

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ระบบโคออติเนทสำหรับการวิเคราะห์สายอากาศ.....	5
2.2 แสดงลักษณะแพทเทิร์นของสายอากาศแบบอสมมิไดเรกชันแนล.....	6
2.3 แสดงโอบและบีมวิคท์แบบ 3 มิติของสายอากาศ.....	7
2.4 แสดงการแบ่งบริเวณของสนามจากสายอากาศ.....	8
2.5 โพลาริเซชันของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.....	9
2.6 การวัดความกว้างของลำคลื่นในรูปแบบการแพร่กระจายคลื่น.....	10
2.7 โครงสร้างของไมโครสตริป.....	12
2.8 ลักษณะของคลื่นที่แพร่กระจายในไมโครสตริป.....	12
2.9 แสดงการเกิดคลื่นนำทาง.....	13
2.10 ลักษณะคลื่นที่แพร่กระจายของคลื่นแผ่พลังงาน.....	13
2.11 แสดงการเกิดคลื่นรั่ว.....	14
2.12 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นผิว.....	14
2.13 โครงสร้างของสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริป.....	16
2.14 เส้นแรงไฟฟ้าในระนาบตามขวางของสายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริป.....	16
2.15 สายส่งไมโครสตริปที่มี $w/h \gg 1$	19
2.16 สายส่งไมโครสตริปที่มี $w/h \ll 1$	19
2.17 ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงตามความถี่ของค่าไดอิเล็กตริกสัมพัทธ์ประสิทธิผล.....	20
2.18 การส่งผ่านของคลื่น TEM แบบอุดมคติในไมโครสตริป.....	21
2.19 สายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริปที่ไม่ต่อเนื่องแบบช่องต่อ.....	24
2.20 สายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริปที่ไม่ต่อเนื่องแบบมุมฉาก.....	24
2.21 สายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริปที่ไม่ต่อเนื่องแบบขั้น.....	25
2.22 สายส่งสัญญาณแบบไมโครสตริปที่ไม่ต่อเนื่องแบบรูปตัว T.....	27
2.23 โครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริปแบบช่องเปิด.....	27
2.24 โครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริปแบบช่องเปิดที่ส่งผ่านคลื่นแบบปิดวงจร.....	28
2.25 โครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริปแบบช่องเปิดที่ส่งผ่านคลื่นแบบเปิดวงจร.....	28
2.26 การสะท้อนและการส่งผ่านคลื่น.....	29
2.27 การกระจายคลื่นจากช่องเปิด.....	30
2.28 วิธีการเลื่อนจุดกึ่งกลางของช่องเปิดออกจากจุดกึ่งกลางของสายส่งสัญญาณ.....	31

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.29 วิธีการปรับความยาวท่อนสั้น.....	31
2.30 วิธีการหมุนช่องเปิด.....	31
3.1 โครงสร้างส่วนประกอบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในหนึ่งหน่วยเซลล์ของยี่ (Yee cell).....	35
3.2 แผนภูมิแสดงช่วงเวลาสำหรับการแพร่กระจายคลื่นในหนึ่งมิติของยี่อัลกอริทึม.....	35
3.3 โครงสร้างสามมิติสำหรับกริดเซลล์ของ FDTD (FDTD grid).....	37
3.4 สนามไฟฟ้าที่ผิวในหนึ่งหน่วยเซลล์ของยี่ที่ตำแหน่ง (1, j, k).....	46
3.5 วงจรความถี่สูงทั่วไปที่มีลักษณะการต่อแบบ 2 พอร์ต.....	52
3.6 ระบบพิกัดสามมิติสำหรับการแปลงสนามระยะใกล้เป็นสนามระยะไกล.....	53
3.7 กล้องเสมือนสำหรับการแปลงสนามระยะใกล้เป็นสนามระยะไกล.....	54
3.8 แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของ INPUT ครั้งที่ 1.....	64
3.9 แสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของ INPUT ครั้งที่ 2.....	65
4.1 แหล่งกำเนิดแรงดันที่เป็นพัลส์แบบเกาส์ที่ใช้ในการวิเคราะห์.....	68
4.2 โครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบ 1 ช่องเปิด.....	68
4.3 พารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบ 1 ช่องเปิด.....	69
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของด้าน กับความถี่.....	69
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะ r กับความถี่.....	70
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะ Lm กับความถี่.....	70
4.7 แสดง S_{11} พารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบ 1 ช่องเปิด.....	71
4.8 แบบรูปอัตราขยายในการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ xy ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบ 1 ช่องเปิด.....	72
4.9 แบบรูปอัตราขยายในการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ xz ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบ 1 ช่องเปิด.....	73
4.10 แบบรูปอัตราขยายในการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ yz ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบ 1 ช่องเปิด.....	73
4.11 อินพุตอิมพีแดนซ์ของสายอากาศไมโครสตริปแบบช่องเปิดรูปมุมฉากแบบ 1 ช่องเปิด.....	74
4.12 ค่า VSWR ของสายอากาศไมโครสตริปแบบช่องเปิดรูปมุมฉากแบบ 1 ช่องเปิด.....	74
4.13 โครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 2 ช่องเปิด รูปแบบที่ 1.....	75

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.14 โครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 2 ช่องเปิด รูปแบบที่ 2.....	75
4.15 พารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 2 ช่องเปิด รูปแบบที่ 1	76
4.16 พารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 2 ช่องเปิด รูปแบบที่ 2.....	76
4.17 S_{11} พารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 2 ช่องเปิด เมื่อทำการปรับพารามิเตอร์ r_1	77
4.18 S_{11} พารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 2 ช่องเปิด เมื่อทำการปรับ L_m	77
4.19 S_{11} พารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 2 ช่องเปิด เมื่อทำการปรับพารามิเตอร์ r_2	78
4.20 S_{11} พารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 2 ช่องเปิด เมื่อทำการปรับพารามิเตอร์ n	78
4.21 S_{11} พารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 2 ช่องเปิด รูปแบบที่ 1.....	80
4.22 S_{11} พารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 2 ช่องเปิด รูปแบบที่ 2.....	80
4.23 อินพุตอิมพีแดนซ์ของสายอากาศไมโครสตริปแบบช่องเปิดรูปมุมฉากแบบ 2 ช่องเปิด รูปแบบที่ 1.....	81
4.24 อินพุตอิมพีแดนซ์ของสายอากาศไมโครสตริปแบบช่องเปิดรูปมุมฉากแบบ 2 ช่องเปิด รูปแบบที่ 2.....	81
4.25 VSWR ของสายอากาศไมโครสตริปแบบช่องเปิดรูปมุมฉากแบบ 2 ช่องเปิดรูปแบบที่ 1.....	82
4.26 VSWR ของสายอากาศไมโครสตริปแบบช่องเปิดรูปมุมฉากแบบ 2 ช่องเปิดรูปแบบที่ 2.....	82
4.27 แบบรูปอัตราขยายในการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ xy ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 2 ช่องเปิด.....	83
4.28 แบบรูปอัตราขยายในการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ xz ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 2 ช่องเปิด	83

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.29 แบบรูปอัตราขยายในการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ yz ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 2 ช่องเปิด.....	84
4.30 โครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด.....	85
4.31 พารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด.....	85
4.32 S_{11} พารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด เมื่อทำการปรับพารามิเตอร์ L_m	87
4.33 S_{11} พารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด เมื่อทำการปรับพารามิเตอร์ r_1	87
4.34 S_{11} พารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด เมื่อทำการปรับพารามิเตอร์ r_2	88
4.35 S_{11} พารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด เมื่อทำการปรับพารามิเตอร์ r_3	88
4.36 S_{11} พารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด เมื่อทำการปรับพารามิเตอร์ r_4	89
4.37 S_{11} พารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด เมื่อทำการปรับพารามิเตอร์ u_1	89
4.38 S_{11} พารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด เมื่อทำการปรับพารามิเตอร์ u_2	90
4.39 S_{11} พารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด เมื่อทำการปรับพารามิเตอร์ u_3	90
4.40 S_{11} พารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด....	91
4.41 อินพุตอิมพีแดนซ์ของสายอากาศไมโครสตริปแบบช่องเปิดรูปมุมฉากแบบ 4 ช่องเปิด....	92
4.42 VSWR ของสายอากาศไมโครสตริปแบบช่องเปิดรูปมุมฉากแบบ 4 ช่องเปิด.....	92
4.43 แบบรูปการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ xy ของสายอากาศช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด ที่ความถี่ 2.45 GHz.....	93
4.44 แบบรูปการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ xz ของสายอากาศช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด ที่ความถี่ 2.45 GHz.....	93

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.45 แบบรูปการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ yz ของสายอากาศช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด ที่ความถี่ 2.45 GHz.....	94
4.46 แบบรูปการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ xy ของสายอากาศช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด ที่ความถี่ 5.043 GHz.....	94
4.47 แบบรูปการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ xz ของสายอากาศช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด ที่ความถี่ 5.043 GHz.....	95
4.48 แบบรูปการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ yz ของสายอากาศช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด ที่ความถี่ 5.043 GHz.....	95
4.49 แบบรูปอัตราขยายในการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ xy ของสายอากาศช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด ที่ความถี่ 2.45 GHz.....	96
4.50 แบบรูปอัตราขยายในการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ xz ของสายอากาศช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด ที่ความถี่ 2.45 GHz.....	97
4.51 แบบรูปอัตราขยายในการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ yz ของสายอากาศช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด ที่ความถี่ 2.45 GHz.....	97
4.52 แบบรูปอัตราขยายในการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ xy ของสายอากาศช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด ที่ความถี่ 5.05 GHz.....	98
4.53 แบบรูปอัตราขยายในการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ xz ของสายอากาศช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด ที่ความถี่ 5.05 GHz.....	98
4.54 แบบรูปอัตราขยายในการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ yz ของสายอากาศช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด ที่ความถี่ 5.05 GHz.....	99
4.55 โครงสร้างจริงของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด ทางด้านหน้า	99
4.56 โครงสร้างจริงของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด ทางด้านหลัง.....	100
4.57 S_{11} พารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิดที่ ได้จากการวัดด้วยเครื่อง Network analyzer.....	100
4.58 การเปรียบเทียบ S_{11} พารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉาก แบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิดจากการจำลองเทียบกับการวัดทดสอบ.....	101

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.59 การวัดทดสอบอัตราส่วนแรงดันคลื่นนิ่ง ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉาก แบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด.....	101
4.60 การวัดทดสอบอินพุตอิมพีแดนซ์ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉาก แบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด.....	102
4.61 แสดงการวัดและทดสอบสายอากาศ.....	103
4.62 แบบรูปการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ xy ของสายอากาศช่อง เปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด ที่ความถี่ 2.45 GHz ที่ได้จากการวัด.....	103
4.63 แบบรูปการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ xz ของสายอากาศช่องเปิด มุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด ที่ความถี่ 2.45 GHz ที่ได้จากการวัด.....	104
4.64 แบบรูปการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ yz ของสายอากาศช่องเปิด มุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด ที่ความถี่ 2.45 GHz ที่ได้จากการวัด.....	104
4.65 แบบรูปการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ xy ของสายอากาศช่องเปิด มุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด ที่ความถี่ 5.043 GHz ที่ได้จากการวัด.....	105
4.66 แบบรูปการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ xz ของสายอากาศช่องเปิด มุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด ที่ความถี่ 5.043 GHz ที่ได้จากการวัด.....	105
4.67 แบบรูปการแผ่พลังงานระยะไกลของสายอากาศในระนาบ yz ของสายอากาศช่องเปิด มุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด ที่ความถี่ 5.043 GHz ที่ได้จากการวัด.....	106
5.1 โครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบ 1 ช่องเปิด.....	108
5.2 โครงสร้างสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 2 ช่องเปิดรูปแบบที่.....	109
5.3 โครงสร้างสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 2 ช่องเปิดรูปแบบที่ 2....	109
5.4 โครงสร้างของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบแถวลำดับ 4 ช่องเปิด.....	111
5.5 การเปรียบเทียบ S_{11} พารามิเตอร์ของสายอากาศไมโครสตริปช่องเปิดมุมฉากแบบ แถวลำดับ 4 ช่องเปิดจากการจำลองเทียบกับการวัดทดสอบ.....	112