สารบัญ

			หน้า
คำนำ			**ก**
1	**ตัวต้านทาน** (Resistors)		1
	1.1	โครงสร้างของตัวต้านทานและกระแสขับเลื่อน	1
		1.1.1 กฎของโอห์ม	1
		1.1.2 โครงสร้างตัวต้านทานวงจรอินทิเกรต	2
		1.1.3 ปริมาณอนุพันธ์และอินทิกรัลทางกายภาพ	4
		1.1.4 กระแสขับเลื่อน: รูปแบบอนุพันธ์ในกฎของโอห์ม	7
	1.2	ส่วนผสมสภาพตัวนำ: รูปแบบพันธะเคมี	10
		1.2.1 ผลึกสารกึ่งตัวนำ	10
		1.2.2 กระแสคลื่นพาห์ทั้งสองชนิดในสารกึ่งตัวนำ	13
		1.2.3 เนื้อแท้ของสารกึ่งตัวนำ	15
		1.2.4 การทำให้สารตัวกึ่งตัวนำไม่เป็นเนื้อแท้	16
		1.2.5 การสร้างและการรวมตัวกันอีกครั้งของอิเลคตรอนและหลุมในสภาวะอุณหภูมิสมดุล	19
	1.3	การสร้างตัวต้านทานด้วยสารกึ่งตัวนำ: การพิมพ์และการแพร่	22
		1.3.1 เทคนิคการแพร่	22
		1.3.2 การสร้างรูปทรงขนาดเล็ก: การพิมพ์	24
		1.3.3 การสร้างตัวต้านทาน IC	26
		1.3.4 ตัวแบบการแพร่: สมการกระแสแพร่ สมการต่อเนื่อง และรูปแบบการโดป	28
	1.4	การเคลื่อนที่ของคลื่นพาห์	32
		1.4.1 มวลประสิทธิผล ,ความเร็วอุณหภูมิ และ ความเร็วขับเคลื่อน	33
		1.4.2 ความสามารถในการเคลื่อนที่	37

หน้า

1.4.3 ความกระจัดกระจาย: ความสามารถในการเคลื่อนที่ที่ขึ้นกับอุณหภูมิและความเข้มข้นของการโดป 38

1.4.4 ความสามารถในการเคลื่อนที่ต่อสัมประสิทธ์การแพร่: การทดลองของ Haynes-Shockley และความสัมพันธ์ของ Einstein 39

1.5 แบบแถบพลังงาน 40

1.5.1 แถบพลังงาน: พื้นฐานกลศาสตร์ควอนตัม 40

1.5.2 ประชากรของแถบพลังงาน: การกระจายแบบ Fermi-Dirac และระดับ Fermi 45

1.5.3 แถบพลังงานเมื่อมีสนามไฟฟ้า 50

2 ตัวเก็บประจุ (Capacitors) **54**

ตัวต่อ P-N แบบไบแอสกลับทิศและโครงสร้าง MOS

2.1 การประยุกต์พื้นฐาน 54

2.1.1 ผลประจุ 54

2.1.2 วงจรกรองแบบผ่านต่ำและสูง 56

2.2 ตัวต่อ P-N แบบไบแอสกลับทิศ 57

2.2.1 โครงสร้างวงจรอินทิเกรต 57

2.2.2 ความจุของชั้นพร่อง 58

2.2.3 แผนภาพแถบพลังงาน 60

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง C และ V ในตัวต่อ P-N แบบย้อนกลับ: แก้โจทย์ด้วยสมการ Poisson 63

2.3.1 สมการ Poisson 63

2.3.2 คำตอบของตัวต่อ P-N แบบเปลี่ยนแปลงฉับพลัน 65

2,3,3 คำตอบของตัวต่อ P-N แบบเชิงเส้น 72

2.4 ตัวเก็บประจุประเภทสารกึ่งตัวนำโลหะออกไซด์ และ ออกไซด์ทางอุณหภูมิ 78

หน้า

2.4.1 โครงสร้างวงจรอินทิเกรต 78

2.4.2 ออกไซด์ทางอุณหภูมิ: การเกิดและคุณสมบัติ 83

2.4.3 ไบแอสศูนย์และแถบแบน: คำนิยายของ MOS พื้นฐานที่เกี่ยวข้อง 88

2.4.4 ตัวเก็บประจุ MOS ในสภาวะสะสม ,ช่วงพร่อง และ ส่วนกลับแบบอ่อน 92

2.4.5 ตัวเก็บประจุ MOS ในช่วงกลับแบบแรง และ แรงดัน Threshold 94

3 ไดโอด (Diodes) 96

ตัวต่อ P-N แบบไบแอสเดินหน้าและส่วนสัมผัสโลหะกับกึ่งโลหะ

3.1 Rectifying Diodes: Fundamental Effects and Models 96

3.1.1 Basic Applications 96

3.1.2 แถบพลังงานและแผนภาพแสดงความเข้มข้นของตัวพาห์ 99

3.1.3 สมการพื้นฐานของความสัมพันธ์กระแสและแรงดัน (V-I) 102

3.1.4 ความสำคัญของผลกระทบขั้นที่สอง 109

3.2. ไดโอดแบบอ้างอิง: ปรากฏการณ์ของจุดแตกหัก 113

3.2.1 การประยุกต์ใช้พื้นฐาน 113

3.2.2 จุดแตกหัก Avalanche 114

3.2.3 Tunneling 115

3.3 ไดโอด SCHOTTKY: หน้าสัมผัสระหว่างโลหะ-สารกึ่งตัวนำ 117

3.3.1 โครงสร้างไดโอดแบบ Schottky และ การประยุกต์พื้นฐาน 118

3.3.2 แบบแถบพลังงานของหน้าสัมผัส Rectifying โลหะกับสารกึ่งตัวนำ 119

3.3.3 รูปแบบแถบพลังงานของหน้าสัมผัส Ohmic โลหะ – สารกึ่งตัวนำ 122

4 พื้นฐานการประยุกต์ใช้ทรานซิสเตอร์ **124**

4.1 วงจรอนาล็อก 127

4.1.1 ทรานซิสเตอร์ในรูปของ Voltage-Controlled Current Source 127

4.1.2 ตัวขยายทรานส์คอนดักแตนซ์: วงจรไบแอสขาเข้า 128

4.1.3 ตัวขยายแรงดัน: เส้นโหลด 132

4.2 วงจรดิจิตอล 135

4.2.1 ทรานซิสเตอร์ที่เป็นสวิทซ์ 135

4.2.2 ตัวกลับด้วยโหลดต้านทาน 136

4.2.3 ตัวกลับกับทรานซิสเตอร์เสริม 138

5 MOSFET **141**

5.1 หลักการของ MOSFET 142

5.1.1 โครงสร้าง MOSFET 142

5.1.2 MOSFET ที่เป็นสวิทซ์ 144

5.1.3 MOSFET เมื่อทำงานเป็นแหล่งจ่ายกระแสควบคุมแรงดัน: กลศาสตร์ของกระแสอิ่มตัว 152

5.2 เทคโนโลยีทาง MOSFET 159

5.2.1 การปลูกไอออน 159

5.2.2 เทคโนโลยี NMOS 161

5.2.3 เทคโนโลยี CMOS พื้นฐาน 165

6 Bipolar Junction Transistors **175**

6.1 หลักการของ BJT 176

6.1.1 การสร้างแหล่งจ่ายกระแสควบคุมแรงดัน 176

6.1.2 กระแส BJT; อัตราการขยายกระแส α และ β 178

6.1.3 BJT ที่เป็นสวิตช์: สี่โหมดการทำงาน 183

6.1.4 Complementary BJT 190

6.1.5 BJT vs. MOSFETs 190

บรรณานุกรม **ข**