะมีฉนวนซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) กั้นไว้ ไม่ให้สัมผัสกับขาคัดโดยตรงและที่ขาเกตจะมีแผ่นโลหะที่จะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าเพื่อไปควบคุมช่องทางความแคบหรือกว้างของ Channel

D-MOSFET แบบ N-Channel จะทำการเติมสารเจือปน (Dope) บนสารกึ่งตัวนำหลักชนิด P ให้กลายเป็นสารกึ่งตัวนำ N (N^+) เพื่อให้เกิดเป็นขั้วเดรน (D) กับ ขั้วซอร์ส (S) และถ้าเป็นในส่วนของ D-MOSFET แบบ P-Channel ก็จะมีลักษณะตรงกันข้ามคือ จะทำการเติมสารเจือปนบนสารกึ่งตัวนำหลักชนิด N ให้กลายเป็นสารกึ่งตัวนำ P (P^+) เพื่อให้เกิดเป็นขั้วเดรน (D) กับขั้วซอร์ส (S) เช่นกัน

2) เอนฮานซ์เมนต์ หรือ อิมอสเฟต (Enhancement type mosfet ; E-MOSFET) จะแตกต่างกับ ดิมอสเฟต ตรงที่ไม่มี Channel แต่สามารถทำให้เกิด Channel ได้โดยวิธีการไบแอส ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป



ก) โครงสร้าง และสัญลักษณ์ ของ E-MOSFET แบบ N-Channel



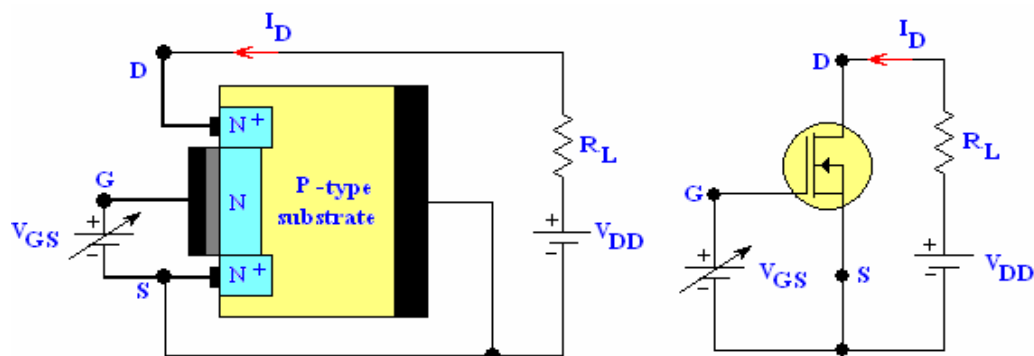
ข) โครงสร้าง และสัญลักษณ์ ของ E-MOSFET แบบ P-Channel

รูปที่ 14.2 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของ E-MOSFET

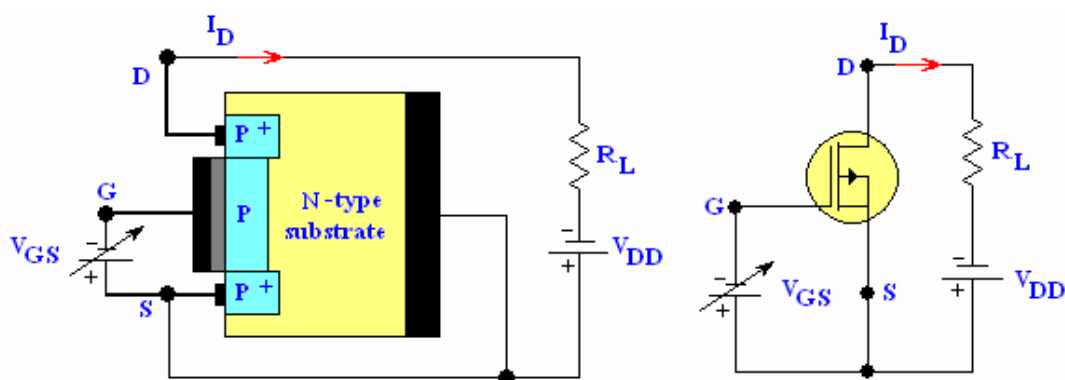
จากรูปที่ 14.2 ก) เป็นโครงสร้างและสัญลักษณ์ของ E-MOSFET แบบ N-Channel จะเห็นได้ว่า โครงสร้างบริเวณขั้วหรือขาเกต จะมีซิลิกอนไดออกไซด์ทำหน้าที่เป็นฉนวนกั้นส่วนที่เป็นโลหะ ไม่ให้สัมผัสกับเนื้อสารหลัก (P-type substrate) ซึ่งจะเห็นว่าบริเวณเนื้อสารหลักจะยังไม่มี Channel แต่จะเห็นมีขั้วตรงกับขั้วซอร์สอยู่ที่ส่วนหัวท้าย ส่วนสัญลักษณ์จะมีลักษณะเป็นเส้นปะ และส่วนเส้นปะที่อยู่กึ่งกลางจะมีหัวลูกศรชี้เข้าหาติดอยู่ สำหรับในรูปที่ 14.2 ข) นั้น จะเป็นลักษณะโครงสร้างและสัญลักษณ์ของ E-MOSFET แบบ P-Channel ซึ่งก็จะเห็นได้ว่าโครงสร้างบริเวณขั้วหรือขาเกตจะมีซิลิกอนไดออกไซด์เป็นฉนวนกั้นส่วนที่เป็นโลหะ ไม่ให้สัมผัสกับเนื้อสารหลัก (N-type substrate) เช่นเดียวกันและก็จะเห็นว่าบริเวณเนื้อสารหลักจะยังไม่มี Channel แต่จะเห็นมีขั้วตรงกับขั้วซอร์สอยู่ที่ส่วนหัวท้ายเช่นเดียวกับ E-MOSFET แบบ N-Channel ในส่วนสัญลักษณ์ก็จะมีลักษณะเป็นเส้นปะและส่วนเส้นปะที่อยู่กึ่งกลางจะมีหัวลูกศรชี้ออกด้านนอกติดอยู่

14.3 การไบแอสและคุณลักษณะทางไฟฟ้าของมอสเฟต

14.3.1 การไบแอส D-MOSFET



ก) การไบแอส D-MOSFET แบบ N-Channel



ข) การไบแอส D-MOSFET แบบ P-Channel

รูปที่ 14.3 การไบแอส D-MOSFET

พิจารณาการไบแอส D – MOSFET ในรูปที่ 14.3 ก) ในกรณีที่ทำการจ่ายค่าแรงดัน V_{DD} ที่ค่า ๆ หนึ่ง แล้วให้ $V_{GS} = 0$ ขณะนี้จะมีกระแสเดรน (I_D) ไหลผ่านจาก D ไป S ได้ เนื่องจากขั้ว D, Channel และขั้ว S ต่างเป็นสารชนิด N ทั้งหมดจึงเสมือนเป็นตัวต้านทานตัวหนึ่งกระแสจึงไหลจาก D ไป S ได้

ถ้าปรับเพิ่ม V_{GS} ให้มีค่าเป็นบวกมากกว่าศูนย์ Channel N จะขยายกว้างมากขึ้น ทั้งนี้ก็เนื่องจากสนามไฟฟ้าบวกที่แผ่นโลหะ (Metal) มีจำนวนมากขึ้น จึงส่งผลให้เกิดแรงดึงดูดกับอิเล็กตรอนที่กระจายอยู่ใน P – type substrate ให้เคลื่อนที่มารวมตัวกันที่ Channel ดังนั้น Channel จึงกว้างขึ้นทำให้กระแสไฟฟ้า I_D ไหลได้สะดวกและมีประมาณเพิ่มมากขึ้น

ถ้าปรับ V_{GS} ให้เป็นลบเพิ่มมากขึ้น Channel N จะแคบลงจนถึงขั้นไม่มี Channel เลย เนื่องจากสนามไฟฟ้าลบที่แผ่นโลหะ มีอำนาจในการผลักดันกับอิเล็กตรอนตรงบริเวณ Channel ทำให้ Channel เกิดเป็นพื้นที่ว่างหรือทังโฮล (Hole) ไว้ Channel จึงแปรสภาพเข้าสู่ลักษณะของสารชนิด P และไปขวางทางเดินของกระแส I_D

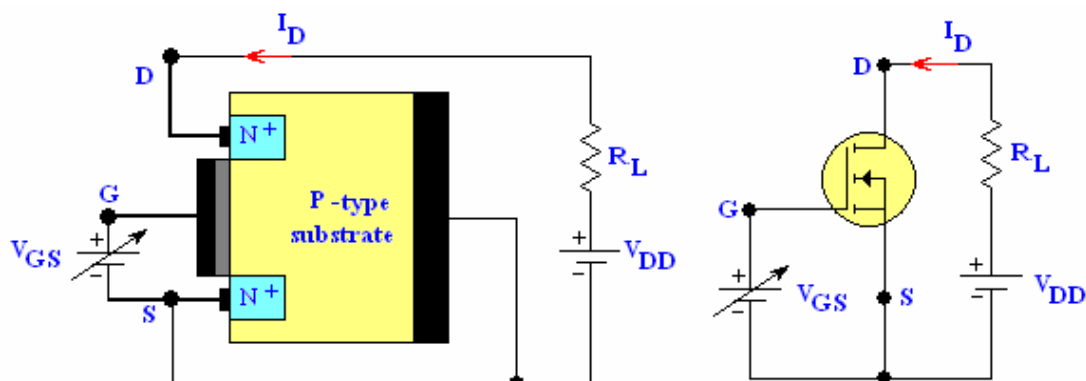
พิจารณาการไบแอส D – MOSFET ในรูปที่ 14.3 ข) ในกรณีที่ทำการจ่ายค่าแรงดัน V_{DD} ที่ค่า ๆ หนึ่ง แล้วให้ $V_{GS} = 0$ ขณะนี้จะมีกระแสเดรน (I_D) ไหลผ่านจาก S ไป D ได้ เนื่องจากขั้ว D, Channel และขั้ว S ต่างเป็นสารชนิด P ทั้งหมดจึงเสมือนเป็นตัวต้านทานตัวหนึ่งกระแสจึงไหลจาก S ไป D ได้

ถ้าปรับเพิ่ม V_{GS} ให้มีค่าเป็นลบมากกว่าศูนย์ Channel P จะขยายกว้างมากขึ้น ทั้งนี้ก็เนื่องจากสนามไฟฟ้าลบที่แผ่นโลหะ (Metal) มีจำนวนมากขึ้น จึงส่งผลให้เกิดแรงผลักดันกับอิเล็กตรอนที่กระจายอยู่ใน N – type substrate ให้เคลื่อนที่ห่างออกจาก Channel ดังนั้น Channel P จึงกว้างขึ้นทำให้กระแสไฟฟ้า I_D ไหลได้สะดวกและมีประมาณเพิ่มมากขึ้น

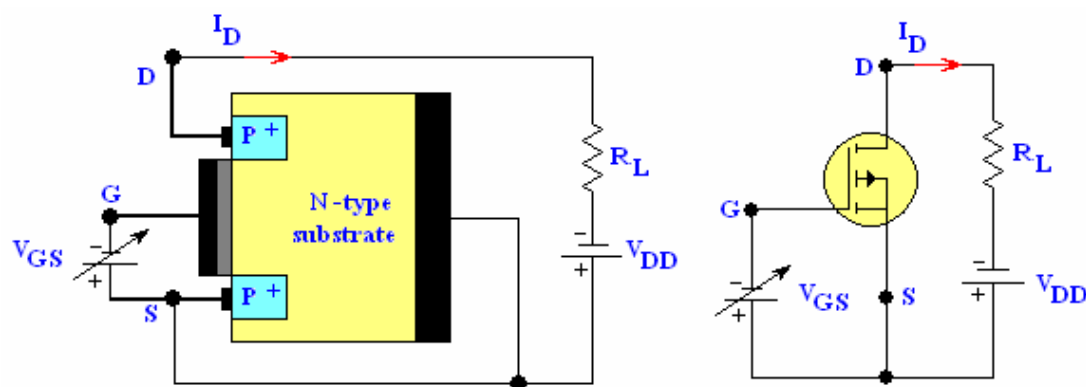
ถ้าปรับ V_{GS} ให้เป็นบวกเพิ่มมากขึ้น Channel P จะแคบลงจนถึงขั้นไม่มี Channel เลย เนื่องจากสนามไฟฟ้าบวกที่แผ่นโลหะ มีอำนาจในการดึงดูดกับอิเล็กตรอนตรงบริเวณ Channel ทำให้ Channel เกิดมีอิเล็กตรอนปนจำนวนมาก Channel จึงแปรสภาพเข้าสู่ลักษณะของสารชนิด N และไปขวางทางเดินของกระแส I_D

สรุปได้ว่า ดิโอมอสเฟต สามารถนำกระแสได้โดยการควบคุมการไบแอสที่ขาเกต และแรงดันที่ขาเกตที่ทำให้เกิดการไหลของกระแส I_D สามารถเป็นได้ทั้งแรงดันบวกและลบ ในส่วนของดิโอมอสเฟตแบบ P – Channel ก็จะมีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกันกับแบบ N – Channel ต่างกันเพียงขั้วของแหล่งจ่าย V_{GS} จะมีลักษณะตรงข้ามกัน

14.3.2 การไบแอส E-MOSFET



ก) การไบแอส E-MOSFET แบบ N-Channel



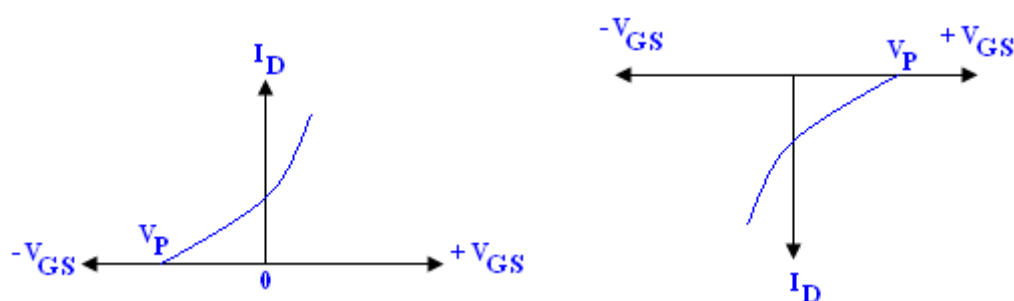
ข) การไบแอส E-MOSFET แบบ P-Channel

รูปที่ 14.4 การไบแอส E-MOSFET

พิจารณาการไบแอส E-MOSFET ในรูปที่ 14.4 ก) ถ้าจ่ายแรงดันไฟฟ้า V_{DD} ที่ค่า ๆ หนึ่ง แล้วให้ $V_{GS} = 0$ ขณะนี้ จะไม่มีกระแส I_D ไหลผ่านจากขา D ไปยัง S เนื่องจากบริเวณ Channel ยังเป็นสารชนิด P อยู่จึงเสมือนรอยต่อได้รับไบแอสกลับ

ถ้าทำการปรับเพิ่มค่า V_{GS} ให้มีค่าเป็นบวกมากขึ้น จะเห็นว่าสนามไฟฟ้าบวกที่แผ่นโลหะจะมีอำนาจดึงดูดอิเล็กตรอนที่กระจายอยู่ภายในสารกึ่งตัวนำหลัก P (P-type substrate) ให้มารวมตัวกันอยู่บริเวณติดกับฉนวนซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) กลายเป็นสะพานเชื่อมทางเดินให้กับกระแส I_D ไหลผ่านจากขา D ไปยัง S ได้ นั่นคือบริเวณติดกับฉนวนจะเกิด Channel N ขึ้น จาก

การไบแอสที่เกตนั่นเอง ยิ่งเพิ่ม V_{GS} ให้เป็นบวกมากขึ้น ก็จะทำให้ Channel มีพื้นที่มากขึ้น I_D ก็จะมากตามไปด้วย แต่ถ้าปรับ V_{GS} ให้เป็นลบจะไม่เกิด Channel เลย เพราะอิเล็กตรอนบริเวณที่ติดกับฉนวนจะยิ่งถูกผลักให้ห่างออกไป ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า E-MOSFET แบบ N-Channel จะเกิดการไหลของ I_D ได้ ก็ต่อเมื่อทำการไบแอสเกตด้วยไฟบวก และในทำนองเดียวกันถ้าพิจารณา รูปที่ 14.4 ข) E-MOSFET แบบ P-Channel จะมีหลักการเช่นเดียวกับ E-MOSFET แบบ N-Channel เพียงแต่ต้องไบแอสเกตด้วยแรงดันไฟลบ จึงจะทำให้เกิดกระแส I_D ไหลผ่านวงจรได้ เพราะอำนาจไฟฟ้าลบจากขั้วลบของแหล่งจ่าย จะไปผลักดันอิเล็กตรอนที่อยู่ใกล้กับขั้วเกตให้ห่างออกไป ทำให้มีพื้นที่ว่างมากขึ้นซึ่งเสมือนเป็นพื้นที่ของ P จึงเกิดเป็น Channel P ขึ้นมาเชื่อมต่อทางเดินของกระแส I_D ให้สามารถไหลผ่านในวงจรได้



ก) N-Channel

ข) P-Channel

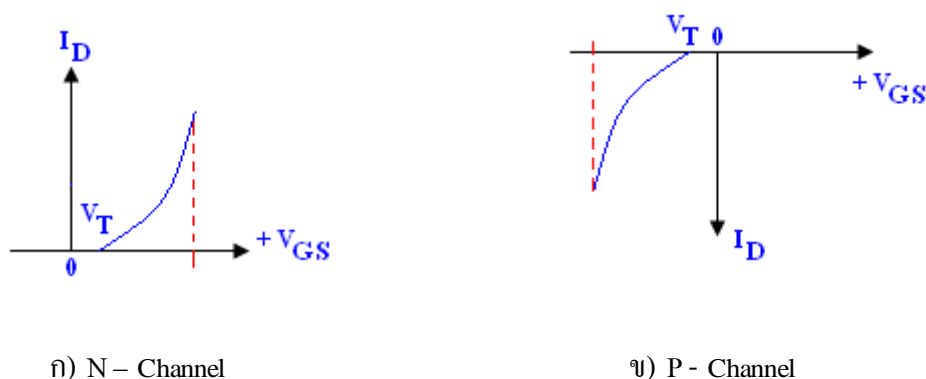
รูปที่ 14.5 กราฟการนำกระแสของ D-MOSFET แบบ N-Channel และแบบ P-Channel

จากรูปที่ 14.5 ก) เมื่อนำการไบแอส D-MOSFET แบบ N-Channel มาทำการเขียนกราฟจะเห็นได้ว่า จุดเริ่มนำกระแสของ D-MOSFET แบบ N-Channel จะเริ่มต้นที่ค่าแรงดัน V_{GS} เป็นลบ แต่เมื่อทำการลดค่าแรงดันเป็นลบของ V_{GS} ให้น้อยลงและเพิ่มค่าแรงดัน V_{GS} ให้เป็นบวกมากขึ้น การไหลกระแสเดรน (I_D) ก็จะมีค่ามากขึ้นไปเรื่อย ๆ จนถึงจุดพิคคที่มันทนได้ ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่า D-MOSFET แบบ N-Channel สามารถนำกระแสได้ตั้งแต่ค่าแรงดัน V_{GS} เป็นลบ ไปจนถึงค่าแรงดัน V_{GS} เป็นบวก

ส่วนในรูปที่ 14.5 ข) นั้น เมื่อนำการไบแอส D-MOSFET แบบ P-Channel มาทำการเขียนกราฟก็จะเห็นว่า จุดเริ่มนำกระแสของ D-MOSFET แบบ P-Channel จะเริ่มต้นที่ค่าแรงดัน

V_{GS} เป็นบวก แต่เมื่อทำการลดค่าแรงดันเป็นบวกของ V_{GS} ให้น้อยลงและเพิ่มค่าแรงดัน V_{GS} ให้เป็นลบมากขึ้น การไหลกระแสเดรน (I_D) ก็จะมีค่ามากขึ้นไปเรื่อย ๆ จนถึงจุดพิคคที่มันทนได้ที่ค่าหนึ่งเช่นเดียวกัน ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่า D – MOSFET แบบ P – Channel สามารถนำกระแสได้ตั้งแต่ค่าแรงดัน V_{GS} เป็นบวก ไปจนถึงค่าแรงดัน V_{GS} เป็นลบ

หมายเหตุ V_p : Pinch off voltage ที่ทำให้ $I_D = 0$



รูปที่ 14.6 กราฟการนำกระแสของ E – MOSFET แบบ N – Channel และแบบ P – Channel

จากรูปที่ 14.6 ก) เมื่อนำการไบแอส E – MOSFET แบบ N – Channel มาทำการเขียนกราฟจะเห็นได้ว่าจุดเริ่มนำกระแสของ E – MOSFET แบบ N – Channel จะเริ่มต้นที่ค่าแรงดัน V_{GS} เป็นบวก เพียงอย่างเดียว และเมื่อทำการเพิ่มค่าของแรงดัน V_{GS} ให้เป็นบวกมากขึ้น การไหลกระแสเดรน (I_D) ก็จะมีค่ามากขึ้นไปเรื่อย ๆ จนถึงจุดพิคคที่มันทนได้ที่ค่าหนึ่ง ดังนั้น เราจึงอาจกล่าวได้ว่า E – MOSFET แบบ N – Channel สามารถนำกระแสได้ที่ค่าแรงดัน V_{GS} เป็นบวกเท่านั้น

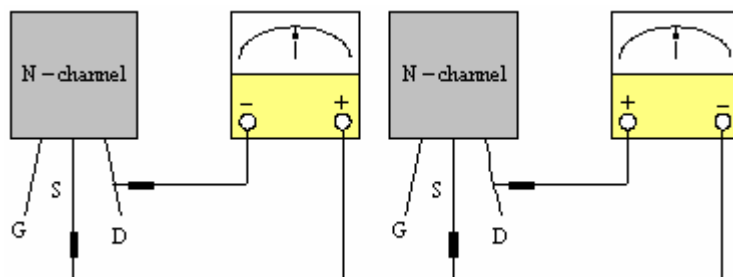
ต่อไปเมื่อทำการพิจารณารูปที่ 14.6 ข) เมื่อนำการไบแอส E – MOSFET แบบ P – Channel มาทำการเขียนกราฟจะเห็นได้ว่าจุดเริ่มนำกระแสของ E – MOSFET แบบ P – Channel จะเริ่มต้นที่ค่าแรงดัน V_{GS} เป็นลบเพียงอย่างเดียว และเมื่อทำการเพิ่มค่าของแรงดัน V_{GS} ให้เป็นลบมากขึ้น การไหลกระแสเดรน (I_D) ก็จะมีค่ามากขึ้นไปเรื่อย ๆ จนถึงจุดพิคคที่มันทนได้ที่ค่าหนึ่ง ดังนั้น เราจึงอาจกล่าวได้ว่า E – MOSFET แบบ P – Channel สามารถนำกระแสได้ที่ค่าแรงดัน V_{GS} เป็นลบเท่านั้น

หมายเหตุ V_T : Threshold voltage คือค่าแรงดันที่ทำให้ E – MOSFET เริ่มนำกระแส โดยทั่วไปมีค่าที่ประมาณ $+3.6\text{ V}$ สำหรับ E – MOSFET แบบ N – Channel และ -3.6 V สำหรับ E – MOSFET แบบ P – Channel

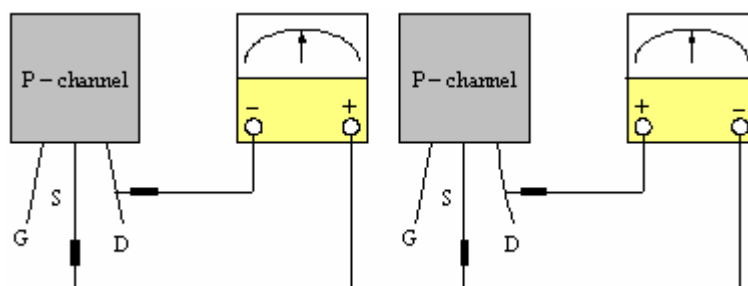
14.4 การตรวจสอบมอสเฟต

การตรวจสอบหาขาต่างๆ ของมอสเฟต (ทั้งกรณีทราบตำแหน่งขาและไม่ทราบตำแหน่ง)

- 1) ตั้งมิเตอร์ที่ย่าน R x 10
- 2) วัดความต้านทานระหว่าง D กับ S โดยสลับขั้วของมิเตอร์ 2 ครั้ง จะได้ค่าความต้านทานเท่ากันทั้ง 2 ครั้ง ดังรูปที่ 14.7



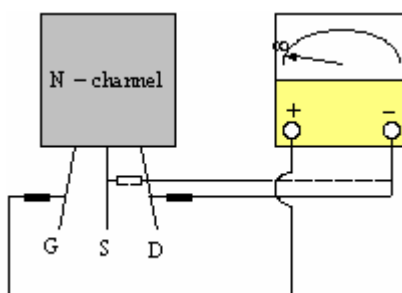
ก) กรณีวัดความต้านทานระหว่าง D กับ S ของ D-MOSFET และ E-MOSFET แบบ N-Channel



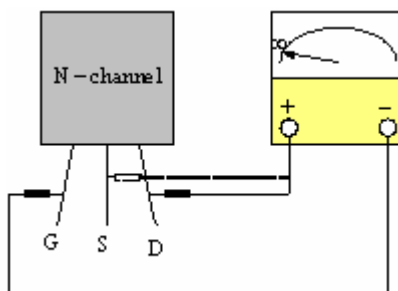
ข) กรณีวัดความต้านทานระหว่าง D กับ S ของ D-MOSFET และ E-MOSFET แบบ P-Channel

รูปที่ 14.7 การวัดขา D กับ S ของเจเฟต N-Channel และ P-Channel

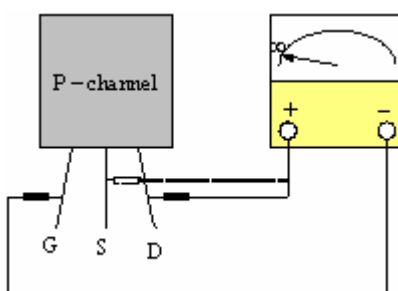
- 3) วัดหาขา G โดยถ้าทำการวัดความต้านทานที่ G กับ S และ G กับ D อย่างละ 2 ครั้ง โดยสลับขั้วของมิเตอร์ จะได้ค่าความต้านทานสูงทุกครั้ง ๆ ละเท่า ๆ กัน ดังรูปที่ 14.8



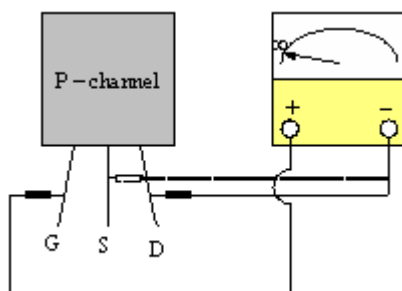
ก) กรณี N-Channel ขั้ว + อยู่ที่ขา G และขั้ว - อยู่ที่ขา D กับขา S จะได้ค่าความต้านทานสูง



ข) กรณี N-Channel ขั้ว- อยู่ที่ขา G และขั้ว+ อยู่ที่ขา D กับขา S จะได้อ่านค่าความต้านทานสูง



ค) กรณี P-Channel ขั้ว- อยู่ที่ขา G และขั้ว+ อยู่ที่ขา D กับขา S จะได้อ่านค่าความต้านทานสูง



ง) กรณี P-Channel ขั้ว+ อยู่ที่ขา G และขั้ว- อยู่ที่ขา D กับขา S จะได้อ่านค่าความต้านทานสูง

รูปที่ 14.8 การวัดค่า V_G ของ D-MOSFET และ E-MOSFET แบบ N-Channel และ P-Channel

จากการวัดหาตำแหน่งขั้วหรือขาต่าง ๆ ของมอสเฟตทั้งชนิด D-MOSFET และ E-MOSFET ที่กล่าวมาข้างต้น พอสรุปได้ว่า ขั้วหรือขาใดก็ตามที่ทำกรวัดค่าความต้านทานและสามารถอ่านค่าความต้านทานได้ค่าหนึ่ง เมื่อทำการสลับปลายสายวัดแล้วยังคงอ่านค่าความต้านทานได้เท่ากัน แสดงว่าขั้วหรือขานั้นคือขา D กับ S ส่วนขั้วหรือขาที่ทำกรวัดเทียบกับขา D กับ S แล้วอ่านได้ค่าของความต้านทานสูงตลอดนั้น คือขา G นั่นเอง

หมายเหตุ ขา D กับ S อาจจำเป็นต้องทำการเปิดคู่มือเฟต เพื่อดูว่ามอสเฟตเบอร์ใดมีขาต่าง ๆ อยู่ ณ ที่ตำแหน่งใดบ้าง และเป็นชนิด D-MOSFET หรือ E-MOSFET เนื่องจากว่าขา D กับ S จะวัดความต้านทานได้เท่ากัน 2 ครั้ง ดังนั้นมอสเฟตบางเบอร์จะใช้ขา D กับ S สลับแทนกันได้แต่สำหรับมอสเฟตบางเบอร์ จะไม่สามารถใช้แทนกันได้ตามลักษณะ โครงสร้างของมอสเฟตเบอร์นั้น ๆ