สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

โปรแกรมช่วยคำนวณหาค่าเอฟเฟคทีพไดเรคตริก และอิมพีแดนซ์ของไมโครสติป

PROGRAM FOR DETERMINE THE EFFECTIVE DIELECTRIC CONSTANT AND IMPEDANCE OF MICROSTRIP LINE

T046463

โดย

นาย ชัยศักดิ์ เทพภูมี

นาย สนธยา ภาคีฉาย

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 46463
วัน, เดือน, ปี - 2 เม.ย. 2546

.b.....
.i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	โปรแกรมช่วยคำนวณหาค่าเอฟเฟคทีพไดเรคตริก และอิมพีแดนซ์ของไมโครสตริป
TITLE	**PROGRAM FOR DETERMINE THE EFFECTIVE DIELECTRIC CONSTANT AND IMPEDANCE OF MICROSTRIP LINE**
โดย	นายชัยศักดิ์ เทพภูมี รหัส 43015809
	นายสนธยา ภาคีฉาย รหัส 43015844
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ผศ. นภพินทุ์ อนันตรศิริชัย
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2544

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

.....

(ผศ.นภพินทุ์ อนันตรศิริชัย)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	โปรแกรมช่วยคำนวณหาค่าเอฟเฟคทีพไดเรคตริก และอิมพีแดนซ์ของไมโครสติป
นักศึกษา	นายชัยศักดิ์ เทพภูมี รหัส 43015809
	นายสนธยา ภาคีฉาย รหัส 43015844
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ผศ. นภพินทุ์ อนันตรศิริชัย
ระดับการศึกษา	ปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
	สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เสนอการสร้างโปรแกรม สำหรับ ใช้ในการคำนวณหา ค่าเอฟเฟคทีพได - เรคตริก และ อิมพีแดนซ์ ของสายอากาศไมโครสติปที่ใช้ สารตัวกลางชนิดต่างๆ ในแผ่นตัวนำของไมโครสติป และ สร้างโปรแกรมสำหรับคำนวณการออกแบบไมโครสติป และ พารามิเตอร์ต่างๆ โดยความถี่ที่ใช้ในการออกแบบ แบ่งเป็น 2 ช่วง คือความถี่ที่ต่ำกว่า 2 GHz เป็นต้นไป และ ที่สูงกว่า 2 GHz และ ออกแบบสายอากาศไมโครสติปแบบแผ่น ที่เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual Basic 6.0 มาใช้ในการสร้างแอปพลิเคชั่น ในการเขียนสูตรการคำนวณ ซึ่งจะสะดวก และ รวดเร็วต่อการคำนวณการออกแบบไมโครสติป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROJECT TITLE	PROGRAM FOR DETERMINE THE EFFECTIVE DIELECTRIC CONSTANT AND IMPEDANCE OF MICROSTRIP LINE
STUDENT	Mr. Chaisuk Thappoomee No. 43015809
	Mr. Sontaya Phaceechay No. 43015844
ADVISOR	Asst. Prof. Noppin Anantrasirichai
COURSE	Bachelor of Industrial Technology in Telecommunication
DEPARTMENT	Information Engineering
YEAR	2001

ABSTRACT

This project presents about fabricated program for determine the effective dielectric constant, impedance and any parameter of a microstrip antenna. In this project, we first determine frequency at less than 2 GHz and more than 2 GHz to design a microstrip patch antenna by using Visual Basic program to application software a formula of microstrip.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุลวงไปด้วยดี เนื่องมาจากผู้เขียนได้รับการอนุเคราะห์ อย่างสูงยิ่ง จาก อาจารย์ที่ปรึกษาอาจารย์ นภพินทุ์ อนันตรศิริชัย และ รุ่นพี่ปริญญาโท ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และ คำแนะนำต่าง ๆ จนกระทั่งงานชิ้นนี้สำเร็จ และ ขอขอบพระคุณ คุณ พ่อ กับ คุณ แม่ ที่คอยเป็นห่วงเป็นใย และ ให้กำลังใจ โดยมาตลอด

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบทุกท่านที่ได้สละเวลาอันมีค่า

ขอขอบคุณสำนักงานหอสมุดกลาง และ หอสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้ให้ค้นคว้าหาข้อมูลต่าง ๆ

สุดท้ายนี้หวังว่าปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้ คงเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง และ เป็นแนวทางในการดำเนินงานสำหรับรุ่นน้อง และ ผู้ที่ต้องการจะศึกษาต่อไป

ขอขอบพระคุณอย่างสูง

คณะ ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หน้าที่และหลักการของไมโครสติป	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.4 รายละเอียดปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการของไมโครสติป	3
2.1 ประวัติของสายอากาศไมโครสติป	3
2.2 ลักษณะโครงสร้างของสายอากาศไมโครสติป	3
2.3 ข้อดีข้อเสียของสายอากาศแผ่นไมโครสติป	4
2.4 สายส่งไมโครสติป	5
2.4.1 การออกแบบสายส่งไมโครสติป	11
2.5 การออกแบบไมโครสติป	11
2.5.1 การออกแบบไมโครสติปที่ใช้ความถี่ต่ำ กว่า 2 GHz	12
2.5.2 การออกแบบไมโครสติปที่ใช้ความถี่สูง กว่า 2 GHz	14
2.6 พารามิเตอร์ และ สมการต่าง ๆ	16
2.6.1 กำลังงานที่กระจาย	16
2.6.2 กำลังงานที่สูญหาย	16
2.6.3 พลังงานที่ถูกเก็บสะสม	17
2.6.4 อิมพีแดนซ์ด้านเข้า และ แอดมิตแตนซ์ด้านเข้า	17
2.6.5 สภาพเจาะจงทิศทาง และ อัตราขยาย	22
2.6.6 อัตราขยายประสิทธิผล	22
2.6.7 ตัวประกอบคุณภาพและสูญเสีย	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.6.8 แบนด์วิดท์	23
2.6.9 ความกว้างลำ	24
2.6.10 ค่าประสิทธิภาพของสายอากาศ	24
2.7 การเปรียบเทียบระหว่างสายแทบแคบ และ ไมโครสติป	24
2.8 การป้อนสัญญาณให้สายอากาศ	26
2.8.1 การป้อนสัญญาณโดยใช้สายส่ง	26
2.9 การวิเคราะห์โดยพิจารณาจาก แบบจำลอง	26
2.9.1 แบบจำลองสายสัญญาณ	26
2.10 การออกแบบตัวป้อนสัญญาณ และ แผ่นสายอากาศ	35
2.10.1 การออกแบบตัวป้อนสัญญาณ	35
2.10.2 การออกแบบแผ่นอากาศรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	38
2.11 โครงสร้างของไมโครสติป ที่ใช้แผ่นรองรับแบบ ต่าง ๆ	39
บทที่ 3 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม และ การออกแบบคำนวณ	43
3.1 หลักการ VB6	43
3.2 สภาพแวดล้อมการทำงาน	43
3.2.1 Menu bar	44
3.2.2 Tool bar	44
3.2.3 Project windows	44
3.2.4 Properties windows	45
3.2.5 Tool box	45
3.3 หลักการในการสร้างแอพพลิเคชั่นด้วย VB6	46
3.3.1 ขั้นตอนในการพัฒนาแอพพลิเคชั่น	46
3.3.2 พื้นฐานความรู้เกี่ยวกับฟอร์ม และ คอนโทรล	46
3.3.3 คุณสมบัติ เมดถอด และ อีเว็นต์	47
3.3.4 แนะนำคอนโทรลของ VB6	47
3.4 คอนโทรลพื้นฐานใน VB6	48
3.4.1 คอนโทรลเบื้องต้นที่เราควรรู้	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.4.2 รายละเอียดของฟอร์มเมนู และ คอนโทรลพื้นฐาน ต่าง ๆ	48
3.5 ฟอร์ม	48
3.6 เมนู	48
3.7 เท็กบ็อกซ์	49
3.8 เลเบล	50
3.9 ปุ่มคำสั่ง	50
3.10 ออบชั่นบัตทอน	51
3.11 เฟรม	51
3.12 Code Windows	52
3.13 ชนิดของแอพพลิเคชั่น	52
3.14 Properties ของ ฟอร์มที่สำคัญ	53
3.15 การใช้งาน ActiveX Control	54
3.16 แนวความคิดในการพัฒนาโปรแกรม	54
3.17 รูปแบบการพัฒนาโปรแกรมสำหรับคำนวณ	56
3.17.1 หน้าต่างแรกของโปรแกรมสำหรับคำนวณ	56
3.17.2 หลังเมื่อเข้าสู่ตัวโปรแกรมในการคำนวณ	57
3.17.3 เมื่อทำการคลิ้กเมาส์การออกแบบไมโครสติปที่ขึ้นอยู่กับความถี่	58
3.17.4 เมื่อผู้ใช้ทำการเลือกการออกแบบแผ่นไมโครสติป	58
บทที่ 4 ผลการทดลอง	60
4.1 การคำนวณไมโครสติปซึ่งขึ้นอยู่กับความถี่	60
4.1.1 การคำนวณไมโครสติปที่ใช้ความถี่ใช้งานต่ำกว่า 2 GHz	60
4.1.2 การคำนวณไมโครสติปที่ใช้ความถี่ใช้งานสูงกว่า 2 GHz	64
4.2 การออกแบบสายอากาศไมโครสติปแบบแผ่น	66
4.2.1 การออกแบบไมโครสติปรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	66
4.2.2 ค่าไดเรคติวิตี้ของสายอากาศ	69
4.2.3 แพทเทิร์นของสายอากาศไมโครสติป	71
บทที่ 5 สรุป และ ปัญหา	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง

บรรณานุกรม

ภาคผนวก ก. คุณสมบัติของวัสดุไดเล็กตริกชนิดต่างๆ

ภาคผนวก ข. Source code ของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2-1 รูปแบบโครงสร้างโดยทั่วไปของสายอากาศแบบไมโครสติป	4
รูปที่ 2-2 สนามที่แพร่กระจายของไมโครสติป	5
รูปที่ 2-3 โครงสร้างของสายส่งไมโครสติป	11
รูปที่ 2-4 ลักษณะของสายแถบแคบ	24
รูปที่ 2-5 ลักษณะของไมโครสติป	25
รูปที่ 2-6 การใช้สายส่งสัญญาณแบบไมโครสติปต่อเป็นตัวป้อนให้สายอากาศ	26
รูปที่ 2-7 สายอากาศไมโครสติปและระบบพิกัด	27
รูปที่ 2-8 การเปลี่ยนแปลงของค่าคงที่ไดอิเล็กตริกประสิทธิผลต่อความถี่	28
รูปที่ 2-9 สายอากาศไมโครสติปรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และ วงจรเทียบเท่าของ แบบ จำลองสายส่ง	28
รูปที่ 2-10 ค่าความนำของร่องซึ่งเป็นฟังก์ชั่นของความกว้างของร่อง	31
รูปที่ 2-11 ตำแหน่งการป้อนสัญญาณ ของตัวสายอากาศไมโครสติป	33
รูปที่ 2-12 ตำแหน่งการป้อนสัญญาณและการเปลี่ยนแปลง ของความต้านทานด้านเข้า	34
รูปที่ 2-13 การป้อนสัญญาณ โดยใช้สายส่งไมโครสติปสองตอน	36
รูปที่ 2-14 สายอากาศไมโครสติปที่มีแผ่นรองรับเป็นฉนวน	40
รูปที่ 3-1 ลักษณะการทำงานของ Visual Basic 6.0	43
รูปที่ 3-2 ลักษณะของ แทบเมนูบาร์	44
รูปที่ 3-3 ลักษณะของทูลบาร์	44
รูปที่ 3-4 ลักษณะของ Project windows	44
รูปที่ 3-5 ลักษณะของ Properties windows	45
รูปที่ 3-6 ลักษณะของเครื่องมือที่นำมาสร้าง แอพพลิเคชั่น	45
รูปที่ 3-7 คอนโทรลของ VB6	47
รูปที่ 3-8 รูปแสดงเมนูของแอพพลิเคชั่น	49
รูปที่ 3-9 ปุ่มคำสั่งเท็กบ็อกซ์	49
รูปที่ 3-10 ปุ่มคำสั่ง เลเบล	50
รูปที่ 3-11 ปุ่มคำสั่ง	50
รูปที่ 3-12 ปุ่มออบชั่นบัตทอน	51
รูปที่ 3-13 ปุ่มเฟรม	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป **หน้า**

รูปที่ 3-14 ส่วนที่เขียนโปรแกรม 52

รูปที่ 3-15 แผนผังโฟลว์ชาร์ตในการทำงานของโปรแกรม 55

รูปที่ 3-16 หน้าต่างเริ่มแรกเข้าสู่โปรแกรมคำนวณ 56

รูปที่ 3-17 หน้าต่างเมื่อเข้าสู่ตัวโปรแกรม 57

รูปที่ 3-18 หน้าต่างเข้าสู่การออกแบบไมโครสติปที่ความถี่ต่ำกว่า 2 GHz และ สูงกว่า 2 GHz 58

รูปที่ 3-19 หน้าต่างการคำนวณของแผ่นไมโครสติป 59

รูปที่ 4-1 หน้าต่างที่คำนวณของกรณีความถี่ต่ำกว่า 2 GHz 60

รูปที่ 4-2 หน้าต่างที่คำนวณหาความกว้าง 61

รูปที่ 4-3 หน้าต่างการคำนวณค่าในความถี่สูงกว่า 2 GHz 64

รูปที่ 4-4 การป้อนสัญญาณโดยใช้สายส่งไมโครสติปแบบสองตอน 66

รูปที่ 4-5 หน้าต่างหาผลลัพท์ในการออกแบบสายอากาศ 67

รูปที่ 4-6 ขนาดของไมโครสติปรูปสี่เหลี่ยมความถี่ 5 GHz โดยใช้สายส่งสองตอน 68

รูปที่ 4-7 หน้าต่างคำนวณหาไกเรคติวิตี้ 69

รูปที่ 4-8 ลักษณะของ E-Plane และ H-Plane ในสายอากาศไมโครสติปที่ออกแบบ 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2-1 คุณสมสมบัติของแผ่นรองรับ แบบ ต่าง ๆ	40
ตารางที่ 2-2 ค่า ε และ $\sigma/\omega\varepsilon$ ของสารชนิดต่าง ๆ	41
ตารางที่ 4-1 การเปรียบเทียบในสารตัวกลางแต่ละชนิดที่ค่าอิมพีแดนซ์ 50 Ω	62
ตารางที่ 4-2 การเปรียบเทียบในสารตัวกลางแต่ละชนิดที่ค่าอิมพีแดนซ์ 70 Ω	62
ตารางที่ 4-3 หาค่าอิมพีแดนซ์ที่เหมาะสมโดยใช้วัสดุฐานรองแต่ละชนิด	63
ตารางที่ 4-4 ค่าต่างๆ เมื่อใช้ความถี่ 5 GHz	65
ตารางที่ 4-5 ค่าต่างๆ เมื่อใช้ความถี่ 10GHz	65
ตารางที่ 4-6 การเปรียบเทียบวัสดุฐานรองแต่ละชนิดในการออกแบบสายอากาศไมโครสติป	68
ตารางที่ 4-7 การเปรียบเทียบวัสดุฐานรองแต่ละชนิดกับอิมพีแดนซ์และเอฟเฟคทีพไดเรคตริก	69
ตารางที่ 4-8 ค่าของไดเรคติวิตี้ในวัสดุฐานรองชนิดต่าง ๆ	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 กล่าวหน้าที่และหลักการของไมโครสติป

ไมโครสติปเป็นสายอากาศ ที่ มีประสิทธิภาพสูงมากในวงการสื่อสารเนื่องจากไมโครสติป มีขนาดเล็ก จึงเหมาะสำหรับการนำมาใช้ในงานด้าน อุตสาหกรรม สายอากาศไมโครสติป เป็นส่วนที่ต่อออกไปจากสายส่งสัญญาณ แบบ ไมโครสติป มีลักษณะเป็นแถบตัวนำขนาดเล็ก ซึ่งวางอยู่บนวัสดุฐานรอง (Substrate) ที่ทำจากสารไดอิเล็กตริก ซึ่งจะมีค่าไดอิเล็กตริกประสิทธิ์ผล (εre) ที่เราจะใช้โดยโปรแกรม Visual Basic ในการออกแบบโปรแกรมช่วยคำนวณ ซึ่ง ค่าไดอิเล็กตริกประสิทธิ์ผล (εre) จะขึ้นอยู่กับค่าของไดอิเล็กตริกสัมพันธ์ (εr) ของวัสดุถาวร ซึ่งจะมีค่าแตกต่างกันตามแต่ละชนิดของวัสดุถาวร ดังนั้นในการออกแบบคำนวณสายอากาศไมโครสติป นั้น จะต้องคำนึงถึงความถี่ที่ใช้งานที่มีค่าความถี่ใน ระดับต่าง ๆ สำหรับสูตรในการคำนวณ ค่าของเอฟเฟคทีพไดเรคตริก และ อิมพีแดนซ์ นั้นค่อนข้างจะยุ่งยากต่อการคำนวณ ดังนั้นจึงได้ทำการเขียนโปรแกรมสำหรับการคำนวณค่าต่างๆ ของไมโครสติป

VisualBasic ถือเป็นเครื่องมือพัฒนาแอปพลิเคชั่นที่ถูกพัฒนามาตลอดอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน นี้ Visual Basic 6.0 ได้ถูกเพิ่มความสามารถในการทำงานอย่างมากมาย ซึ่ง เป็นเครื่องมือที่สามารถพัฒนาแอปพลิเคชั่น ที่คนทั่วโลกยอมรับในความง่าย และ ความสามารถ จึงเหมาะสำหรับที่ จะนำโปรแกรม Visual Basic ใช้ในการสร้างโปรแกรมสำหรับคำนวณ ค่าเอฟเฟคทีพไดเรคตริก และ อิมพีแดนซ์ของสายอากาศไมโครสติป

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อได้ศึกษาทฤษฎีพื้นฐานของสายอากาศไมโครสติป
2. เพื่อได้ศึกษาโปรแกรม Visual Basic 6.0
3. เพื่อนำเอาค่าเอฟเฟคทีพไดเรคตริก และ อิมพีแดนซ์ของไมโครสติปมาสร้างเป็นโปรแกรมที่สำหรับการคำนวณได้ โดยใช้ Visual Basic

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถคำนวณค่า อิมพีแดนซ์ และ สร้างแพทเทิร์นในการกระจายของไมโครสติปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สามารถใช้คำนวณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในกรณีที่มี การเปลี่ยนแปลงค่าไดเรคตริก (ε_r) ของสารชนิดต่าง ๆ

1.4 รายละเอียดปริญญานิพนธ์

บทที่ 1 กล่าวถึงวัตถุประสงค์ และประโยชน์ของการทำปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานของสายอากาศไมโครสตริป

บทที่ 3 กล่าวถึงแอปพลิเคชั่น ต่างๆ ของโปรแกรม Visual Basic และ สำหรับในการออกแบบโปรแกรม

บทที่ 4 กล่าวถึงการนำโปรแกรมที่พัฒนานั้นมาทำการทดลองคำนวณ

บทที่ 5 บทสรุป , ปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี และ หลักการ Microstrip

2.1 ประวัติ ของ สายอากาศไมโครสติป

ในอดีตเทคโนโลยีที่ใช้งานทางด้านความถี่คลื่นวิทยุ และ คลื่นไมโครเวฟ นั้นส่วนใหญ่ได้เริ่ม ใช้กันในทางทหาร ต่อมาจึงได้มีการนำมาใช้ทางด้านงาน อุตสาหกรรม เช่น การส่งข้อมูลผ่านดาวเทียมเครื่องมือติดตามยานพาหนะ และ อุปกรณ์สื่อสารติดตามตัว และ ต่อมาก็นำมาใช้งานทางด้าน โทรศัพท์เห็นว่า ระบบที่ใช้ ความถี่คลื่นวิทยุ และ คลื่นไมโครเวฟได้เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องทั้งที่ทำงาน และ ในชีวิตประจำวัน เนื่องจาก มีข้อดีมากมายจึงได้มีวิศวกรได้เข้าไปทำงานด้าน การออกแบบเพื่อศึกษาและทดลองในส่วนที่ไม่เคยได้รู้มาก่อน เช่น สายอากาศชนิดต่างๆ และวงจรที่ใช้งานทางด้านความถี่คลื่นวิทยุ

ในปัจจุบันนี้การผลิตสายอากาศอย่างเช่น monopole และ จานสะท้อนของสายอากาศต่างๆ ยังคง ถูกนำมาใช้งานเนื่องจากทำความเข้าใจและออกแบบได้ง่าย ซึ่ง เทคโนโลยีทางด้านสายอากาศไมโครสติป ได้ถูกนำมาพิจารณาเพื่อพัฒนาการใช้งานแทน เนื่องจาก มีข้อดีมากว่า เช่น ขนาดเล็ก, น้ำหนักเบา เป็นต้น และที่สำคัญสามารถนำมาเข้ากันได้กับเทคโนโลยีของไอซี (IC)

สายอากาศไมโครสติปเป็นส่วนที่ต่อออกไป จากสายส่งสัญญาณ แบบ ไมโครสตริป ซึ่ง แต่ก่อนนี้ ไมโครสติปยังไม่ถูกนำมาพัฒนา เนื่องจากการทำงานส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับ สายแถบแคบ ซึ่ง เป็นส่วนประกอบทางไมโครเวฟ เช่น เดียวกัน แต่ข้อดี ของไมโครสติป ที่ ได้เปรียบ กว่าสายแถบแคบ คือ สามารถใช้ ร่วมกับอุปกรณ์ สารกึ่งตัวนำบน แผ่นวงจรได้โดยต่อประกอบกันง่ายกว่า

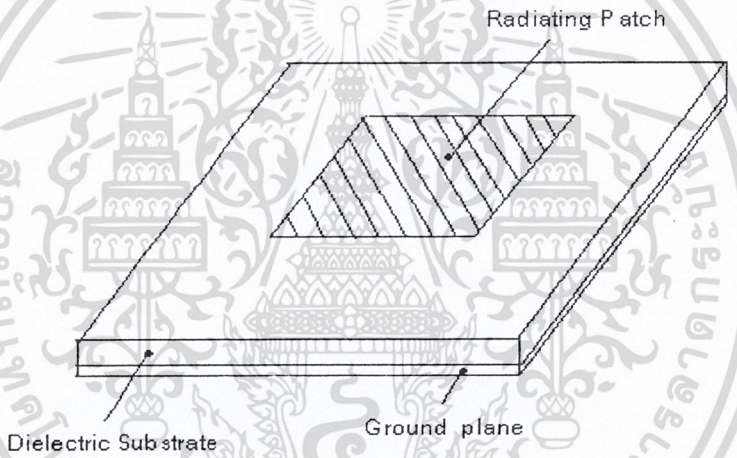
ดังนั้นจะเห็นได้ว่าสายอากาศไมโครสตริป มี ความสำคัญอย่างมากที่จะนำมาใช้งานจึงต้องมีการเตรียมตัวสำหรับผู้ที่ ไม่มีความชำนาญมาก่อน ให้ทำความเข้าใจในเรื่องของ สายอากาศไมโครสตริปทุกๆด้าน เช่น ทฤษฎีเบื้องต้น, การออกแบบ, คุณสมบัติ ต่างๆ และ การวิเคราะห์ในรูปแบบ ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์

2.2 ลักษณะโครงสร้างของสายอากาศไมโครสติป

ลักษณะโครงสร้างของ สายอากาศไมโครสตริป จะประกอบด้วยแผ่นตัวนำสองแผ่นซึ่งวางขนาน กันอยู่โดยมีแผ่นตัวนำที่อยู่ด้านบน ทำหน้าที่เป็นส่วนกระจายคลื่น สามารถออกแบบให้มีรูปร่างต่างๆได้ ซึ่งกรณีของสายส่ง เรียกว่า “ แถบตัวนำ ” ในกรณีของสายอากาศ เรียกว่า “ แพ็ตช์ ”

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปเพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผ่นตัวนำ ที่ อยู่ด้านล่างจะเป็น ลักษณะ แผ่นตัวนำทั้งแผ่น โดยอุดมคติจะต้องมี ขนาดใหญ่กว่า ตัวแพร่กระจาย เรียกว่าแผ่น กราวด์ (Ground Plane) และ วัสดุที่ไม่เป็นสื่อกลางทางไฟฟ้า (Dielectric Substrate) กั้นกลางระหว่างแผ่นตัวนำทั้งสอง ขนาดของตัวแพร่กระจายคลื่น จะ มีขนาดตามความเหมาะสมกับงาน หรือ ความถี่ที่จะนำไปใช้งาน ซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบตัวแพร่กระจายคลื่น ให้มีขนาดตามความต้องการแผ่นกราวด์ตามทฤษฎีจะต้องมีขนาดที่ไม่จำกัด แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถที่จะให้แผ่นกราวด์มีขนาดจนถึงอินฟินิตได้ ดังนั้น ในการออกแบบ จึงไม่มีข้อจำกัดของแผ่นกราวด์ว่าควรมีขนาดเท่าไหร่ เพียงแต่ว่า จะต้องมีขนาดใหญ่กว่าตัวแพร่กระจายคลื่นลักษณะ โครงสร้างทั่วไปของสายอากาศไมโครสตริปสามารถแสดงดังรูป



รูปที่ 2-1 รูปแบบโครงสร้างโดยทั่วไปของสายอากาศแบบไมโครสตริป

2.3 ข้อดีข้อเสียของสายอากาศแผ่นไมโครสตริป

สายอากาศไมโครสตริป จะมีข้อได้เปรียบ หลายประการ เมื่อเทียบ กับสายอากาศ ที่ ใช้ในย่านไมโครเวฟแบบอื่นๆ โดยสายอากาศไมโครสตริปสามารถ ใช้งานในย่านความถี่ตั้งแต่ 100 เมกะเฮิตร์ ถึง 50 จิกะเฮิตร์

ข้อได้เปรียบที่เห็นได้ชัดของสายอากาศไมโครสตริป

- น้ำหนักเบา (lightweight) ขนาดเล็ก (low volume)
- ทำให้เป็นแผ่นบางๆได้เพราะไม่มีผลทางอากาศพลศาสตร์ (aerodynamics)
- พื้นที่หน้าตัดน้อย (low profile)
- สามารถผลิตได้ง่ายและราคาถูก(low fabrication cost)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

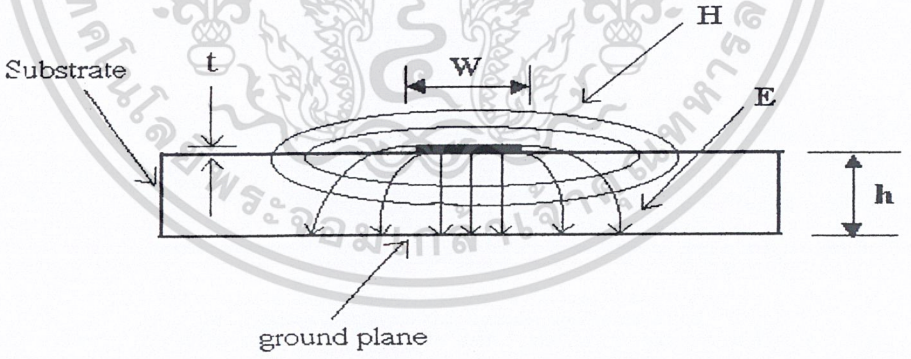
- มีความสะดวกในการติดตั้งบนวัตถุที่เคลื่อนที่ได้ เช่น จรวด, ดาวเทียม เป็นต้น
- มีการโพลาไรซ์ทั้งแบบเชิงเส้นและแบบวงกลม

ข้อเสียเปรียบที่เห็นได้ชัดของสายอากาศไมโครสติป

- มีช่วงความถี่ที่ใช้รับและส่งสัญญาณแคบเกินไป (narrow bandwidth)
- มีอัตราการสูญเสีย (loss)
- มีอัตราขยายค่อนข้างต่ำ
- ในทางปฏิบัติอัตราขยายสูงสุดจะถูกจำกัดประมาณ 20 dB
- มีการแพร่กระจายคลื่นต่ำ

2.4 สายส่งไมโครสติป

ก่อนที่จะเริ่มการพิจารณา แบบ ต่าง ๆ ของแบบจำลอง สำหรับ สายอากาศไมโครสตริป ควรที่ จะศึกษาบางส่วนของส่วน ที่ เป็นสายส่งไมโครสติป ซึ่ง สายไมโครสตริป เป็น รูปแบบพื้นฐาน ไว้สำหรับสายอากาศต่างๆ ดังนั้น การเรียน รู้เกี่ยวกับ คุณสมบัติของ สายไมโครสตริป จะช่วยในการทำความเข้าใจสายอากาศต่างๆ



รูปที่ 2-2 **สนามที่แพร่กระจายเมื่อมองตามภาคตัดขวางของสายไมโครสตริป**

รูปแสดง ภาคตัดขวางของสายไมโครสติป กับรูป ซึ่ง แสดงไว้อย่างคร่าวๆ ของสนามที่แบ่งแยกไป ซึ่งทแยงกันอยู่รวมถึงทิศทาง ของการแพร่กระจาย ซึ่งเป็นการสมมติในกระดาษเท่านั้น เส้นแรงสนามไฟฟ้าทิศทางออกจาก สายไมโครสตริป ถึง ระนาบสร้างเงา เส้นแรงส่วนใหญ่ จะ รวมตัวกันภายใต้ ไมโครสตริป บางเส้นแรงมีจุดเริ่มบนประจุที่ขอบ และ ส่วนบนสุดของไมโครสติป และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น บางส่วนจึง ขยายออกไป สู่ อวกาศที่ว่างทางด้านบน ของวัสดุฐานรองเส้นแรงสนามแม่เหล็กล้อมรอบสายไมโครสตริปเป็นวง และ ขยายไปสู่ด้านบนของวัสดุฐานรอง

สนามส่วนที่ ขยายออกไป เหนือวัสดุฐานรอง จะมีการแสดงความหมายออกมา ได้มากมาย อันดับแรกเป็นคลื่นที่ถูกสนับสนุน โดยเส้นแรงที่เป็น Non-TEM และมีองค์ประกอบสนามตามยาวตามทิศทางของการแพร่กระจายที่ไม่ได้แสดงไว้ในรูป เพราะมีขนาดเล็กกว่าตามขวาง และ ไม่ได้รับความสนใจ อันดับที่สอง เส้นแรงสนามที่ปรากฏในอากาศจะลดทอนค่าไดอิเล็กตริกประสิทธิผล ที่คอยช่วยในการแพร่กระจายคลื่นตามสายถ้าสนามทั้งหมดคงอยู่ระหว่างสาย และ ระนาบสร้างเงา ค่าไดอิเล็กตริก จะเป็นค่าไดอิเล็กตริก ค่าเดิมของวัสดุฐานรอง ซึ่งมันอาจจะมีค่าค่อนข้างน้อยกว่าค่าจริงของ วัสดุฐานรอง ซึ่งความน้อยกว่านี้ขึ้นอยู่กับค่าต่างๆ ขั้นต้น เช่น ความกว้างของสาย, ค่าไดอิเล็กตริกของวัสดุฐานรอง และ การสูญเสียเนื้อที่ รวมทั้ง ความสูงของวัสดุฐานรอง สุดท้าย พารามิเตอร์ต่าง ๆ ของไมโครสตริป เช่น อิมพีแดนซ์คุณลักษณะ และ ความเร็วเฟส ซึ่งขึ้นอยู่กับความถี่ ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า " การกระจายตามความถี่ " (Dispersion) เป็นการดีที่การเปลี่ยนแปลงตามความถี่นั้นจะมีน้อยมากที่ความมถี่ต่ำกว่า 8 MHz และใช้กับไฟฟ้าวัสดุฐานรองชนิดบาง

เช่นเดียวกับสายอากาศไมโครสติป วิธีการวิเคราะห์จำนวนมากถูกประยุกต์ใช้เพื่อ เป็น สายส่งไมโครสตริป ซึ่ง Gupta et al. เตรียมการพิจารณาเพื่อความเข้าใจ และ ทบทวนเรื่องนี้ เนื่องจากความสำคัญทางวิศวกรรมไมโครสตริปจึงพยายามอย่างมากที่ พัฒนาเพื่อแทนที่ รูปแบบปิด สำหรับพารามิเตอร์ของ สายส่ง งานของ Hammerstad และ Garg ได้รับการยอมรับอย่าง กว้างขวาง ว่ามีความแม่นยำในงานออกแบบส่วนใหญ่ค่าอิมพีแดนซ์คุณลักษณะ (Zo) และค่าไดอิเล็กตริกประสิทธิผล (ε_{reff})

$$Z_o = \frac{\eta_o}{2\pi\sqrt{\varepsilon_{reff}}} \ln\left\{\frac{8h}{W} + \frac{0.25W_e}{h}\right\} \quad \text{เมื่อ} \quad \frac{W}{h} \le 1 \qquad (2.1)$$

$$Z_o = \frac{\eta_o}{\sqrt{\varepsilon_{reff}}} \frac{1}{\left\{\frac{W_e}{h} + 1.393 + 0.667\ln\left[\frac{W_e}{h} + 1.444\right]\right\}} \quad \text{เมื่อ} \quad \frac{W}{h} > 1 \qquad (2.2)$$

ซึ่ง

$$\frac{W_e}{h} = \frac{W}{h} + \frac{1.25t}{\pi h}\left[1 + \ln\left(\frac{4\pi W}{t}\right)\right] \quad \text{เมื่อ} \quad \frac{W}{h} \le \frac{1}{2\pi} \qquad (2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{W_e}{h} = \frac{W}{h} + \frac{1.25t}{\pi h}\left[1+\ln\left(\frac{2h}{t}\right)\right] \quad \text{เมื่อ} \quad \frac{W}{h} > \frac{1}{2\pi} \tag{2.4}$$

และ

$$\varepsilon_{reff} = \frac{\varepsilon_r+1}{2} + \frac{\varepsilon_r-1}{2} F\left(\frac{W}{h}\right) - C \tag{2.5}$$

ซึ่ง

$$F\left(\frac{W}{h}\right) = \sqrt{1+\frac{12h}{W}} + 0.04\left(1-\frac{W}{h}\right)^2 \quad \text{เมื่อ} \quad \frac{W}{h} \le 1 \tag{2.6}$$

$$F\left(\frac{W}{h}\right) = \sqrt{1+\frac{12h}{W}} \quad \text{เมื่อ} \quad \frac{W}{h} > 1 \tag{2.7}$$

$$C = \frac{(\varepsilon_r-1)\frac{t}{h}}{4.6\sqrt{\frac{W}{h}}} \tag{2.8}$$

ในสมการก่อนหน้านี้

η_o เป็น ค่าอิมพีแดนซ์ของคลื่นในอวกาศว่าง (free space) มีค่าเท่ากับ 377 Ω

ε_r เป็น ค่าไดอิเล็กตริกสัมพัทธ์ของวัสดุฐานรอง

และ สัญลักษณ์ อื่นๆ ถูกแสดงไว้ดังรูปที่ 2 และ สมการต่าง ๆ เหล่านี้ไม่ขึ้นอยู่กับความถี่ และ ใช้ได้เมื่อสามารถตัดการกระจายทิ้งได้

ที่ความถี่สูงกว่า 8 GHz การกระจาย จะถูกรวมเข้าไปเพื่อแก้ไขการออกแบบ ที่ ถูกต้องขึ้น ในวง จรต่างๆ บ่อยครั้ง ที่ความยาวของ สายไมโครสตริป จะต้อง เป็นอัตราส่วนที่ มีความแน่นอน ของความยาว คลื่น ซึ่งความยาวคลื่นบนสายหาได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\varepsilon_{reff}}} \quad \text{หรือ} \quad \lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\varepsilon_{reff}(f)}} \qquad (2.9)$$

ซึ่ง λ_0 คือความยาวคลื่นในอวกาศว่าง

สำหรับการเลื่อนเฟส (Phase shift) เกิดขึ้นจากความยาวของสาย (1) ซึ่งหาได้จาก

$$\beta = \frac{2\pi l}{\lambda} = \frac{2\pi l\sqrt{\varepsilon_{reff}}}{\lambda_0} \quad \text{หรือ} \quad \beta = \frac{2\pi l\sqrt{\varepsilon_{reff}}}{\lambda_0} \qquad (2.10)$$

จากความรู้ที่ ผ่านมาสัญญาณเมื่อเดินทางมาตกกระทบไมโครสตริปจะถูกลดทอนลงซึ่งเป็นสาเหตุจากค่าความนำที่จำกัดของตัวนำ และ การเป็นโลหะของระนาบสร้างเงา และ การสูญเสีย ในไดอิเล็กตริก ซึ่งเป็นเครื่องแสดงสัมประสิทธิ์ในการลดทอน โดยมี 2 องค์ประกอบ อย่างที่หนึ่งเป็นการสูญเสียของ (α_c) และ อีกอย่าง คือ การสูญเสียของไดอิเล็กตริก(α_d) สมการนี้จะอยู่ในรูปของ dB ต่อหน่วยความยาว

$$\alpha_c = \frac{1.38AR_s}{hZ_0}\left[\frac{32-\frac{W_e}{h}}{32+\frac{W_e}{h}}\right] \text{เมื่อ} \quad \frac{W}{h}\le 1 \qquad (2.11)$$

$$\alpha_c = 6.1\times10^{-5}\frac{AR_sZ_0\varepsilon_{reff}}{h}\left[\frac{\frac{W_e}{h}+\frac{0.667W_e}{h}}{\frac{W_e}{h}+1.444}\right] \text{เมื่อ} \quad \frac{W}{h}>1 \qquad (2.12)$$

และ

$$\alpha_d = 27.3\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_r-1}\left(\frac{\varepsilon_{reff}-1}{\sqrt{\varepsilon_{reff}}}\right)\frac{\tan\delta}{\lambda_0} \qquad (2.13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่ง

$$A = 1+\frac{h}{W_e}\left\{1+\frac{1.25}{\pi}\ln\left(\frac{2\pi W}{t}\right)\right\} \quad (2.14)$$

$$A = 1+\frac{h}{W_e}\left\{1+\frac{1.25}{\pi}\ln\left(\frac{2h}{t}\right)\right\} \quad (2.15)$$

$$R_S = \sqrt{\frac{\pi f \mu_0}{\sigma}} \quad (2.16)$$

ซึ่ง σ คือ ค่าความนำของตัวนำในหน่วย Siemens/meter (S/m)

ผลรวมสัมประสิทธิ์ในการลดทอนจะเป็น $\alpha = \alpha_c + \alpha_d$

พิจารณาขนาดของสัญญาณ (Vo) ที่เป็นด้านเข้าบน สายไมโครสตริป หลังจากมี การเดินทางได้ระยะทาง l สัญญาณจะมีค่า

$$V = V_o e^{-\alpha l} e^{-j\beta l} \quad (2.17)$$

ซึ่ง เป็นไปตามหลัก ทฤษฎีพื้นฐาน ของสายส่งสัญญาณ ขนาดของสัญญาณจะถูกลดลงโดยการลดทอน (รูปของเอ็กโปเนนเชียลรวมกับ α) และ ความรู้ในการเลื่อนเฟส (รูปของเอ็กโปเนนเชียลกับ β) α เป็น ค่าคงที่ในการลดทอน และ β เป็นค่าคงที่ทางเฟส ค่าทั้งสองนี้รวมกันในรูปของ ปริมาณ $Y = \alpha + j\beta$ ซึ่งถูกเรียกว่า เป็นค่าคงที่การแพร่กระจาย สายไมโครสตริป ส่วนใหญ่มีค่าการสูญเสียต่ำ ดังนั้น $Y \approx j\beta$ ซึ่งค่า Y พร้อมด้วย Z_o เป็นค่าที่อธิบายลักษณะของสายได้อย่างสมบูรณ์

แม้ว่าแต่ก่อนจะไม่มีการอธิบาย ที่แน่นอนผลลัพธ์ ในช่วงแรกนี้ที่ได้จะถูกนำไปใช้ กับสายไมโครสติป ที่อันดับต่ำที่สุด (Lowest Order) เท่านั้น ที่โหมดหลัก (Dominant Mode ; ซึ่งเป็นไปตามการวาดรูปที่ 2-2) ได้อิเล็กตริกของวัสดุฐานรองที่เป็นกราวด์ (ยกเว้นสายไมโครสติป)สามารถนำพลังงานได้เช่นกัน ซึ่ง คลื่น ที่ถูกนำ เรียกว่า “ คลื่นตามผิว ” (Surface Wave) ส่วนใหญ่สนามของคลื่นตามผิวจะอยู่ในไดอิเล็กตริกโครงสร้างของสนามบางส่วนจะคงอยู่ในอวกาศว่างเหนือวัสดุฐานรอง ซึ่ง สนามจะมีค่าลดลง แบบเอ็กโปเนนเชียลเมื่อเคลื่อนที่ออกห่างจากวัสดุฐานรองในแนว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตั้ง โหมดของ คลื่นตามผิว ที่ มีอันดับต่ำที่สุดสำหรับวัสดุฐานรองแล้ว ความถี่คัทออฟ (cut – off) จะอยู่ที่ศูนย์ และ ดังนั้นสามารถถูกกระตุ้นได้ที่ ความถี่ใด ๆ ก็ตาม ซึ่ง ก็ คือ โหมด TM_o คลื่นตามผิวในโหมดอื่นๆมีความถี่คัทออฟไม่เป็นศูนย์ ในทางไฟฟ้าแล้ววัสดุฐานรองที่มีขนาดบางนั้นโหมดที่มีอันดับสูงกว่ามักจะมีความถี่ต่ำกว่าจุดคัทออฟ และ ไม่ถูกกระตุ้นได้ง่าย ๆ

สัญญาณบนวงจรไมโครสตริปสามารถกระตุ้นคลื่นตามผิวโหมด TM_o มักจะอยู่ในวัสดุฐานรอง จากผลลัพธ์นี้ ทำให้มีการ สูญเสียกำลังงาน ขณะที่ คลื่นตามผิวจะมีการแพร่ กระจาย ออกจากสายไมโครสติปโดยคลื่นตามผิวแพร่กระจายอย่างต่อเนื่อง จนกระทั้งพบกับความไม่ สม่ำเสมอ (Discontinuity) เช่นที่ขอบของวัสดุฐานรอง หรือ ที่ สายไมโครสตริปอื่น เมื่อคลื่นตามผิวพบกับความไม่สม่ำเสมอคลื่นตามผิวอาจจะแพร่กระจายจนถึงความไม่สม่ำเสมอ ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการคลื่นตามผิวนี้ มักจะเข้าไปรบกวนคุณสมบัติของวงจร หรือ สายอากาศ การกระตุ้นของโหมด TM_o จะลดลงเมื่อแผ่นวัสดุฐานรองมีขนาดบางมาก และ มีค่าไดอิเล็กตริกต่ำ สำหรับการกำหนดค่าไดอิเล็กตริกสัมพัทธ์ จะเลือกจากความสูง ดังนี้

$$h \leq \frac{c}{4f\sqrt{\varepsilon_r - 1}} \qquad (2.18)$$

ซึ่ง C เป็นกวามเร็วของแสงมีค่า 3×10^8

และ f คือความถี่ที่ใช้งาน

สนามไฟฟ้าอยู่ภายใต้สายไมโครสตริป ดังแสดงในรูปที่ 5 เป็นจุดสำคัญ ที่เหมือกันที่มองสายตามขวางเมื่อความถี่หรือความกว้างของสายเพิ่มขึ้นมันก็สามารถที่จะกระตุ้น โหมดเรโซแนนซ์ตามขวาง (Transverse Resonant Mode) บนสาย คุณสมบัติที่สำคัญของสายไมโครสติปเหมือน กับ เรโซเนเตอร์ (Resonator) กับการกระตุ้นคลื่นนิ่ง (Standing wave) ตามความกว้าง ของสาย สนามไฟฟ้าจะมีค่าสูงสุดที่ ขอบของสายจากค่า ศูนย์ ที่จุดกลาง และ ย้อนกลับไปยังค่าสูงสุด ที่ขอบ ของสายอีกข้างหนึ่งเห็นได้ชัดว่ามันไม่เป็นที่ ต้องการเหมือนกับ กำลังงาน ที่ หายไปในโหมดนี้การ ผิดเพี้ยนของสัญญาณ สามารถเกิดขึ้นด้วย เพราะพลังงาน จะแตกออกเป็น 2 โหมด ที่ เดินทาง ด้วยความเร็วที่ต่างกันสำหรับการกำหนดวัสดุฐานรอง และ ความกว้างของสาย , ความถี่คัทออฟสำหรับโหมดตามขวาง (Transverse Mode) กำหนดโดย

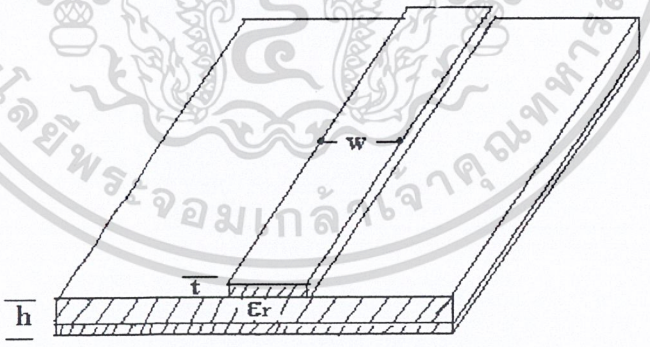
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f_e = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r(2W + 0.8h)}} \qquad (2.19)$$

ความกว้างของสายที่มากที่สุดนั้นจะถูกใช้ เช่น ความถี่คัทออฟ กำหนดโดยสมการ (2.19) ซึ่งจะดีที่จุดเหนือกว่าค่าความถี่สูง

2.4.1 การออกแบบสายส่งไมโครสติป

การส่งผ่านพลังงานในย่านความถี่สูงหรือในย่านความถี่ไมโครเวฟ สามารถส่งผ่านพลังงานโดยใช้แถบตัวนำ ที่นิยมใช้โดยทั่วไป เช่น ทองแดง หรือทองคำ ซึ่งจะวางตัวในรูปแบบต่างๆ ที่เห็นกันบ่อยๆ เช่นแถบตัวนำทองแดง ที่ใช้ร่วมกับ สารไดอิเลคตริกซับเสตรท (Substrate) โดยแถบทองแดงที่ใช้จะวางตัวอยู่บนสารไดอิเลคตริกซับเสตรท ซึ่งจะทำให้เกิดความสะดวก ในการที่จะส่งพลังงานในการใช้งาน สายส่งไมโครสตริปนั้นความกว้างของแถบตัวนำจะขึ้นอยู่กับ ความถี่ ที่ใช้งานความหนาของแถบตัวนำ และ ค่าคงที่สัมพัทธ์ของ สารไดอิเลคตริคซับเสตรท และ มีข้อจำกัดของคุณสมบัติการส่งพลังงาน ที่น้อยกว่าสายส่งแบบโคแอคเซียล สำหรับสายส่งแบบไมโครสตริปจะมีรูปร่างดังแสดงในรูปที่ 2-3



รูปที่ 2-3 โครงสร้างของสายส่งไมโครสติป

2.5 การออกแบบไมโครสติป

วิธีการออกแบบไมโครสติปโดยพิจารณากรณี ที่ ซับเสตรทมีคุณสมบัติ แบบ ไอโซโทรปิก เป็น หลัก และ เนื่องจากการวิเคราะห์คุณสมบัติของ ไมโครสติปทางทฤษฎีนั้นยุ่งยากมากในที่นี้ จึงนำผลที่ได้มาใช้งานโดยจะไม่แสดงรายละเอียดของที่มานั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบไมโครสตริปนั้นวัตถุประสงค์หลัก ก็คือ การกำหนดค่าความกว้างของ สตริป และความหนาของซับเสตรทเพื่อให้ได้ค่าอิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติตามต้องการ ซึ่งหมายถึงจะต้องรู้ค่า ε_{eff} ที่ถูกต้องใกล้เคียงกับความจริง เมื่อรู้ค่า ε_{eff} ที่ถูกต้องก็จะทำให้คำนวณความยาวคลื่นในไมโครสตริปซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญอีกอันหนึ่ง ในการออกแบบวงจรไมโครสตริปที่จะกล่าวถึงในหัวข้อต่อๆไปในที่นี้จะกล่าวถึงการออกแบบไมโครสติปกรณีที่ใช้กับความถี่ต่ำกว่า 2 GHz และสูงกว่า 2 GHz ตามลำดับ

2.5.1 การออกแบบไมโครสติปกรณีที่ความถี่ใช้งานต่ำกว่า 2 GHz

ใช้วิธีคำนวณ จากสูตร วีลเลอร์ได้ทำการศึกษาไว้ และ โอเวนส์ได้รวบรวมเป็นสูตรที่ละเอียดขึ้นโดยระบุช่วงของค่าต่างๆ ที่สูตรเหล่านั้นจะใช้งานได้ดีโดยแบ่งเป็นช่วงสตริปแคบและสติปกว้าง

กรณีที่ Z_C และ ε_r ถูกกำหนดมาให้ เมื่อแบ่งเป็นกรณีสตริปแคบและสตริปกว้างดังกล่าวข้างต้นจะได้สูตรในการคำนวณต่าต่าง ๆ ดังนี้

กรณีสตริปแคบ เมื่อกำหนดเงื่อนไขของ สตริปแคบจาก $Z_C > (44 - 2\varepsilon_r)\ \Omega$ จะได้สูตร ในการคำนวณดังนี้

$$\frac{W}{h} = \left(\frac{\exp H'}{8} - \frac{1}{4\epsilon \exp H'} \right)^{-1} \qquad (2.20)$$

โดยที่

$$H' = \frac{Z_c\sqrt{2(\varepsilon_r+1)}}{119.9} + \frac{1}{2}\left(\frac{\varepsilon_r+1}{\varepsilon_r-1}\right)\left(\ln\frac{\pi}{2} + \frac{1}{\varepsilon_r}\ln\frac{4}{\pi}\right) \qquad (2.21)$$

และเมื่อกำหนดเงื่อนไขของสติปแคบจากW/h < 1.3 หรือ $Z_C > (63 - 2\varepsilon_r)\ \Omega$ จะได้สูตรในการคำนวณค่า ε_{eff} ดังนี้

$$\varepsilon_{eff} = \frac{\varepsilon_r+1}{2} + \left\{1 - \frac{1}{2H'}\left(\frac{\varepsilon_r-1}{\varepsilon_r+1}\right)\left(\ln\frac{\pi}{2} + \frac{1}{\varepsilon_r}\ln\frac{4}{\pi}\right)\right\}^{-2} \qquad (2.22)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีสตริปกว้าง เมื่อกำหนดเงื่อนไขของสติปกว้างจาก $Z_C < (44 - 2\varepsilon_r)$ จะได้สูตรในการคำนวณดังนี้

$$\frac{W}{h} = \frac{2}{\pi}\left\{(d-1)-\ln(2d-1)+\frac{\varepsilon_r-1}{2\varepsilon_r}\left[\ln(d-1)+0.39-\frac{0.61}{\varepsilon_r}\right]\right\} \quad (2.23)$$

โดยที่

$$d = \frac{60\pi^2}{Z_C\sqrt{\varepsilon_r}} \quad (2.24)$$

และเมื่อกำหนดสติปกว้างจาก $W/h < 1.3$ หรือ $Z_c < (63 - 2\varepsilon_r)\ \Omega$ จะได้สูตรการคำนวณค่า ε_{eff} ดังนี้

$$\varepsilon_{reff} = \frac{\varepsilon+1}{2} + \frac{\varepsilon_r+1}{2}\left(1+10\frac{h}{W}\right)^{-0.555} \quad (2.25)$$

กรณีที่ w/h และ ε_r ถูกกำหนดมาให้

เมื่อแบ่งช่วงของสติปแคบจากเงื่อนไข $W/h < 3.3$ จะได้สูตรในการคำนวณค่า Z_C ดังนี้

$$Z_C = \frac{119.9}{\sqrt{2(\varepsilon_r+1)}}\left(\ln\left\{4\frac{h}{W}+\sqrt{16\left(\frac{h}{W}\right)^2+2}\right\}-\frac{1}{2}\left(\frac{\varepsilon_r+1}{\varepsilon_r-1}\right)\left(\ln\frac{\pi}{2}+\frac{1}{\varepsilon_r}\ln\frac{4}{\pi}\right)\right) \quad \ldots. (2.26)$$

ในกรณีของสตริปกว้างจะกำหนดจากเงื่อนไข $W/h > 3.3$ และได้สูตรในการคำนวณดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Z_c = \frac{119.9}{\sqrt{2(\varepsilon_r+1)}}\left[\frac{W}{2h}+\ln\frac{4}{\pi}+\frac{\ln\left(e\pi^2/16\right)}{2\pi}\left(\frac{\varepsilon_r-1}{\varepsilon_r^2}\right)\right.$$

$$\left.+\frac{\varepsilon_r+1}{2\pi\varepsilon_r}\left\{\ln\frac{\pi e}{2}+\ln\left(\frac{W}{2h}+0.94\right)\right\}\right]^{-1} \qquad (2.27)$$

สูตรการคำนวณที่แสดงมาทั้งหมดนี้อาจจะดูว่ายุ่งยาก และที่สำคัญคือความคลาด $\pm 1\,\%$

2.5.2 การออกแบบไมโครสติปกรณีที่ความถี่ใช้งานสูงกว่า 2 GHz

ในกรณีที่ความถี่ใช้งานสูงกว่า 2 GHz ดิสเพอร์ชันของวัสดุจะเห็นได้ชัดขึ้นจนไม่สามารถใช้ค่า ε_{eff} ของกรณีไฟฟ้าสถิตได้ มีผู้ศึกษาและเสนอสูตรคำนวณค่า ε_{eff} ที่ความถี่สูง ซึ่ง เสนอโดย เก็ตซิงเกอร์ (Getsinger) ดังนี้

$$\varepsilon_{eff}(f) = \varepsilon_r - \frac{\varepsilon_r - \varepsilon_{effr}}{1+G\left(f/fp\right)^2} \qquad (2.28)$$

โดยที่ ε_{eff} มีค่าคงตัวไดอิเล็กตริกสัมพัทธ์ประสิทธิผลที่ความถี่ต่ำโดยมีค่าเท่ากับ $(Zo/Zc)^2$ ส่วน fp และ G จะมีค่าดังนี้

$$f_p = \frac{Z_c}{2\mu_o h}$$

หรือ

$$f_p(GHz) = \frac{Z_c}{0.8\pi\, h(mm)} \qquad (2.29)$$

$$G = 0.6+0.009Z_c \qquad (2.30)$$

ในการคำนวณหาค่า Z_C จากโครงสร้างที่ให้มานั้น ที่ใช้กันทั่วไปนั้นก็คือคำนวณ Z_C ของความถี่ต่ำเสียก่อน แล้วจึงพิจารณาผลกระทบที่มีต่อ Z_C นั้นเมื่อความถี่สูงขึ้นเนื่องจากผลกระทบ ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีต่อ Z_C เมื่อความถี่สูงขึ้นจะพิจารณาในรูปของผลรวมว่า ค่า $\varepsilon_{eff}(f)$ ที่เปลี่ยนไปจาก ε_{eff} นั้นจะทำให้ค่าคาแปซิแตนซ์ต่อหนึ่งหน่วยความยาวเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งทำให้ค่า Z_C ที่ ความถี่ นั้นมีค่าลดลงในรูป ต่อไปนี้

$$Z_c(f) = Z_c\sqrt{\frac{\varepsilon_{eff}}{\varepsilon_{eff}(f)}} \qquad (2.31)$$

สำหรับในการคำนวณค่า Z_C จากโครงสร้างที่ให้มานั้นได้เสนอสูตรคำนวณที่คำนึงถึงความหนาของแถบสตริปไว้ดังนี้

$$Z_C = \frac{42.4}{\sqrt{\varepsilon_r+1}}\ln\left\{1+\left(\frac{4h}{W'}\right)\left(b+\sqrt{b^2+a\pi^2}\right)\right\} \qquad (2.32)$$

โดยที่

$$W' = W + a\Delta W \qquad (2.33)$$

$$a = \frac{1+1/\varepsilon_r}{2} \qquad (2.34)$$

$$\frac{\Delta W}{t} = \frac{1}{\pi}\left[1+\ln 4\left\{\left[\frac{t}{h}\right]^2+\left[\frac{1}{\pi(W/t+1.1)}\right]^2\right\}^{-1/2}\right] \qquad (2.35)$$

จากที่ กล่าวมาข้างต้นนี้จะเห็นว่าการคำนวณค่า $Z_C(f)$ นั้นจะยุ่งยากกว่า การคำนวณ ค่า Z_C ของกรณีความถี่ต่ำ โดยเฉพาะถ้าไม่สามารถหาค่าเริ่มต้น ที่ เหมาะสมได้ อย่างไรก็ตาม ค่าเริ่มต้น ที่เหมาะสมนั้นสามารถคำนวณได้โดยใช้วิธีการที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 2.5.1

อนึ่งจากค่า $\varepsilon_{eff}(f)$ ที่คำนวณได้ในขั้นสุดท้ายก็จะคำนวณความยาวคลื่นในไมโครสตริปนั้นได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\varepsilon_{eff}(f)}} \quad (2.36)$$

2.6 พารามิเตอร์ และสมการต่าง ๆ

2.6.1 กำลังงานที่กระจาย (Radiating Power)

หาได้โดยการอินทิเกรต ส่วนจริงของ Poynting Veccor รอบช่องเปิดที่กระจายคลื่น

$$P_r = \frac{1}{2}\iint_S \left| E * H^* \right| \cdot ds \quad (2.37)$$

สำหรับ สายอากาศไมโครสตริปที่มี สนามไฟฟ้าตั้งฉาก และ มีสนามแม่เหล็กที่สัมผัสกับแพ็ตซ์ และมี $h << \lambda$

$$P_r = V_o^2 \frac{I_L}{240\pi^2} \quad (2.38)$$

$$I_t = \int_0^{\pi} \sin^2\left[\frac{K_0 W}{2}\cos\theta\right] \tan^2\theta \sin\theta \, d\theta \quad (2.39)$$

2.6.2 กำลังงานที่สูญหาย (Dissipate Power)

จะประกอบไปด้วยการสูญเสียในตัวนำ (Conductor loss , P_c) และ การสูญเสียในสารไดอิเล็กตริก (Dielectric Loss , P_d) P_C หาได้จาก I^2R ซึ่ง สัมพันธ์กับ การอินทิเกรต รอบพื้นที่ ของแพ็ตซ์ และ ระนาบสร้างเงา

$$P_C = R_m \iint_S \left(\overline{JM}, \overline{J}\right) \cdot ds \quad (2.40)$$

โดยที่ R_m เป็นส่วนจริงของอิมพีแดนซ์ที่ผิว

P_d หาได้จากการอินทิเกรตสนามไฟฟ้าภายในโพรง (cavity) ของ สายอากาศไมโครสตริป รอบปริมาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

$$P_d = \left(\frac{W\varepsilon''}{2}\right)\iiint_v |E|^2 \cdot dv \qquad (2.41)$$

โดยที่ ε'' เป็นส่วนจินตภาพของสภาพยอม (Permittivity)

2.6.3 พลังงานที่ถูกเก็บสะสม (Stored Energy)

ในช่วงเวลาเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้า และแม่เหล็กที่ถูกเก็บในโพรงจะมีค่าเท่ากันที่ความถี่เรโซ-แนนซ์ (Resonance)

$$W_t = W_s + W = \iiint_v \left[\varepsilon \overline{E}^2 + \mu \overline{H}^2\right] \cdot dv \qquad (2.42)$$

ซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$W_t = \frac{1}{2}\varepsilon h \iint_s \overline{E}^2 \cdot ds \qquad (2.43)$$

2.6.4 อิมพีแดนซ์ด้านเข้าและแอดมิตแตนซ์ด้านเข้า

(Input Impedance and Input Admittance)

สายอากาศทุกชนิดจำเป็นต้องทำให้แมตซ์ (match) กับสายป้อนสัญญาณ จึงต้องคำนวณหาอิมพีแดนซ์ด้านเข้าสายอากาศไมโครสตริปสามารถป้อนสัญญาณโดยใช้ สายโคแอกเชียล หรือ ใช้สายไมโครสติป สำหรับการป้อนสัญญาณแบบ สายโคแอกเชียล หรือ ใช้สายไมโครสติป สำหรับการป้อนสัญญาณแบบสายโคแอกเชียล (Coaxial) สามารคำนวณหากำลังงานขาเข้าได้จาก

$$P_{in}^{c} = -\iiint_v \overline{EJs}^{*} \cdot dv \qquad (2.38)$$

โดยที่ C ใช้กำกับเพื่อแสดงให้รู้ว่าเป็นการป้อนสัญญาณโดยสายโคแอกเชียล

เมื่อสายอากาศไมโครสติปมีขนาดบางมาก ๆ และ กระแสในสายโคแอกเชียล อยู่ในทิศทาง Z สมการ (2.44) จะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

46463

$$P_{in}^{c} = -\int_{0}^{h} \overline{E}\left(X_0, Y_0\right) I^{*}\left(Z'\right) dZ' \qquad (2.45)$$

โดยที่ (X_0, Y_0) เป็นตำแหน่งป้อนสัญญาณ

ดังนั้น ที่อิมพีแดนซ์ด้านเข้าสามารถหาได้จากความสัมพันธ์

$$P_{in}^{c} = \frac{\left|I_{in}\right|}{Z_{in}} \qquad (2.46)$$

$$Z_{in} = \left(\frac{P_{in}^{c}}{I_{in}^{2}}\right) = \frac{V_{in}}{I_{in}} \qquad (2.47)$$

$$= h\overline{E}\left(X_0, Y_0\right) I_{in} \qquad (2.48)$$

ส่วน สายอากาศไมโครสตริป ที่ใช้ สายส่งสัญญาณไมโครสติป เป็นตัวป้อนสัญญาณ กำลังงานขาเข้าจะเป็น

$$P_{in}^{m} = \iiint_{v} H^{*} I_{m} \cdot dv \qquad (2.49)$$

โดยที่ I_m เป็นความหนาแน่นกระแสแม่เหล็ก

m ใช้กำกับเพื่อแสดงให้รู้ว่าเป็นการป้อนสัญญาณโดยใช้ไมโครสติป

ดังนั้น อิมพีแดนซ์ด้านเข้า จะเป็น

$$Y_{in} = \left(\frac{1}{V_{in}^{2}}\right) \int_{0}^{W} \overline{H}\left(X_L, Y_L\right)^{2} Y(I)\, dI \qquad (2.50)$$

โดยที่ W′ เป็นความกว้างของตัวนำไมโครสติป

V(I) เป็น แรงดันระหว่างแพ็ตช์กับระนาบสร้างเงา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับไมโครสติปที่มีขนาดแคบ V(I) มีค่าใกล้เคียงกับ Vin ถ้า h มีค่าน้อย ๆ กระแสที่เข้าสายอากาศจะมีค่า

$$I_{in} = W\overline{H}(X_L, Y_L) \qquad (2.51)$$

ดังนั้นจะได้

$$Y_{in} = \left(\frac{I_{in}}{V_{in}}\right)^* \qquad (2.52)$$

และ สำหรับความต้านทานการแผ่กระจายคลื่น (Radiation Resistance) สามารถหาได้จาก (2.53) และ (2.56)

$$R_r = \frac{V_0^2}{2P_r} = \frac{120\pi^2}{I_L} \qquad (2.53)$$

ที่ $$W << \lambda_o, R_r \cong \frac{90R^2}{W^2} \qquad (2.54)$$

$$W >> \lambda_o, R_r \cong 120R^2 \qquad (2.55)$$

ในกรณีหลัง ความต้านทานการแผ่กระจายคลื่นต่อหน่วยความยาวของแต่ละช่องเปิด มีค่าเป็น

$$R_r = 120\,\lambda_o\Omega \qquad (2.56)$$

เพื่อที่จะทำให้ง่ายขึ้น สำหรับสายอากาศที่มีความหนาน้อย ๆ การคำนวณสามารถประมาณได้ดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_r = 120\lambda_o\left[\frac{1-(kh)^2}{24}\right] \quad (2.57)$$

โดยมี Normalized Line Extension

$$\Delta l = 0.412h\left[\frac{(\varepsilon_o+0.3)\left(\frac{W}{h}+0.264\right)}{(\varepsilon_o+0.25)\left(\frac{W}{h}+0.8\right)}\right] \quad (2.58)$$

และ ค่าคงตัวไดอิเล็กตริกประสิทธิผล (Effective Dielectric Constant)

$$\varepsilon_o = \frac{(\varepsilon_r+1)}{2}+\frac{(\varepsilon_r-1)}{2}\sqrt{1+\frac{12h}{W}} \quad (2.59)$$

ค่าซัสเซปแตนซ์ (Susceptance) ของแต่ละช่องเปิด ซึ่ง แทนด้วย ค่าความจุ (Capacitance) มีค่าเป็น

$$C = \frac{\Delta l\sqrt{\varepsilon_o}}{cZ_o} \quad (2.60)$$

โดยที่ C เป็น ความเร็วแสง

Z_o เป็นอิมพีแดนซ์คุณลักษณะ(Characteristic Impedance) เป็นของสายส่งสัญญาณแบบไมโครสติป

แอดมิแตนซ์ด้านเข้า ของส่วนแผ่กระจายคลื่นเป็น

$$Y_{in} = G+jB+\left[\frac{Y_o\{G+j(B+Y_o\tan\mu l)\}}{\{Y_o+j(G+jB)\tan\tan\beta l\}}\right] \quad (2.61)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

$$G = \frac{1}{R_r} \quad (2.62)$$

$$B = \frac{k\,\Delta l\sqrt{\varepsilon_o}}{Z_o} \quad (2.63)$$

β เป็น ค่าคงที่การแพร่กระจายคลื่น (Propagation Constant)

$$\beta = \frac{2\pi\sqrt{\varepsilon_o}}{\lambda}$$

สายอากาศไมโครสตริป สามารถแทนได้ด้วย ค่าแอดมิดแตนซ์ 2 ค่า ที่ต่อกันด้วยสายส่งที่ความถี่เรโซแนนซ์ ส่วนจินตภาพของอิมพีแดนซ์ด้านเข้าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นความถี่เรโซแนนซ์ของส่วนแพร่กระจายคลื่น สามารถหาได้จาก

$$\tan(\beta l) = \frac{2Y_o B}{B^2 + G^2 - Y^2} \quad (2.64)$$

ส่วนแอดมิตแตนซ์ด้านเข้าที่ตำแหน่งป้อนใด ๆ มีค่าเป็น

$$Y_{in}(Z) = \frac{2G}{\left(\cos^2(\beta z) + \frac{(G^2+B^2)\sin^2(\beta z)}{Y_0^2} - \frac{B\sin(2\beta z)}{Y_0}\right)} \quad (2.65)$$

โดยที่ Z เป็นระยะจากขอบของแพ็ตช์ไปยังตำแหน่งป้อนที่ $G/Y_O << 1$ และ $B/Y_O << 1$

$$Y_{in}(Z) = \frac{2G}{\cos^2(\beta l)} \quad (2.66)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสามารถหาค่าได้ทุก ๆ ที่ ยกเว้นที่ $\beta z = \pi/2$

2.6.5 สภาพเจาะจงทิศทาง และ อัตราขยาย (Directivity and Gain)

เมื่อสภาพเจาะจงทิศทาง คือ อัตราส่วนของ ความหนาแน่นของ พลังงานสูงสุดในหลัก ต่อความหนาแน่นพลังงานเฉลี่ยของสภาพเจาะจงทิศทางของช่องเปิดแสดงโดย

$$D = \frac{\frac{1}{2}\mathrm{Re}\left(E\theta H\phi - E\phi H\theta\right)\Big|\delta=\frac{\pi}{2}}{\frac{P_r^2}{4\pi r^2}} = \frac{4W^2\pi^2}{I_L\lambda_0^2} \qquad (2.67)$$

และ ในกรณีของ สายอากาศไมโครสตริปที่ประกอบด้วย 2 ช่องเปิดอยู่ห่างกัน I สภาพเจาะจงทิศทางใน E – Plane จะเป็น

$$W << \lambda_o,\ D_W \cong 6.6 \qquad (2.68)$$

$$W << \lambda_o,\ D_W \cong \frac{8W}{\lambda_o} \qquad (2.69)$$

2.6.6 อัตราขยายประสิทธิผล (Effective Gain)

$$G_{in} = \eta D_W \qquad (2.70)$$

โดยที่ η คือ ประสิทธิภาพของสายอากาศ

2.6.7 ตัวประกอบคุณภาพและการสูญเสีย (Quanlity Factor and Loss)

ตัวประกอบคุณภาพ (Q_r)ของสายอากาศมีความสัมพันธ์กับความต้านทานการกระจายคลื่น ซึ่งจะสามารถหาได้จาก

$$Q_f = \frac{2\pi f_r W_r}{P_r} \qquad (2.71)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$W_f = \frac{\varepsilon_o \varepsilon_r E_x^2 h L W}{4} \quad (2.72)$$

$$Q_f = \frac{C\sqrt{\varepsilon_m}}{4 f_r h} \quad (2.73)$$

ความต้านทานสมมูลย์สำหรับการสูญเสียในตัวนำ (R_C) และในไดอิเล็กตริก (R_d) จะเป็น

$$R_C = \frac{0.00027 I Q_r^2 \sqrt{f_r}}{W} \quad (2.74)$$

$$R_d = 30 \tan\sigma \, h Q_f^2 I W \varepsilon_r \quad (2.75)$$

โดยที่ $\tan\sigma$ แทนเจนต์การสูญเสีย (Loss Tangent)

f_r มีหน่วยเป็น GHz

Quality Factor รวม (Q_t) มีค่าเป็น

$$Q_t = \frac{2 Q_f R_C}{R_r} \quad (2.76)$$

2.6.8 แบนด์วิดท์ (Bandwidth)

โดยปกติจะคิดแบนด์วิดท์ที่ค่า VSWR < 2 สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$BW = \frac{1}{Q_t \sqrt{2}} \quad (2.77)$$

จะเห็นว่า การเพิ่มแบนด์วิดท์ สามารถทำได้โดยการเพิ่มความหนาของวัสดุฐานรองวิธีนี้มีข้อเสียหลายอย่างจึงไม่นิยมใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.9 ความกว้างลำ (Beamwidth)

ความกว้างลำจะคิดระหว่างมุมที่พลังงาน ที่รับได้ลดลงครึ่งหนึ่ง (Half Power Beamwidth) หรือ ที่ ค่าของสนามลดลง ½ ของค่ามากที่สุดที่รับได้ จะประเมินได้จาก

$$\Phi_{BH} = 2\cos^{-1}\left|\frac{1}{2+kW}\right|^{1/2} \quad (2.78)$$

$$\Phi_{BE} = 2\cos^{-1}\left|\frac{7.03}{3k^2l^2+k^2h^2}\right|^{1/2} \quad (2.79)$$

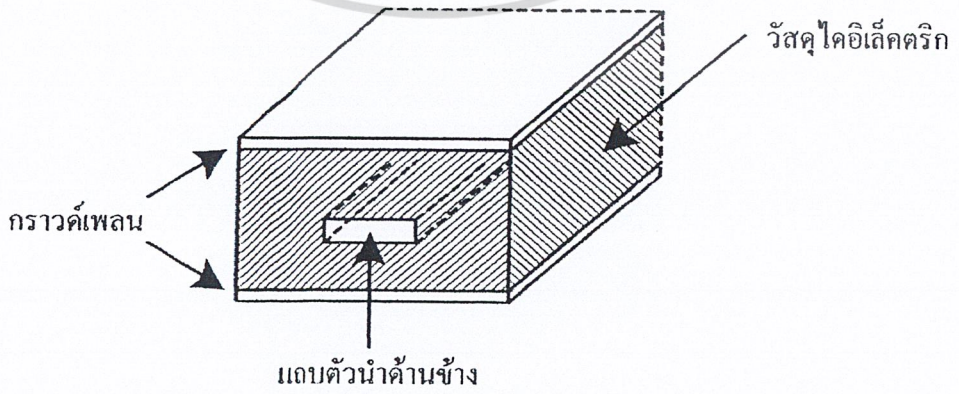
โดยที่ Φ_{BH} และ Φ_{BE} เป็นความกว้างลำที่พลังงานลดลงครึ่งหนึ่งในระนาบ H(H-Plane) และระนาบ E(E-Plane) ตามลำดับ จากสมการจะเห็นว่าความกว้างลำของ สายอากาศไมโครสติป แบบองค์ประกอบเดี่ยวจะแปรผกผันกับขนาดของสายอากาศ

2.6.10 ค่าประสิทธิภาพของสายอากาศ

ค่าประสิทธิภาพของสายอากาศ คือ ค่าอัตราส่วนของกำลังคลื่นที่แพร่กระจายต่อกำลังด้านเข้าซึ่งอาจแสดงในสมการของความต้านทานสมมูล ได้คือ

$$\eta\% = \frac{R_r}{R_r} \times 100 \quad (2.80)$$

2.7 การเปรียบเทียบระหว่างสายแถบแคบ และ ไมโครสตริป

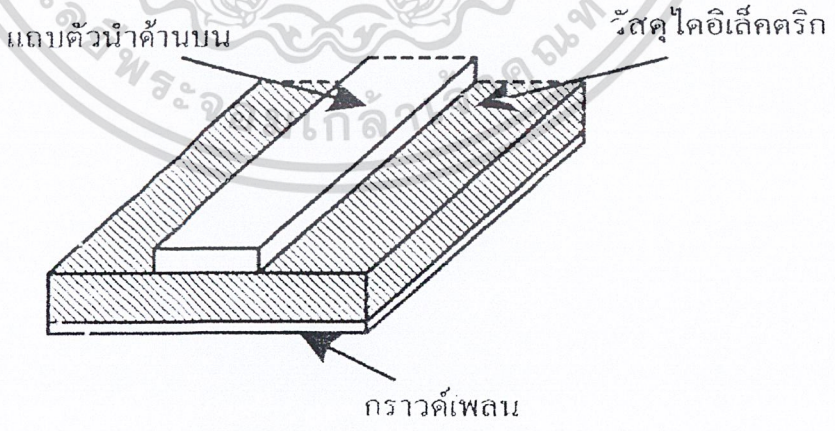


รูปที่ 2-4 ลักษณะของสายแถบแคบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายแถบแคบประกอบด้วยแถบตัวนำ (Strip) ขนาดบางวางอยู่ระหว่างแผ่นตัวนำ ซึ่ง เป็นระนาบ สร้างเงาคั่นไว้ด้วยสารไดอิเล็กตริกดังใน รูปที่ 6 ระนาบสร้างเงาด้านนอกจะทำหน้าที่ ชีลด์ (Shield) สัญญาณไม่ให้เกิดการแผ่กระจายคลื่นออกไปนอกสายแถบแคบ ความสูญเสีย เนื่องจากการแผ่กระจายคลื่น(Radiation loss) จะเกิดในช่วงปลายซึ่งถูกเปิดไว้โดยไม่มีการชีลด์ของสายแถบแคบ สายแถบแคบเปรียบได้กับสายโคแอกเชียลที่ถูกทำให้แบน และ แยกแผ่นตัวนำภายนอกออกเป็นสองส่วนเป็นด้านบน และ ด้านล่าง สนามไฟฟ้าจะถูกแยกออกครึ่งหนึ่งมีทิศพุ่งขึ้นด้านบน และอีกครึ่งหนึ่งลงไปทางด้านล่างความสูญเสีย ที่ตรงปลายของแถบตัวนำมีค่าน้อย และ อาจปิดปลายด้วยแผ่นตัวนำ หรือปล่อยทิ้งไว้สายแถบแคบมีข้อดีตรงที่สามารถสร้างบนสารไดอิเล็กตริกได้หลายรูปแบบโดยใช้วิธีการ ในการทำแผ่นวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Technique) สายแถบแคบมีขนาดเล็กกว่าท่อนำคลื่น (waveguide) หรือ โคแอกเชียล และ มีแถบความถี่ใช้งานอยู่ในช่วง ประมาณ 1 – 20 GHz ใช้ต่อระหว่างองค์ประกอบ (component) ในวงจร หรือใช้เป็นองค์ประกอบชนิดหนึ่งในวงจร

ไมโครสติปมีลักษณะเป็นแถบตัวนำขนาดเล็กและบางวางอยู่บนวัสดุฐานรอง(substrate) ที่ทำจากสารไดอิเล็กตริก ซึ่งเป็นตัวคั่นกลางระหว่าง แถบตัวนำ และระนาบสร้างเงา ไมโครสตริปไม่มีการชีลด์สัญญาณที่ดีเนื่องจากไม่มีระนาบสร้างเงาปิดด้านบนเหมือนสายแถบแคบ ดังนั้น จึงมีการสูญเสียจากการแผ่กระจายคลื่นสูงกว่าสายแถบแคบ ส่วนข้อดีที่ได้ เปรียบกว่า คือ สามารถสร้างบนแผ่นวงจรพิมพ์ได้ โดยใช้เทคนิคการสร้างแผ่นวงจรพิมพ์วิธีเดียวกับสายแถบแคบ และ สามารถ



รูปที่ 2-5 ลักษณะของไมโครสติป

ใช้ร่วมกับ อุปกรณ์ สารกึ่งตัวนำบนแผ่นวงจร ได้โดยต่อประกอบกันง่ายกว่า เนื่องจากไม่มีระนาบสร้างเงา ด้านบนขวางเอาไว้ การที่แถบตัวนำของไมโครสติปมีด้านบนสัมผัสกับอากาศ และ ด้าน

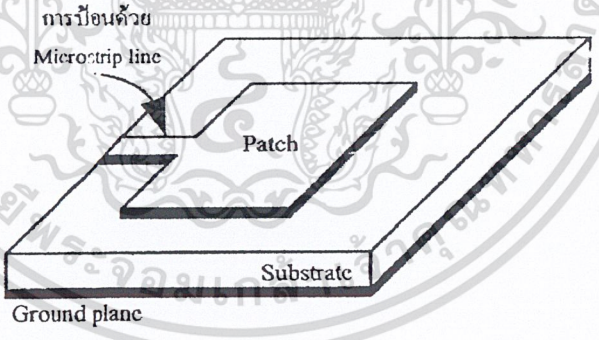
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ล่างสัมผัสกับสารไดอิเล็กตริก สนามไฟฟ้าจึงแยกไปในอากาศส่วนหนึ่ง และ ส่วนที่เหลือผ่านไปในสารไดอิเล็กตริก ไมโครสติปใช้ประโยชน์ ในการต่อระหว่างองค์ประกอบบนแผ่นวงจรสำหรับไมโครเวฟขนาดเล็ก

2.8 การป้อนสัญญาณให้สายอากาศ

2.8.1 การป้อนสัญญาณโดยใช้สายส่ง (Transmission line)

วิธีที่ง่ายที่สุด ที่ จะป้อนสัญญาณให้กับ แถบโลหะ ของไมโครสติปทำได้ โดยรวมสายป้อนสัญญาณแบบไมโครสตริป และ แถบโลหะไมโครสตริป เข้าด้วยกันบนวัสดุฐานรองเดียวกัน ตามรูปที่ 2-5 อย่างไรก็ตามโครงสร้างนี้จะไม่ให้ผลดีกับทั้งสายอากาศ หรือ ทั้งสายส่ง เพราะสิ่งที่จำเป็นต่าง ๆ เฉพาะอย่างของทั้งคู่นั้นต่างกัน ตามความหมายนี้นั้นบางอย่างต้องย่อม ๆ กัน ระหว่างการรวมกันของทั้งสอง ซึ่งสายป้อนสัญญาณจะไม่แพร่กระจายมาก ที่ความไม่สม่ำเสมอต่างๆ การแพร่กระจายที่ไม่แท้เพิ่มระดับพูข้าง (Side-lobe) และ การโพลาไรเซชัน (polarization) ตามขวาง ซึ่งจะลดคุณสมบัติของสายอากาศลง กล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า สามารถพิจารณาผลกระทบของกำลังงานที่สะสมภายใต้แถบโลหะ(ผลกระทบแบบโพรง)



รูปที่ 2-6 การใช้สายส่งสัญญาณแบบไมโครสติปต่อเป็นตัวป้อนให้สายอากาศ

2.9 การวิเคราะห์โดยพิจารณาจากแบบจำลอง

2.9.1 แบบจำลองสายส่งสัญญาณ

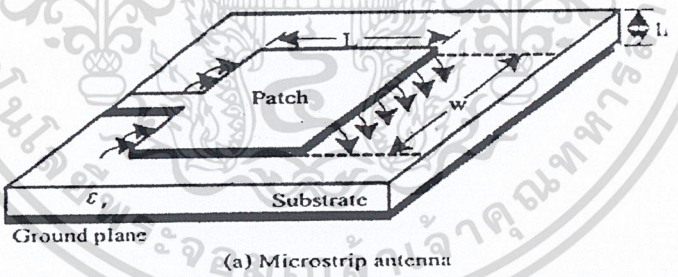
เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด แต่ให้ผลที่ไม่ถูกต้องนักและมีความยืดหยุ่นน้อย แต่วิธีนี้จะทำให้เห็นภาพทางฟิสิกส์ได้ดี กรณีที่ใช้แบบจำลองโพรงสายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า จะถูกแทนด้วยอาเรย์ (Array) ของตัวแพร่กระจายคลื่น 2 ตัว ที่มีช่องเปิดแคบ ๆ (Slot) แต่ละอันกว้าง W และสูง h วางห่างกันด้วยระยะ L โดยพื้นฐานแล้ว แบบ จำลองสายส่งสัญญาณจะแทนด้วยสายอากาศไม

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครสตริปด้วยร่อง 2 ร่อง แยกจากกันโดยมีอิมพีแดนซ์ค่าต่ำๆ Z_C ของสายส่งสัญญาณคั่นอยู่ระหว่างร่องทั้ง 2 ด้วย ระยะทาง L

2.9.1.1 ผลของฟริงกิง (fringing)

เนื่องจากขนาดของแพ็ตช์ นั้นจะถูกจำกัดไว้ด้วยขนาดความกว้าง และ ความยาว ที่แน่นอน ดังนั้น สนามที่ บริเวณขอบของแพ็ตช์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่างร่องทั้งสอง ดังแสดงใน รูปที่ 2-6 ซึ่งเป็นลักษณะของเส้นที่แสดงสนามระหว่าง ไดอิเล็กตริก 2 ชั้น ที่ไม่เอกพันธ์หรือไม่เป็นเนื้อเดียวกันนั่นเอง ซึ่ง ปกติมักจะเป็นวัสดุฐานรอง กับ อากาศสนามไฟฟ้าส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นภายในวัสดุฐานรอง และ บางส่วนจะเกิดขึ้นในอากาศ เมื่อค่า $L/h >> 1$ และ $\varepsilon_r >> 1$ สนามไฟฟ้าจะรวมกันอยู่ภายใน วัสดุฐานรองมากขึ้น การแผ่กระจายของ สนามในลักษณะนี้ จะทำให้ขนาดทางไฟฟ้าของสายส่งสัญญาณ แบบ ไมโครสติปกว้างกว่าขนาดจริง ๆ ของมัน ดังนั้น คลื่นจะเดินทางไปในวัสดุฐานรอง และ บางส่วนเดินทางไปในอากาศ ซึ่ง เราจะต้องศึกษาเกี่ยวกับค่าคงที่ไดอิเล็กตริกประสิทธิผลที่มีค่าของสารตัวกลางชนิดต่าง ๆ (Effective Dielectric Constant : ε_{reff}) เพื่อพิจารณาเกี่ยวกับการแพร่กระจายของสนามและการเดินทางของคลื่นในสายสัญญาณ

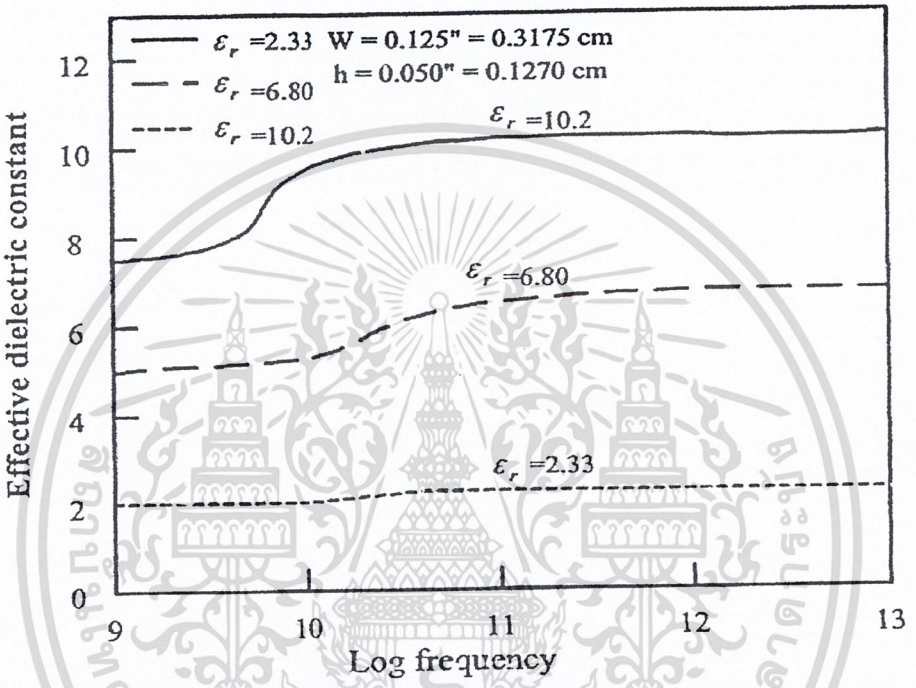


รูปที่ 2-7 สายอากาศไมโครสติปและระบบพิกัด

เพื่อทำความรู้จักกับค่าคงที่ ไดอิเล็กตริกประสิทธิผล เราจะสมมติให้ตัวนำของส่วนสายส่งสัญญาณแบบ ไมโครสติปถูกวางอยู่เหนือระนาบสร้างเงาภายในวัสดุฐานรอง ที่เป็น ไดอิเล็กตริกเดียวกัน ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกประสิทธิผล จะถูกนิยามให้เป็นค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของวัสดุฐานรองที่สม่ำเสมอ ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางไฟฟ้าในอุดมคติ ซึ่งลักษณะที่เกิดขึ้นจริง ๆ นั้น แสดงในรูปที่ 2-7 สำหรับสายส่งสัญญาณที่มีอากาศอยู่เหนือวัสดุฐานรอง ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกประสิทธิผล จะมีค่าอยู่ในช่วง $1 < \varepsilon_{reff} < \varepsilon_r$ กรณีที่ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกมีค่ามากกว่าหนึ่งมาก ๆ ($\varepsilon_r >> 1$) ค่า ε_{reff} จะเข้าใกล้ค่าคงที่ ε_r จริง ๆ ของวัสดุฐานรองค่าคงที่ไดอิเล็กตริกประสิทธิผลนี้ จะเป็นฟังก์ชันของความถี่

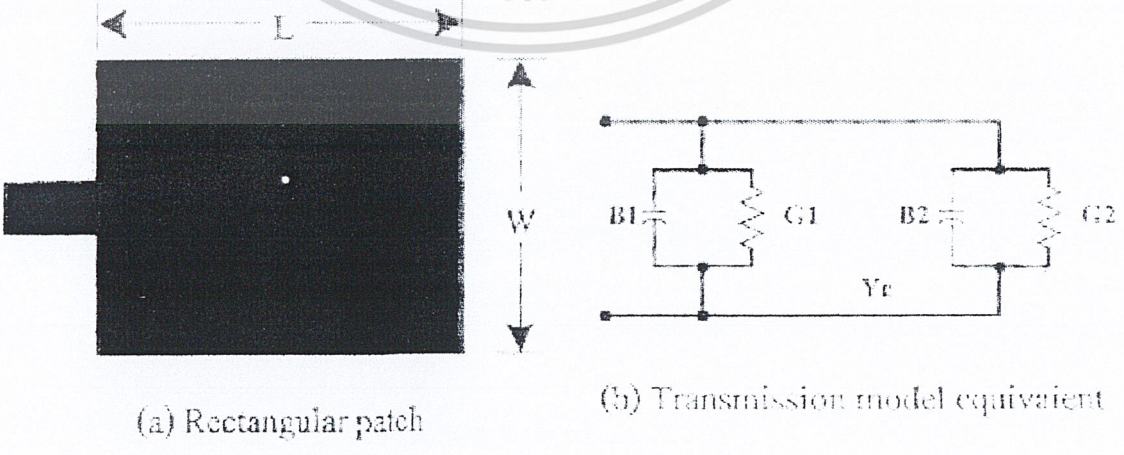
เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ ความถี่ในการทำงานมีค่าสูงขึ้น สนามไฟฟ้าส่วนใหญ่จะรวมกันอยู่ภายในวัสดุฐานรอง ดังนั้น สายส่งสัญญาณแบบ ไมโครสตริปจะมีพฤติกรรมคล้ายกับสายส่งสัญญาณที่อยู่ในวัสดุฐานรองเดียวกันการเปลี่ยนแปลงของความถี่ที่มีผลต่อค่าคงที่ไดอิเล็กตริกประสิทธิผลบนวัสดุฐานรองที่แตกต่างกัน 3 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 2-8



รูปที่ 2-8 การเปลี่ยนแปลงของค่าคงที่ไดอิเล็กตริกประสิทธิผลต่อความถี่

2.9.1.2 ค่าความนำ



รูปที่ 2-9 สายอากาศไมโครสตริปรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและวงจรเทียบเท่าของแบบจำลองสายส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร่องสำหรับแพร่กระจายคลื่นแต่ละร่องถูกแทนด้วยค่าแอดมิตแตนซ์สมมูลย์ Y แบบ ขนาน (ซึ่งประกอบด้วยค่าความนำ G และ ค่าซัสเซปแตนซ์ B) ซึ่ง แสดงไว้ในรูปที่ 15 แต่ละร่อง ให้ชื่อเป็น #1 และ #2 ค่าแอดมิตแตนซ์ สมมูลย์ของร่องที่ #1 ซึ่ง สมมติให้มีความกว้างเป็นอนันต์ และสม่ำเสมอ จะได้ว่า

$$Y_1 = G_1 + jB_1 \qquad (2.81)$$

สำหรับรองที่มีความกว้าง W จะได้ว่า

$$G_1 = \frac{W}{120\lambda_o}\left[1-\frac{(k_o h)^2}{24}\right] \quad \text{เมื่อ} \quad \frac{h}{\lambda_o} < \frac{1}{10} \qquad (2.82)$$

$$B_1 = \frac{W}{120\lambda_o}\left[1-0.636\ln(k_o h)\right] \quad \text{เมื่อ} \quad \frac{h}{\lambda_o} < \frac{1}{10} \qquad (2.83)$$

ดังนั้นร่องที่ #2 ก็มีค่าเหมือนกับร่องที่ #1 แอดมิตแตนซ์สมมูลย์ จะมีค่าเป็น

$$Y_1 = Y_2, \; G_1 = G_2, \; B_2 = B_1 \qquad (2.84)$$

ค่าความนำของร่องเพียงร่องเดียวสามารถหาได้โดยอาศัยแบบจำลองโพรงได้ด้วยซึ่งโดยทั่วไปแล้วค่าความนำถูกนิยามเป็น

$$G_1 = \frac{2P_{rad}}{|V_o|^2} \qquad (2.85)$$

เมื่ออาศัยสนามไฟฟ้า กำลังงานที่แพร่กระจายออกมาสามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_{rad} = \frac{|V_o|^2}{2\pi\eta_0}\int_0^{\pi}\left[\frac{\sin\left(\frac{(k_0 h)}{2}\cos\theta\right)}{\cos\theta}\right]^2 \sin^3\theta\, d\theta \qquad (2.86)$$

ดังนั้น ค่าความนำในสมการ (2.87) สามารถเขียนได้เป็น

$$G_1 = \frac{I_1}{120\pi^2} \qquad (2.87)$$

โดยที่

$$I_1 = \int_0^{\pi}\left[\frac{\sin\left(\frac{(k_o h)}{2}\cos\theta\right)}{\cos\theta}\right]^2 \sin^3\theta\, d\theta$$

$$= -2 + \cos(X) + XS_1(X) + \frac{\sin(X)}{X} \qquad (2.88)$$

$$X = k_o W \qquad (2.89)$$

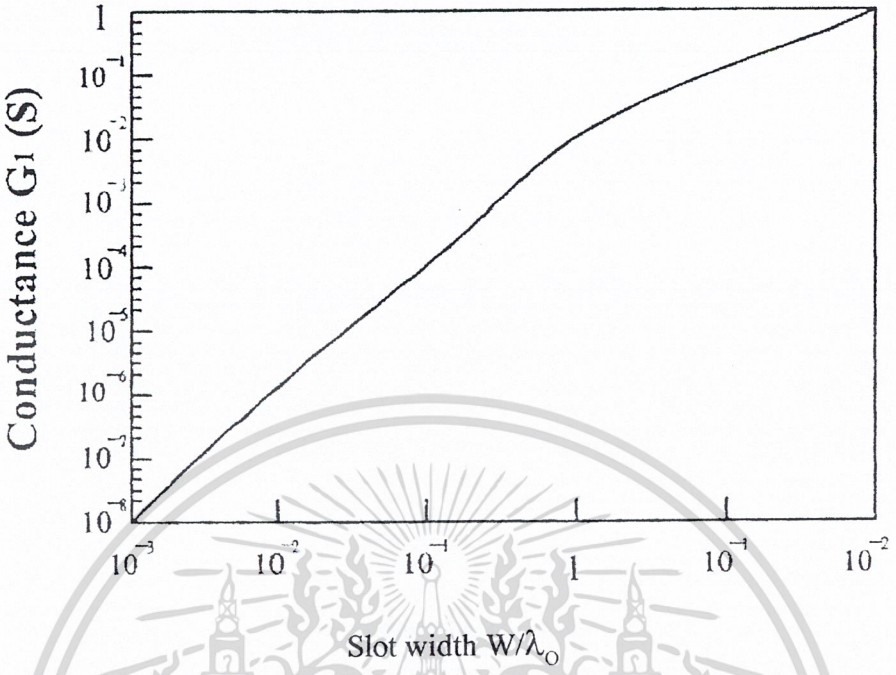
ค่าของสมการในลักษณะที่ไม่สมมาตร คือ

$$G_1 = \frac{1}{90}\left(\frac{W}{\lambda_0}\right)^2 \qquad W << \lambda_0 \qquad (2.90)$$

$$G_1 = \frac{1}{120}\left(\frac{W}{\lambda_0}\right)^2 \qquad W >> \lambda_0 \qquad (2.91)$$

ค่าของสมการ (2.91) เป็นค่าอุดมคติซึ่งกำหนดโดยสมการ (2.82) กราฟ (graph) ของค่า G ซึ่งเป็นฟังก์ชันของ W/λ_0 แสดงในรูปที่ 2-10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-10 ค่าความนำของร่องซึ่งเป็นฟังก์ชันของความกว้างของร่อง

2.9.1.3 ความต้านทานด้านเข้าที่จุดเรโซแนนซ์

ค่าแอดมิตแตนซ์รวมของร่องที่ #1 (แอดมิตแตนซ์ด้านเข้า) สามารถหาได้โดยการแปลงค่าแอดมิตแตนซ์ของร่อง #2 จากจุดต่อที่ด้านออก (Output) ไปยังจุดต่อที่ด้านเข้าโดยใช้สมการแปลงแอดมิตแตนซ์ของสายส่งสัญญาณ ในอุดมคติร่องทั้ง 2 ระหว่างกันด้วยระยะ $\lambda/2$ โดยที่ λ คือความยาวคลื่นในไดอิเล็กตริกของวัสดุฐานรอง แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจาก ผลของฟริงกิงความยาวทางไฟฟ้าของแพ็ตช์จะยาวกว่าความยาวจริงของแพ็ตช์ ดังนั้น ร่องทั้งสองจะวางอยู่ห่างกันน้อยกว่า $\lambda/2$ ดังนั้น การแปลงแอดมิตแตนซ์ของร่องที่ #2 จะได้

$$\tilde{Y}_2 = \tilde{G}_2 + j\tilde{B}_2 = G_1 - jB_1 \qquad (2.92)$$

หรือ

$$\tilde{G}_2 = G_1 \qquad (2.92a)$$

$$\tilde{B}_2 = -B_1 \qquad (2.92b)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น แอดมิตแตนซ์ด้านเข้ารวมที่จุดเรโซแนนซ์ จะเป็นค่าจำนวณจริง ซึ่งกำหนดโดย

$$Y_{in} = Y_1 + \tilde{Y}_2 = 2G_1 \qquad (2.93)$$

ดังนั้น แอดมิดแตนซ์ด้านเข้ารวม จะมีค่าเป็นจำนวนจริง และ อิมพีแดนซ์ด้านเข้าที่จุดเรโซแนนซ์ จะเป็นจำนวนจริงด้วย

$$Z_{in} = \frac{1}{Y_{in}} = R_{in} = \frac{1}{2G_1} \qquad (2.94)$$

ความต้านทานด้านเข้าที่จุดเรโซแนนซ์ ดังสมการ (2.94) นั้นไม่ได้คำนึงถึงผลของปรากฏการณ์เชื่อมต่อร่วม (Mutual Coupling) ระหว่างร่องทั้ง 2 ซึ่ง เมื่อรวมผลของปรากฏการณ์เชื่อมต่อร่วมแล้วสมการ (2.88) จะกลายเป็น

$$R_{in} = \frac{1}{2\left(G_1 \pm G_2\right)} \qquad (2.95)$$

โดยเครื่องหมาย (+) แสดงว่าเป็นโหมดคี่ และ เครื่องหมาย (-) แสดงว่าเป็นโหมดคู่ ค่าการเชื่อมต่อร่วม (Mutual) ของค่าความนำถูกนิยามให้อยู่ในเทอมของสนามระยะไกล

$$G_1 = \frac{1}{\left|V_o\right|^2} \mathrm{Re} \iint_s E_1 \times H_2^* \, ds \qquad (2.96a)$$

โดยที่ E_1 เป็นสนามไฟฟ้าที่แพร่กระจายโดยร่องที่ #1

H_2 เป็นสนามแม่เหล็กที่แพร่กระจายโดยร่องที่ #2

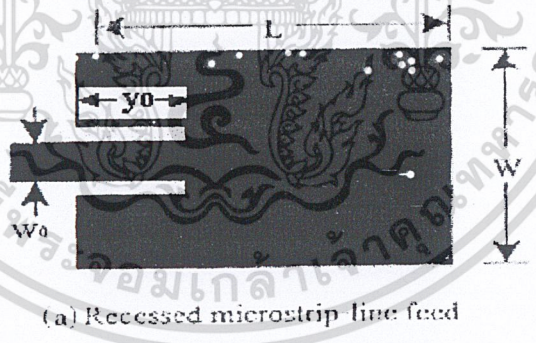
V_O เป็นแรงดันระหว่างร่อง และ การอินทิกรัลจะเป็นการอินทิกรัลทรงกลม ที่มีรัศมีใหญ่มาก ค่า G_{12} นี้จึงสามารถคำนวณได้จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$G_{12} = \frac{1}{120\pi^2}\int_0^{\pi}\left[\frac{\sin\left(\frac{(k_o h)}{2}\cos\theta\right)}{\cos\theta}\right]^2 J_0\left(k_0 L\sin\theta\right)\sin^3\theta\, d\theta \qquad (2.96b)$$

โดยที่ J_O คือ เบสเซล ฟังก์ชัน (Bessel Function) ประเภทที่หนึ่งอันดับที่ศูนย์ (First Kind of Order zero) ปกติแล้วสำหรับสายอากาศไมโครสตริป ค่าเชื่อมต่อร่วมของค่าความนำสามารถหาได้โดยใช้สมการ (2.96b) จะมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับค่าความนำของตัวมันเอง (Self Conductance G_1) ของสมการ (2.96b) หรือ (2.87)

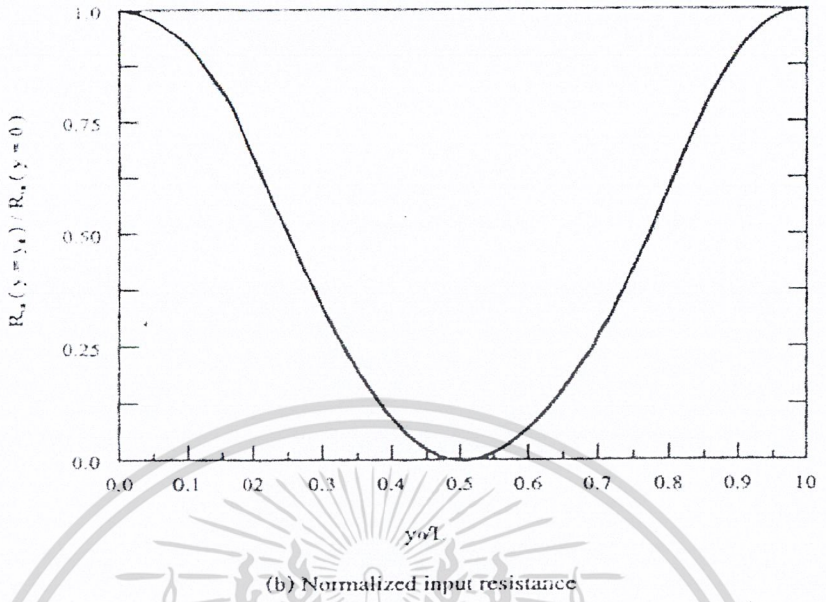
ดังแสดงในสมการ (2.96b) และ (2.95) ความต้านทานอินพุตจะไม่ขึ้นอยู่กับความสูง (h) ของวัสดุฐานรอง ซึ่งในความเป็นจริงแล้วค่า h นี้จะมีค่าน้อยมาก ดังนั้น $k_o h << 1$ ความต้านทานอินพุทจึงไม่ขึ้นอยู่กับ h ดังนั้นความต้านทาน อินพุตสามารถทำให้ลดลงได้โดยการเพิ่มความกว้าง W ของแพ็ตช์ซึ่งค่าอัตราส่วน W/L ต้องมีค่าไม่เกิน 2 เนื่องจากประสิทธิภาพของช่องเปิด ของแพ็ตช์เดี่ยวจะเริ่มลดลงเมื่อค่า W/L นี้มากกว่า 2



(a) Recessed microstrip line feed

รูปที่ 2-11 ตำแหน่งการป้อนสัญญาณของตัวสายอากาศไมโครสติป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(b) Normalized input resistance

รูปที่ 2-12 ตำแหน่งการป้อนสัญญาณและการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานด้านเข้า

ความต้านทานด้านเข้า ที่จุดเรโซแนนซ์ คำนวณได้ด้วยสมการ (2.95) แต่ค่าความต้านทานอินพุทนี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยอาศัยการป้อนเข้าไปภายใน แพ็ตช์ ด้วยระยะทาง y_o จากร่องที่ #1 ดังแสดงในรูปที่ 2-12 วิธีการนี้สามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อทำการะเมตช์ด้วยอากาศไมโครสติป โดยใช้สายป้อนสัญญาณแบบไมโครสติป โดยอิมพีแดนซ์คุณลักษณะ กำหนดได้จาก

$$Z_c = \frac{60}{\sqrt{\varepsilon_{reff}}} \ln\left\{\frac{8h}{W_0} + \frac{W_0}{4h}\right\} \quad \text{เมื่อ} \quad \frac{W_o}{h} \le 1 \qquad (2.97a)$$

$$Z_c = \frac{120\pi}{\sqrt{\varepsilon_{reff}}\left\{\frac{W_o}{h} + 1.393 + 0.667 \ln\left[\frac{W_o}{h} + 1.444\right]\right\}} \quad \text{เมื่อ} \quad \frac{W_o}{h} > 1 \qquad (2.97b)$$

โดย W_O คือ ความกว้างของสายป้อนสัญญาณแบบไมโครสติป ดังแสดงใน รูปที่ (2-11) อาศัยการวิเคราะห์โดย Modal – expansion ความต้านทานด้านเข้าที่จุดป้อนเข้าแพ็ตช์นั้นสามประมาณได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_{in}\left(y=y_0\right)=\frac{1}{2(G_1\pm G_2)}\left[\cos^2\left(\frac{\pi y_0}{L}\right)+\frac{G_1^2+B_1^2}{Y_c^2}\sin^2\left(\frac{\pi y_0}{L}\right)-\frac{B_1}{Y_c}\sin\left(\frac{2\pi y_0}{L}\right)\right]$$

.....(2.98)

โดยที่ $Y_C = 1/Z_C$ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว $G_1/ Y_C << 1$ และ $B_1/ Y_C << 1$ ดังนั้นสมการ (2.92) นี้จะลดลงเหลือ

$$R_{in}\left(y=y_o\right) = \frac{1}{2\left(G_1\pm G_2\right)}\cos^2\left(\frac{\pi y_0}{L}\right)$$

$$= R_{in}(y=0)\cos^2\left(\frac{\pi y_0}{L}\right) \qquad (2.98\ a)$$

กราฟของค่าตามสมการ (2.98a) ที่ Normalized แล้ว แสดงดังรูปที่ 2-12

ค่าคงที่ที่ได้จากสมการ(2.98) นี้จะสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จากผลการทดลอง แต่ การป้อนสัญญาณเข้าไปในแพ็ตช์นี้จะทำให้เกิดค่าความจุ ที่จุดต่อ ซึ่ง จะมีผลต่อความถี่เรโซแนนซ์ ซึ่ง ปกติแล้วจะมีการเปลี่ยนแปลงประมาณ 1% จากสมการ (2.98a) และ รูปที่ 2-12 ค่าสูงสุดจะเกิดขึ้นเมื่อป้อนเข้าที่ขอบร่อง ($y_O = 0$) โดยที่แรงดันจะมีค่าสูงสุดและกระแสมีค่าต่ำสุดโดยปกติแล้วจะมีค่าอยู่ในช่วง 130 –300 Ω ค่าต่ำสุด (0) จะปรากฏขึ้นที่ตำแหน่งกึ่งกลางของแพ็ตช์ ($y_O = L/2$) โดยที่แรงดันมีค่า เป็นศูนย์ และ กระแสมีค่ามากที่สุดเมื่อย้ายจุดป้อน จากขอบเข้าไปยังจุดกึ่งกลาง ของแพ็ตช์ อิมพีแดนซ์ด้านเข้าที่จุดเรโซแนนซ์ จะลดลงอย่าง ช้า ๆ และ จะเป็นศูนย์ที่จุดกึ่งกลางแพ็ตช์ แต่เมื่อค่อย ๆ ย้ายจุดป้อนเข้าใกล้กึ่งกลางของแพ็ตช์ ($y_O = L/2$) ฟังก์ชัน $\cos^2(\pi y_O/L)$ จะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

2.10 การออกแบบตัวป้อนสัญญาณ (Feed) และ แผ่นสายอากาศ (Patch)

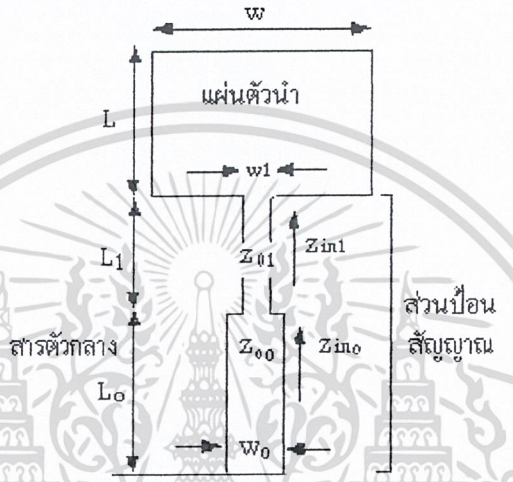
2.10.1 การออกแบบตัวป้อนสัญญาณ (Feed)

เนื่องจากในที่นี้ใช้ตัวป้อนสัญญาณเป็น " สายส่งไมโครสติป " โดยจะมีโครงสร้าง ที่แตกต่างกันในแต่ละตอนโดยจะคำนวณหาแบบสายป้อนสัญญาณแบบสองตอนซึ่งสายส่งแบบสองตอนนี้จะใช้สำหรับรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายส่งไมโครสติปแบบสองตอน

โดยตอนแรกมีความยาวประมาณ $\lambda g / 4$ และ ตอนที่สองมีความยาวประมาณ $\lambda g / 2$ เมื่อ λg คือความยาวของคลื่นที่อยู่ในสารตัวกลาง ดังรูปที่ 2-13 เนื่องจากการทำให้เป็น 2 ตอนเช่นนี้ จะเป็นการปรับค่าอินพีแดนซ์ ให้มีค่าเท่ากับ 50 โอห์ม



รูปที่ 2-13 การป้อนสัญญาณโดยใช้สายส่งไมโครสติปสองตอน

จากรูปที่ 2-13 กำหนดให้ L_1 ยาวเท่ากับ $\lambda g / 4$ และ L_0 ยาวเท่ากับ $\lambda g / 2$ และ จากสมการของสายส่งสัญญาณจะได้ว่า

$$Z_{in} = Z_o \frac{Z_r + jZ_0 \tan(\beta_g L)}{Z_o + jZ_r \tan(\beta_g L)} \qquad (2.99)$$

เนื่องจาก L_1 ยาวเท่ากับ $\lambda g / 4$ และ β_g มีค่าเท่ากับ $2\pi / \lambda g$ ดังนั้น

$$Z_{in0} = Z_{01} \frac{Z_{in1} + jZ_{01} \tan(\pi / 2)}{Z_{o1} + jZ_{in1} \tan(\pi / 2)} \qquad (2.100)$$

และ $\tan(\pi / 2) = \infty$

$$Z_{in0} = \frac{Z_{01}^2}{Z_{in}} \qquad (2.101)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ L_O ยาวเท่ากับ $\lambda g / 2$ และ β_g มีค่าเท่ากับ $2\pi / \lambda g$ จะได้

$$Z_{in} = Z_{O0} \frac{Z_{in0} + jZ_{O0} \tan(\pi)}{Z_{O0} + jZ_{in0} \tan(\pi)} \quad (2.102)$$

และ $\tan(\pi) = 0$

$$Z_{in} = Z_{inO}$$

ดังนั้น เพื่อให้ Z_{in} มีค่าเท่ากับ 50 โอห์ม จึงต้องปรับให้ Z_{in0} เท่ากับ 50 โอห์มด้วย และ เป็นผลให้ค่า Z_{o1} มีค่าเท่ากับ

$$Z_{01} = \sqrt{Z_{in0} \times Z_{in0}} \quad (2.103)$$

และเพื่อให้มีค่า VSWR ที่ดีจะต้องทำให้ Z_{O0} มีค่าเท่ากับ 50 โอห์มด้วย

ดังนั้นจึงเหลือสิ่งที่ต้องการหาก็คือ W1 และ W0 โดยหาจากค่า Z_{oO} และ Z_{o1} สามารถหาได้จาก

ให้ $$A = \left[\frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\varepsilon_r + 1}{2}} + \frac{\varepsilon_r - 1}{\varepsilon_r + 1} \left(0.23 + \frac{0.11}{\varepsilon_r} \right) \right] \quad (2.104)$$

และ $$B = Z_0 \sqrt{\varepsilon_{reff}} \quad (2.105)$$

เมื่อ A มีค่าน้อยกว่า 1.52 และ B มีค่าน้อยกว่า 89.91

$$\frac{W}{h} = \frac{2}{\pi} \left\{ \frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\varepsilon_r}} - 1 - \ln\left(\frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\varepsilon_r}} - 1 \right) + \frac{\varepsilon_r - 1}{2\varepsilon_r} \left[\ln\left[\frac{377\pi}{2Z_0\sqrt{\varepsilon_r}} - 1 \right] + 0.39 - \frac{0.61}{\varepsilon_r} \right] \right\}$$

.....(2.106)

เมื่อ A มีค่ามากกว่า 1.52 และ B มีค่ามากกว่า 89.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{W}{h} = \frac{8\exp\left[\frac{Z_0}{60}\sqrt{\frac{\varepsilon_r+1}{2}}+\frac{\varepsilon_r-1}{\varepsilon_r+1}\left(0.23+\frac{0.11}{\varepsilon_r}\right)\right]}{\exp\left[\frac{Z_0}{30}\sqrt{\frac{\varepsilon_r+1}{2}}+\frac{\varepsilon_r-1}{\varepsilon_r+1}\left(0.23+\frac{0.11}{\varepsilon_r}\right)\right]-2} \qquad (2.107)$$

และเนื่องจากคลื่นที่เดินทางเข้ามายังไมโครสตริปจะมีความยาวคลื่นเท่ากับ

$$\lambda g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\varepsilon_{reff}}}$$

เมื่อ λ_0 คือ ความยาวคลื่นในอากาศ

2.10.2 การออกแบบแผ่นอากาศ (Patch) รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

จะต้องระบุค่าดังนี้คือ

- ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของวัสดุฐานรอง (ε_r)
- ความถี่เรโซแนนซ์ (f_r)
- ความสูงของวัสดุฐานรอง (h)

เพื่อจะหาค่า ความกว้าง (W) และ ความยาว (L) ดังสมการต่อไปนี้

$$W = \frac{\lambda_o}{2}\sqrt{\frac{2}{\varepsilon_r+1}} \qquad (2.108)$$

$$L = \frac{\lambda_o}{2\sqrt{\varepsilon_{reff}}} - 2\Delta L \qquad (2.109)$$

เมื่อ

$$\lambda_o = \frac{c}{f_r} \qquad (2.110)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\varepsilon_{reff} = \frac{\varepsilon_r+1}{2}+\frac{\varepsilon_r-1}{2}\left[\frac{1}{\sqrt{1+\frac{12h}{W}}}+0.04\left(1-\frac{W}{h}^2\right)\right] \quad \text{กรณี} \quad \frac{W}{h}\leq 1 \qquad (2.111)$$

$$\varepsilon_{reff} = \frac{\varepsilon_r+1}{2}+\frac{\varepsilon_r-1}{2}\left[\frac{1}{\sqrt{1+\frac{12h}{W}}}\right] \quad \text{กรณี} \quad \frac{W}{h}>1 \qquad (2.112)$$

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412\left[\frac{\left(\varepsilon_{reff}+0.3\right)\left(\frac{W}{h}+0.264\right)}{\left(\varepsilon_{reff}-0.258\right)\left(\frac{W}{h}+0.8\right)}\right] \qquad (2.113)$$

2.11 โครงสร้างของไมโครสติปที่ใช้แผ่นรองรับแบบ ต่าง ๆ

ไมโครสติปทั่วไปจะมีแผ่นรองรับที่เป็นฉนวนแบบต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2-13 โครงสร้างมีรูปร่างเป็นสติปหรือแถบแคบๆ อยู่บนแผ่นรองรับ (Substrate) เป็นสารที่เป็นฉนวน และ ด้านล่างของแผ่นรองรับเป็นผิวโลหะ พลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะส่งผ่านอยู่ในแผ่นรองรับบริเวณ ที่อยู่ระหว่างแถบโลหะแคบ ๆ กับผิวโลหะด้านล่างความหนาของแผ่นรองรับมี ค่า 2 มิลลิเมตร หรือต่ำกว่าลงมา ความกว้างของสติป ขึ้นอยู่กับค่าอิมพีแดนซ์คุณลักษณะที่ ต้องการความหนาของตัวไมโครสตริปมีค่าประมาณ 5 ไมคอนเมตร หรือ 10 ไมคอนเมตร สำหรับแผ่นรองรับชนิดต่าง ๆ และลักษณะที่สำคัญของแผ่นรองรับได้แก่ ค่าคงตัวสัมพัทธ์ของฉนวน ค่า tanδ ที่ความถี่ 10 กิกะเฮริตซ์ ค่าคงตัวของสารการนำความร้อน (Thermal conductivity) ความขรุขระของผิว และ ความสามารถในการทนต่อแรงดันไฟฟ้า (Dielectric strength) ความหมายของคุณสมบัติที่กล่าวมา คือ ค่าคงตัวสัมพัทธ์ของฉนวนบ่งบอก คุณสมบัติ ของการเป็นฉนวนโดยเทียบกับสุญญากาศ ค่านี้ส่งผลให้อิมพีแดนซ์ลักษณะสมบัติ ของไมโครสตริปเปลี่ยนแปลงค่า tanδ นั้น คือ ค่าที่แสดงอัตราส่วนระหว่างกระแสการนำกับกระแสขับเคลื่อน เมื่อนำสารที่ เป็นฉนวนไปคั่น ระหว่าง แผ่นโลหะคู่หนึ่ง ซึ่ง ทำหน้าที่เป็นคาปาซิเตอร์ เมื่อเขียน $\varepsilon = \varepsilon' - j\sigma/\omega$ ค่า tanδ ก็จะเท่ากับ $\sigma/\omega\varepsilon'$ ค่านี้แสดงให้ทราบว่าสาร ที่ เป็นฉนวนนั้นมีการสูญเสีย เนื่องจากการนำกระแสมากน้อยเพียงใด โดยค่าต่ำจะดี ค่าคงตัวของการนำความร้อนนั้นแสดงให้ทราบว่าสารที่ เป็นฉนวนมีความสามารถในการนำความร้อนได้ดี

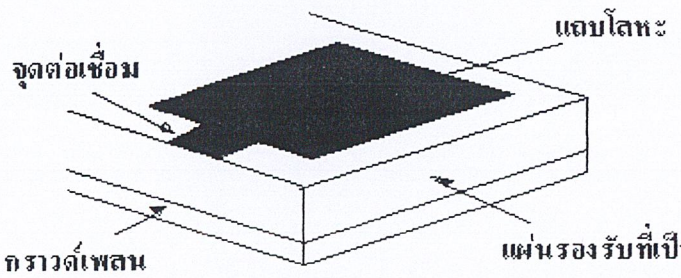
เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปเผยแพร่ ดัดแปลง และใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากน้อยเพียงใด ค่าสูงจะดี ความขรุขระของพื้นผิวจัดว่ามีความสำคัญมาก เพราะว่า ถ้าผิวขรุขระเกินไปจะทำให้การใช้เทคโนโลยี แบบฟิล์มบางทำได้ยาก

เมื่อพิจารณาถึงคุณสมบัติต่างๆ ของแผ่นรองรับ ตามตาราง ที่ 2-1 จะเห็นได้ว่าแผ่นรองรับแบบอลูมิเนียมมีคุณสมบัติดีในหลายๆ ข้อ ถึงแม้จะมีความขรุขระไม่ต่ำมากนัก ดังนั้น อลูมิเนียมจึงเป็นแผ่นรองรับที่ใช้กันมาก

ตารางที่ 2-1 คุณสมบัติของแผ่นรองรับแบบต่าง ๆ

วัสดุ	ค่าคงตัวฉนวนสัมพัทธ์ ε_r	tan σ ที่ความถี่ 10 กิกะเฮริตซ์	ค่าคงตัวของการนำความร้อน วัตต์/ม^2/องศาเซลเซียส	ความขรุขระของผิว (ไมคอนเมตร)	ความสามารถในการทนต่อแรงดันไฟฟ้า (กิโลโวลต์/ซม.)
อลูมินา (alumina) 99.5 %	10	$1 \sim 2 \times 10^{-4}$	0.3	2-8	4×10^3
96 %	9	5×10^{-4}	0.28	20	4×10^3
แซฟไฟร์ (sapphire)	9.4 และ 11.6 (ผลึกเดี่ยว)	1×10^{-4}	0.40	1	4×10^3
แก้ว	5	20×10^{-4}	0.01	1	0
ควอตซ์	3.8	1×10^{-4}	0.01	1	10×10^3
GaAs	13	6×10^{-4}	0.30	1	350



รูปที่ 2-14 สายอากาศไมโครสตริปที่มีแผ่นรองรับที่เป็นฉนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-2 ค่า ε และ σ/ωε ของสารชนิดต่าง ๆ

สาร หรือวัสดุ	ε_r	σ / ωε
Air	1.0005	0
Alcohol,ethyl	25	0.1
Aluminum oxide	8.8	0.0006
Amber	2.7	0.002
Bakelite	4.74	0.022
Barium titanate	1200	0.013
Carbon dioxide	1.001	0
Ferrite (NiZn)	12.4	0.00025
Germanium	16	0
Glass	4-7	0.002
Ice	4.2	0.05
Mica	5.4	0.0006
Neoprene	6.6	0.011
Nylon	3.5	0.02
Peper	3	0.008
Plexiglas	3.45	0.03
Polyethylene	2.26	0.0002
PolyPropylene	2.25	0.0003
Polystyrene	2.56	0.00005
Porcelain (dry process)	6	0.014
Pyranol	4.4	0.0005
Pyrex glass	4	0.0006
Quartz (Fused)	3.8	0.00075
Rubber	2.5-3	0.002
Silica or SiO2 (Fused)	3.8	0.00075

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2-2 (ต่อ) ค่า ε และ σ/ωε ของสารชนิดต่าง ๆ

สาร หรือวัสดุ	ε_r	$\sigma / \omega\varepsilon$
Silicon	11.8	0
Snow	3.3	0.05
Sodium chloride	5.9	0.0001
Soil (dry)	2.8	0.05
Steatite	5.8	0.003
Styrofoam	1.03	0.0001
Teflon	2.1	0.0003
Titanium dioxide	100	0.0015
Water (distilled)	80	0.04
Water (sea)	0	4
Water (dehydrated)	1	0
Wood (dry)	1.5-4	0.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมและการออกแบบคำนวณ

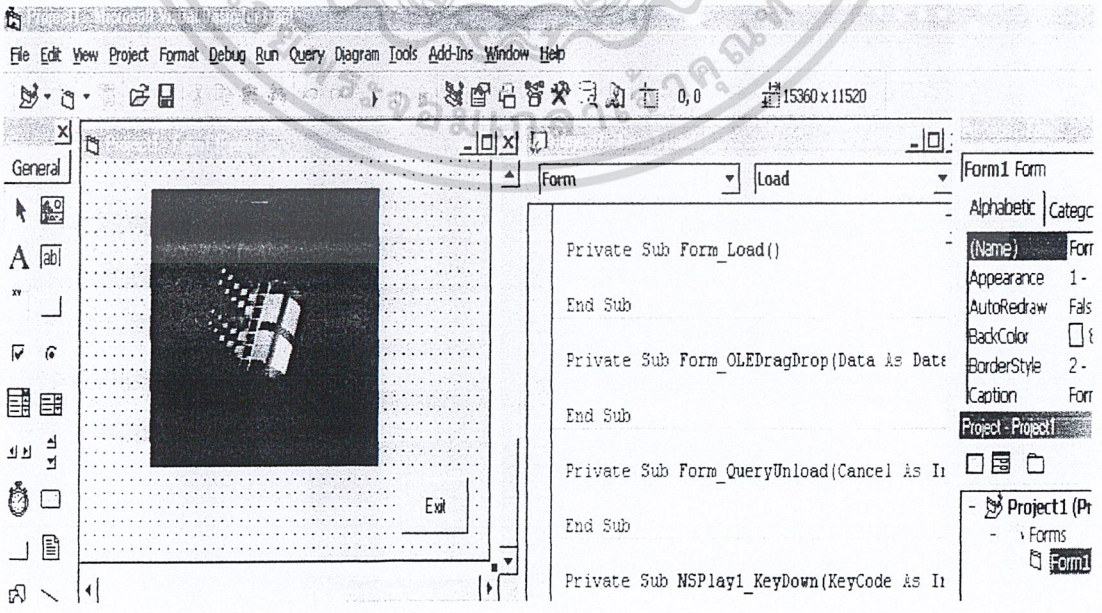
3.1 หลักการ VB6 (Visual Basic 6.0)

โปรแกรม Visual Basic มีจุดเด่นที่แตกต่างจากเครื่องมือชุดอื่นๆ คือ ความเรียบง่ายในการพัฒนาแอพพลิเคชั่น ทำให้ลดเวลาในการพัฒนาแอพพลิเคชั่นลงมาก ซึ่งเป็นผลมาจาก Visual basic สนับสนุนการพัฒนาแอปพลิเคชั่น แบบ Component ซึ่ง ก็ คือ การนำส่วนประกอบ (Component) ด้านซอฟต์แวร์ ที่ได้สร้าง และ ทดสอบเป็นอย่างดีแล้วนำมาประกอบกัน แล้วเขียนคำสั่งกำกับการทำงานให้เป็นแอพพลิเคชั่นที่ทำงานได้จริง

สิ่งที่โดดเด่นอื่นๆ นอกจากความเรียบง่ายแล้วก็จะเห็น ได้แก่ ความสามารถในการ ใช้งานและสร้างแอพพลิเคชั่นสำหรับฐานข้อมูล ซึ่ง Visual basic สนับสนุนการใช้งานกับระบบจัดฐานข้อมูลได้ (DBMS) หลากหลาย

3.2 สภาพแวดล้อมการทำงาน

ลักษณะการทำงานของ Visual basic จะทำงานในลักษณะ IDE (Integrated Development Environment) คือ รวมเครื่องไม้, ข้อมูลที่ใช้งานต่างๆ ไว้ในหน้าจอเดียว ทำให้เรียกใช้งานได้ง่าย

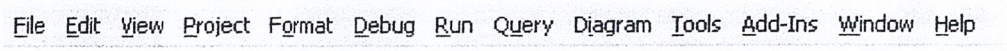


รูปที่ 3-1 ลักษณะการทำงานของ Visual Basic 6.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 Menu bar

เมนูบาร์เป็นส่วนที่รับคำสั่งในเมนู และ เมื่อเราทำการสร้างแอพพลิเคชั่นด้วย Visual Basic เป็นเหมือศูนย์กลางที่ควบคุมการสร้างแอพพลิเคชั่น



รูปที่ 3-2 ลักษณะของแทบ เมนูบาร์

3.2.2 Tool bar

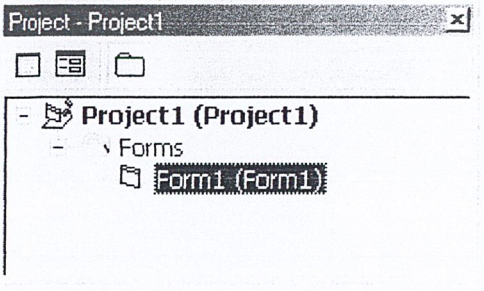
ในการใช้ เมนูบาร์สั่งงานอาจจะมีขั้นตอน ที่ ยุ่งยาก เพื่อลดขั้นตอนลงเราจะคลิกที่ ทูลบาร์ เพียงครั้งเดียวก็สามารถสั่งงานที่เราต้องการได้ (เป็นเหมือนคีย์ลัดในการทำงาน)



รูปที่ 3-3 ลักษณะของทูลบาร์

3.2.3 Project windows

เป็นเครื่องมือ ที่ใช้ควบคุม การทำงานของ Project เพราะ Visual basic เองสนับสนุนการสร้างแอพพลิเคชั่นได้หลายแบบ

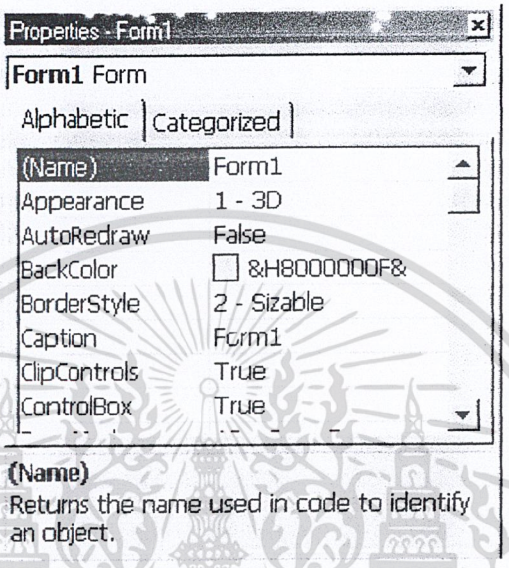


รูปที่ 3-4 ลักษณะของ Project windows

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 Properties windows

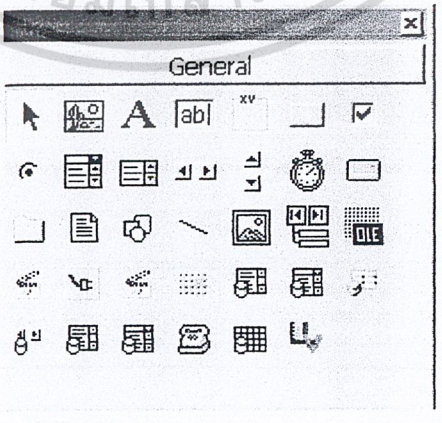
เป็นส่วนที่กำหนดพรอพเพอร์ตี้ให้กับ Object ต่าง ๆ ในแอพพลิเคชั่น



รูปที่ 3-5 ลักษณะของ Properties windows

3.2.5 Tool box

เป็นเครื่องมือที่ใช้ สร้างแอพพลิเคชั่นในรูป แบบ ต่างๆ สามารถดึงเครื่องมือออกมาใช้ได้โดยการใช้เมาส์ลากมาวาง



รูปที่ 3-6 ลักษณะของเครื่องมือที่นำมาสร้างแอพพลิเคชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 หลักการในการสร้างแอพพลิเคชั่นด้วย VB6

การพัฒนาแอพพลิเคชั่นใน VB5 จะไม่เหมือนกับ การเขียนโปรแกรมที่เราเคยเขียนมาก่อนในภาษาโปรแกรมแบบอื่น ๆ บน Dos ที่โปรแกรมจะทำงานตั้งแต่คำสั่งแรกจนถึงคำสั่งสุดท้าย ซึ่งอาจจะมีทางเลือกการทำซ้ำ หรือการเรียกโปรแกรมย่อยมาทำงาน

โน VB6 จะเป็นการเขียนโปรแกรม แบบ Even-driven การเขียนโปรแกรม แบบนี้เป็นการเขียนโปรแกรมที่ต้องตอบสนองต่อเหตุการณ์ (Even, ต่อไปเราจะขอให้คำว่าอีเว็นต์แทนเหตุการณ์) ที่ เกิดขึ้นมาเป็นเหตุการณ์ ๆ ไป ในอีเวนต์ (Even) เช่น กรอบข้อความ สำหรับป้อนข้อความได้ (คอนโทรลเท็กซ์บ็อกซ์) เมื่อผู้ใช้ได้ใส่ข้อความลงไป จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเหตุการณ์ (อี-เว็นต์) ของเท็กซ์บ็อกซ์ ที่ชื่อ ว่า Change ซึ่ง เราสามารถเขียนคำสั่ง โปรแกรมไปตอบสนองการทำงานของอีเว็นต์นั้นได้เป็นต้น

3.3.1 ขั้นตอนในการพัฒนาแอพพลิเคชั่นอย่างง่าย ๆ โดยทั่วไปจะประกอบด้วย 3 ขั้นตอน

- การเขียนรหัสโปรแกรม
- การคอมไพต์โปรแกรม
- การทดสอบโปรแกรม

ใน VB6 มีเครื่องมือที่ช่วยให้การทำการทั้ง 3 ขั้นตอนนั้นอยู่อย่างครบถ้วน เมื่อเราคอมไพต์แอพพลิเคชั่น ที่เราได้เขียนขึ้นมา เมื่อ เกิดข้อผิดพลาดขึ้น ในการคอมไพต์ เราสามารถ แก้ไข คำสั่งโปรแกรม ที่เกิดข้อผิดพลาดได้ทันที และ คอมไพต์ต่อจากเดิมได้โดย ไม่ต้องเริ่มต้นคอมไพต์ใหม่ ทำให้เราสามารถทดสอบการทำงานของแอพพลิเคชั่นได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากเสียเวลาในการคอมไพต์น้อยลง

3.3.2 พื้นฐานความรู้เกี่ยวกับฟอร์ม และคอนโทรล

ในการใช้งาน โปรแกรมต่างๆ บนวินโดวส์เราอาจจะสังเกตเห็น เครื่องมือ ต่าง ๆ มากมาย เช่น เครื่องมือที่ รับข้อความจากผู้ใช้เลือกสิ่งที่ต้องการเป็นต้น เราเรียกว่าเครื่องมือต่าง ๆ เหล่านี้ว่า คอนโทรล (Control)

ส่วนหน้าต่างที่เรากำลังทำงานอยู่ด้วยที่ใช้วางคอนโทรลจากทูลบ็อกซ์เราเรียกว่า “ ฟอร์ม ” ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของ แอพพลิเคชั่น โดยทั่วไปบนวินโดวส์ในโปรเจ็กต์หนึ่งสามารถ มีได้หลายฟอร์ม และ เราสามารถให้โปรแกรมของเราเริ่มจากฟอร์มไหนก็ได้

ฟอร์ม จะเป็นสิ่งที่ใช้ตอบสนองการทำงานกับผู้ใช้โดยผู้ใช้จะทำงานกับคอนโทรลต่าง ๆ ที่วางอยู่บนฟอร์ม การออกแบบ การจัดวางคอนโทรลบนฟอร์ม ที่ดีจะทำให้ โปรแกรม ของเรา ตอบสนองการทำงานได้ดี และสวยงามด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 คุณสมบัติ เมดถอด และอีเว็นต์ (Properties , Method and Even)

- **คุณสมบัติ (Properties)**

เป็นสิ่งที่ใช้บรรยายลักษณะต่างๆ ของคอนโทรล เช่น คุณสมบัติ Text ของคุณสมบัติต่าง ๆ ของคอนโทรล เช่น คุณสมบัติ Text ของคุณสมบัติต่างๆ ของคอนโทรลสามารถใช้งานที่หลายรูปแบบมากขึ้นและลักษณะต่างๆ ก็แปลกตาไม่ซ้ำกัน เช่น คอนโทรลคอมโบบ็อกซ์ที่เปลี่ยนลักษณะของคอนโทรล ได้ถึง 3 แบบ ด้วยคุณสมบัติ Style เป็นต้น

- **เมดถอด (Method)**

เมดถอดเป็นโปรแกรมย่อยประเภทหนึ่ง ซึ่ง เป็นสมาชิกของคอนโทรลนั้นๆ เหมือนกับคุณสมบัติของคอนโทรล เมื่อเรียก ใช้เมดถอดจะเป็นการสั่งให้คอนโทรลทำงานให้ ซึ่ง อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของคอนโทรลนั้นในการเรียกใช้ เมดถอดนี้ จะคล้ายกับการเรียกใช้ด้วยโปรแกรมย่อยต่าง ๆ ที่เราเรียนรู้ในบทที่แล้ว เช่น ต้องมีการส่งค่าพารามิเตอร์ และ การส่งค่ากลับคืนมาเป็นต้น

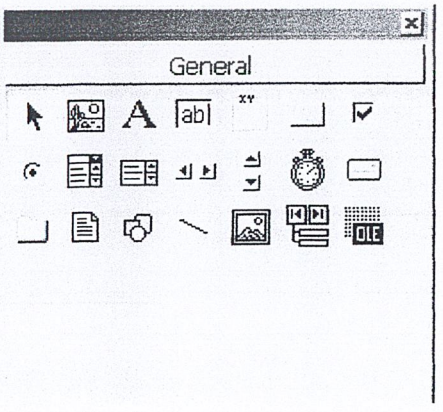
- **อีเว็นต์ (Even)**

อีเว็นต์เป็นการตอบสนองต่อเหตุการณ์ภายนอกของ คอนโทรล เช่น กลุ่มคำสั่งจะมีอีเว็นต์ Click ที่คอยตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่ผู้ใช้งานคลิ้กเมาส์บนปุ่มคำสั่งนั้น เป็นต้น

ใน VB6 อีเว็นต์จะเป็น โปรแกรมย่อย ที่จะทำงานทันทีที่เกิดเหตุการณ์นั้นขึ้นม าบางอีเว็นต์อาจจะมีพารามิเตอร์ส่งเข้ามา เพื่อใช้เป็นข้อมูลบางอย่างที่จำเป็นต่อการเขียนคำสั่งตอบสนองต่อ อีเว็นต์นั้น

3.3.4 แนะนำคอนโทรลของ VB6

ในหนังสือเล่มนี้จะกล่าวถึงคอนโทรลของ VB6 อยู่ 2 แบบ คือ แบบแรกนี้จะ กล่าวถึงคอนโทรลพื้นฐาน และ แบบที่สอง จะกล่าวถึงคอนโทรลที่ซับซ้อนมากขึ้น ดังรูปที่ 3-7



รูปที่ 3 7 คอนโทรลของ VB6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 คอนโทรลพื้นฐานใน VB6

คอนโทรลพื้นฐานใน VB6 จะเป็นคอนโทรลติต่อกับผู้ใช้ในการทำงานพื้นฐานต่าง ๆ เช่น การแสดงข้อความ และ รับข้อความจากผู้ใช้ การแสดงรูปภาพ การแสดงตัวเลือก แก่ ผู้ใช้ เป็นต้น คอนโทรลพื้นฐานต่างๆ ของ VB6 จะมีดังต่อไปนี้

3.4.1 คอนโทรลเบื้องต้น ที่เราควรรู้จักได้แก่

- เท็กซ์บ็อกซ์ (Text Box)
- เลเบล (Label)
- ปุ่มคำสั่ง (Command Button)
- ออบชั่นบัตทอน(Option Button)
- เฟรม (Frame)

3.4.2 รายละเอียดของฟอร์ม เมนู และคอนโทรลพื้นฐานต่างๆ

ในหัวข้อนี้ จะกล่าวถึงฟอร์ม เมนู และคอนโทรลต่างๆ ในรายละเอียด เช่นลักษณะการใช้งาน คุณสมบัติที่จำเป็น การใช้งานเมดถอดและการตอบสนองต่ออีเว็นต์ เป็นต้น

3.5 ฟอร์ม (Form)

ฟอร์ม และเมนูเป็นส่วนประกอบพื้นฐานในการติดต่อกับผู้ใช้ฟอร์ม เป็นพื้นที่ของแอพพลิเคชันของเราที่สามารถแสดงผลการทำงาน รวมทั้งรับอินพุตการทำงานต่าง ๆ จากผู้ใช้ฟอร์มแบ่งต่างลักษณะการใช้งานได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

- MDI Form เป็นฟอร์ม ที่ ใช้ใน แอพพลิเคชั่น ประเภท MDI (Multiple Document Interface) ฟอร์มนี้จะทำหน้าที่เป็นฟอร์มหลักที่บรรจุฟอร์มอื่นๆ ที่เรียกว่า " ฟอร์มลูก " (Child Form) ได้หลายฟอร์ม แอพพลิเคชั่นใช้ MDI Form จะสามารถแสดง หรือ ทำงานกับเอกสาร ได้ครั้งละหลายๆ เอกสาร
- Form แบบธรรมดา เป็นฟอร์มที่ใช้ในแอพพลิเคชั่นโดยใช้แบบ SDI (Single Document Interface) คือ จะมีเอกสารที่สามารถเปิดอยู่ได้เพียงครั้งละหนึ่งเอกสารนั้น

3.6 เมนู (Menu)

เมนูจะแสดงฟังชั่นการทำงานของโปรแกรมที่ให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้งานได้ ตัวอย่าง เมนูของโปรแกรมบางโปรแกรม ดังรูปที่ 3- 8

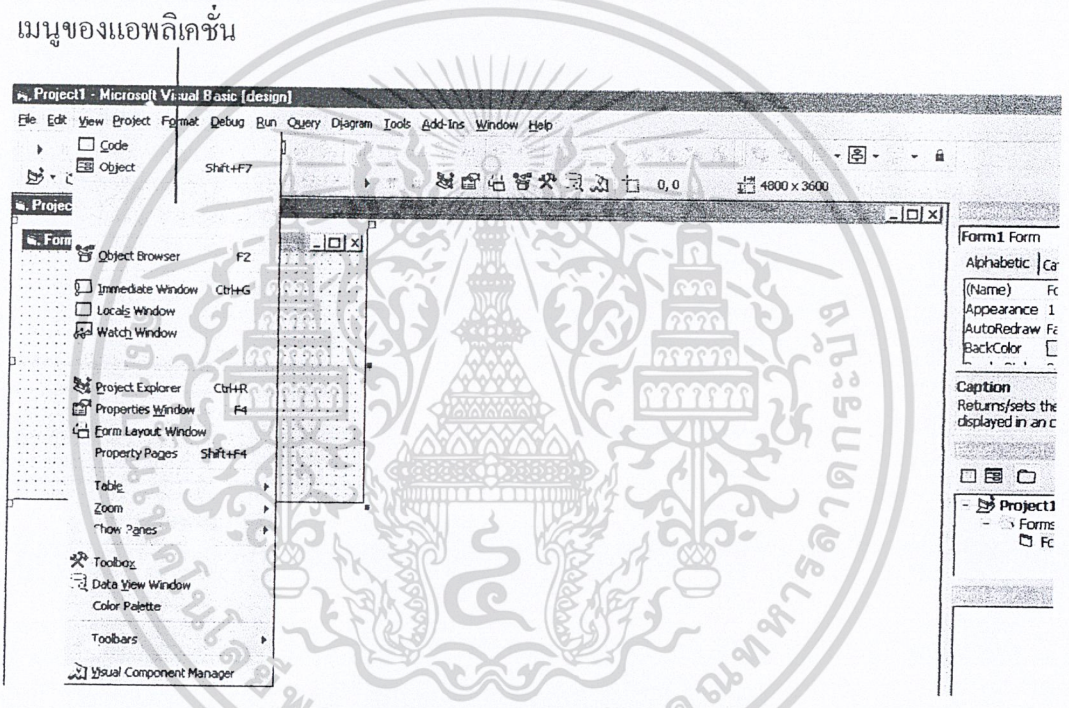
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 เท็กบ็อกซ์ (TextBox)

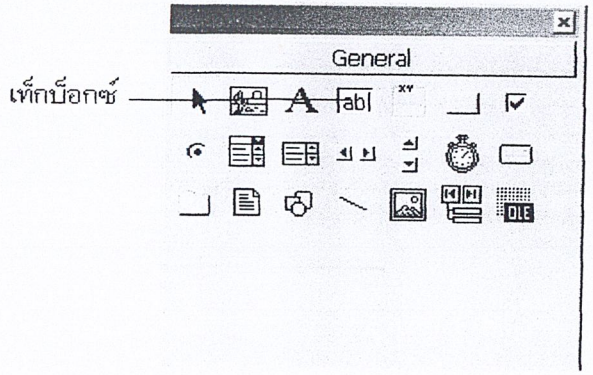
คอนโทรลนี้ปรากฏอยู่บนทูลบ็อกซ์ดังรูปที่ 3-9

เป็นคอนโทรลที่ใช้เพื่อจุดประสงค์ดังต่อไปนี้

- ให้ผู้ใช้สามารถเติม แก้ไขข้อความในเท็กบ็อกซ์นี้ได้โดยผ่านคีย์บอร์ดเข้าสู่โปรแกรม
- แสดงข้อมูลต่าง ๆในโปรแกรมของเราได้
- ใช้ในการสร้างไดอะล็อกซ์บ็อกซ์ให้ใส่รหัสผ่านได้



รูปที่ 3-8 เมนูของแอพพลิเคชั่น

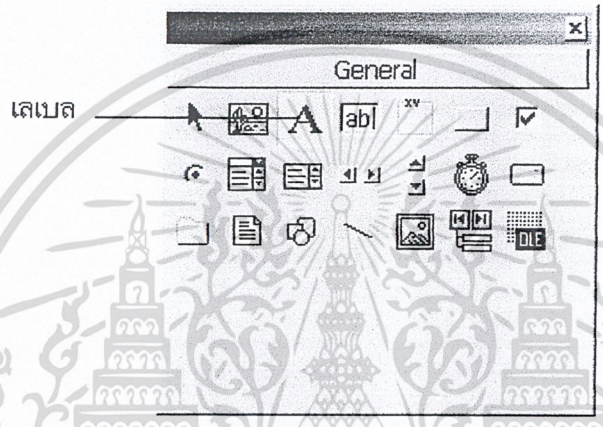


รูปที่ 3-9 ปุ่มเท็กบ็อกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 เลเบล (Label)

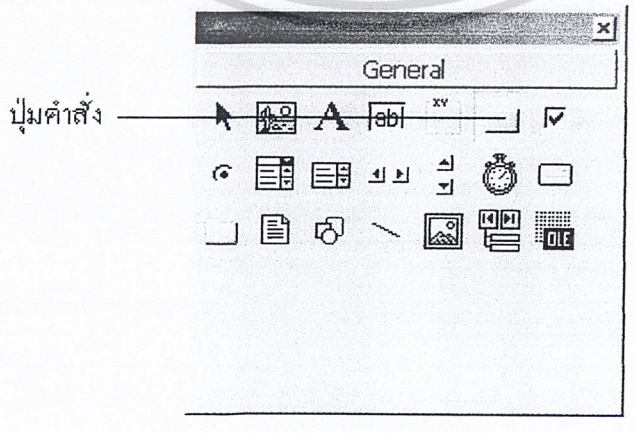
เป็นคอนโทรลที่ใช้ในการแสดงกราฟิกข้อความตาม ที่เราต้องการเพื่อแสดงข้อมูลบางอย่างแก่ผู้ใช้ โดยไม่สามารถให้ผู้ใช้แก้ไขข้อความนั้นได้ในตอนรันโปรแกรมข้อความต่างๆ ในเลเบลนั้นสามารถแก้ไขได้ ในคำสั่งโปรแกรมตอนรัน และ ตอนออกแบบเท่านั้น คอนโทรลนี้จะมีอยู่ บน ทูลบ็อกซ์ ดังแสดงในรูปที่ 3-10



รูปที่ 3-10 ปุ่มคำสั่ง เลเบล

3.9 ปุ่มคำสั่ง (Command Button)

เป็นคอนโทรลที่ใช้ในการทำงานอย่างหนึ่ง ตาม ที่เราต้องการ โดย เราสามารถกำหนด สิ่งที่เรานั้นต้องการให้ทำงานในอีเว็นต์ Click คอนโทรลนี้จะอยู่ในบ็อกซ์ ดังในรูปที่ 3-11

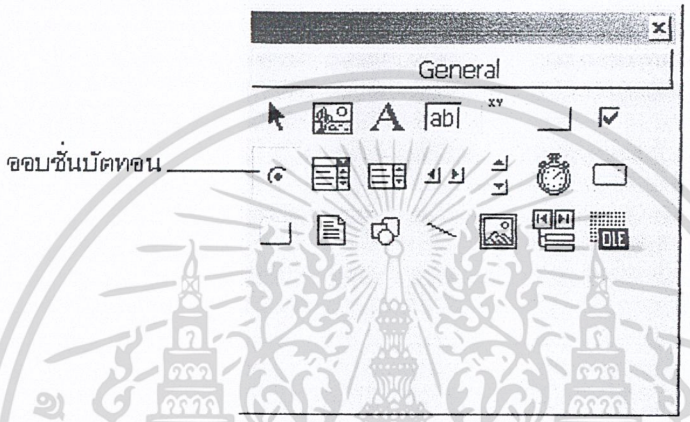


รูปที่ 3-11 ปุ่มคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 ออบชั่นบัตทอน (Option Button)

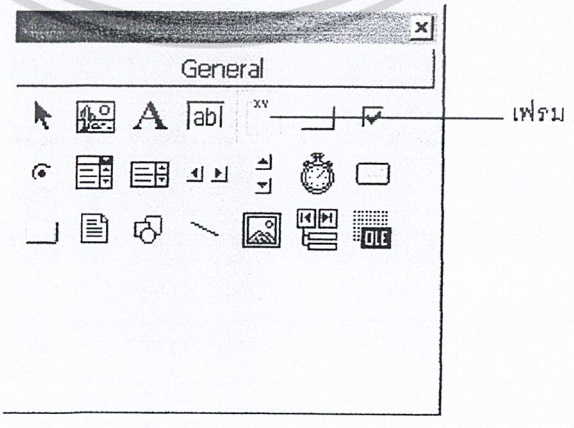
คอนโทรลตัวนี้ใช้เพื่อจุดประสงค์ คือ เป็นตัวเลือกให้แก่ผู้ใช้คอลโทรลนี้จะสามารถเลือกได้ครั้งละหนึ่งตัวเลือกเท่านั้น เราสามารถใช้คอนโทรลเฟรมในการแบ่งกลุ่มของตัวเลือกต่าง ๆ ได้ด้วย ดังรูปที่ 3-12



รูปที่ 3-12 ปุ่มออบชั่นบัตทอน

3.11 เฟรม (Frame)

เป็นคอนโทรลที่มีจุดประสงค์เพื่อ ใช้ในการจัดกลุ่มคอนโทรลที่ต้องใช้ร่วมกัน เพื่อทำงานอย่างเดียวกันไว้ด้วยกัน เช่น ใช้ในการแบ่งกลุ่มออบชั่นบัตทอนออกเป็นพวก ๆ ซึ่งโดยทั่งไปเป็นคอนโทรลที่ช่วยเพิ่มความเรียบร้อย และ ความสวยงามของโปรแกรมเรามากขึ้นคอนโทรลเฟรมจะ แสดงอยู่ในทูลบ็อกซ์ ดังรูปที่ 3-13

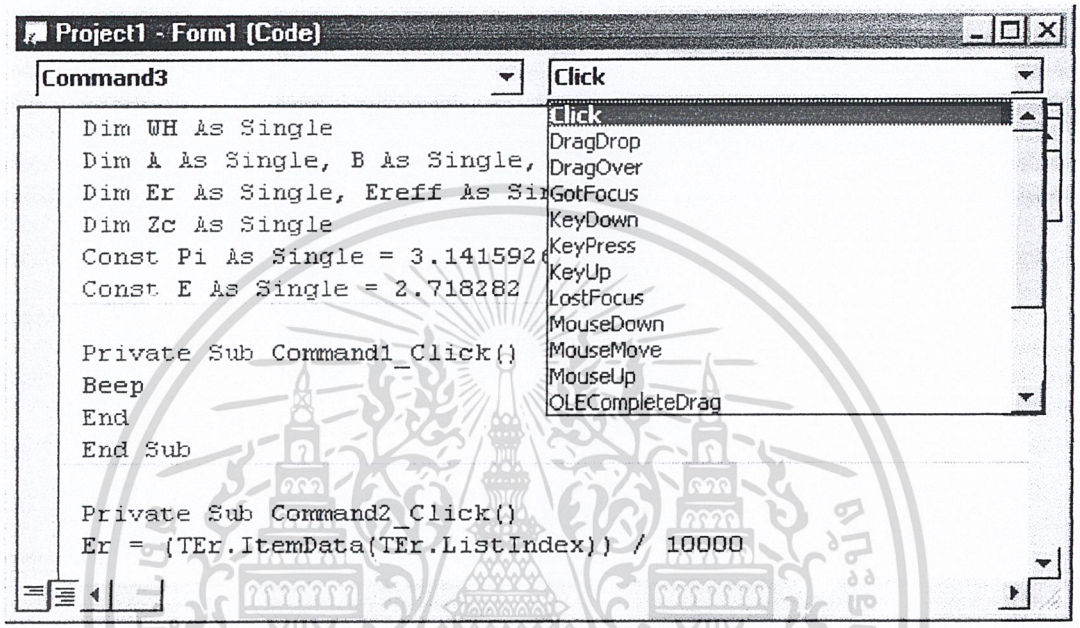


รูปที่ 3-13 ปุ่มเฟรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.12 Code windows

เป็นส่วนที่เราเขียนโปรแกรม (เขียนโค้ด) เพื่อควบคุมการทำงานของ แอพพลิเคชั่น ต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3-14



รูปที่ 3-14 หน้าต่างที่เขียนโปรแกรม

3.13 ชนิดของแอพพลิเคชั่น

- **Standard EXE**

  เป็นแอพพลิเคชั่นทั่วไปที่มีการใช้งานใน Windows เมื่อสร้างแล้วจะได้ไฟล์ที่มีนามสกุล .EXE

- **ActiveX EXE**

  เป็นการสร้างแอพพลิเคชั่นชนิดที่เรียกว่า Out - of - process OLE

- **ActiveX DLL**

  เป็นการสร้างแอพพลิเคชั่นชนิดที่เรียกว่า In – process OLE sever

- **ActiveX Control**

  เป็นการสร้าง ActiveX Control เมื่อสร้างแล้วจะได้ไฟล์นามสกุลเป็น .OCX

- **VB Application Wizard**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการสร้างวิซาร์ดเพื่อใช้งานร่วมกับ แอพพลิเคชั่น ซึ่ง มักจะเป็นแอพพลิเคชั่น และ มีความซับซ้อน จึงต้องมีวิซาร์ดมาช่วยลดความยุ่งยากซับซ้อนในการใช้งาน

- **VB Wizad Manager**

  เป็นเครื่องมือที่ใช้สร้าง Wizard

- **Data Project**

  เป็นการสร้างแอพพลิเคชั่นเพื่อให้ทำงานร่วมกับ Data Object

- **DHTML Application**

  เป็นการสร้าง แอพพลิเคชั่นอินเตอร์เน็ต ในฝั่งไคลเอ็นท์ โดยใช้ความสามารถได้โดยใน Dynamic HTML ซึ่งจะรันบนบราวเซอร์ Internet Explorer

- **IIS Application**

  เป็น การสร้างแอพพลิเคชั่นอินเตอร์เน็ตใน ฝั่งเซอร์เวอร์ โดยใช้ วิธีการใน ความสามารถของอินเตอร์เน็ตเซอร์เวอร์อย่าง IIS

- **Addin**

  เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการสร้าง Add-in

- **ActiveX Document DLL**

  เป็นการสร้างแอพพลิเคชั่นชนิดที่เรียกว่า In-process ActiveX Document

- **ActiveX Document DLL**

  เป็นการสร้างแอพพลิเคชั่นชนิดที่เรียกว่า Out- of - process ActiveX Document

3.14 Properties ของฟอร์มที่สำคัญ

ฟอร์ม(Form) คือ วินโดว์ที่ใช้แสดงผลภายในฟอร์มสามารถมี ActiveX Controlวางอยู่ หรือมี ฟอร์มอื่น ๆอยู่ภายในก็ได้ ฟอร์มถือว่าเป็นออบเจ็กต์ด้วยเพราะฉนั้นสามารถกำหนดพรอพเพอร์ตี้ หรือ เรียกใช้เมธอดของฟอร์มได้

- **Name**

  เป็นชื่อของฟอร์ม ที่ เราจะต้องกำหนดเพื่อ แยกความแตกต่างของ แต่ละฟอร์ม ที่มี การใช้งานขึ้นเพราะ ฉนั้นในแอพพลิเคชั่นเดียวกันจะมีฟอร์มซ้ำกันไม่ได้

- **Caption**

  เป็นข้อความที่ใช้แสดงที่ไตเติ้ลบาร์ของแต่ละฟอร์ม

- **Left, Top, Height, Width**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นพรอพเพอร์ตี้ ที่ แสดงตำแหน่งของฟอร์มโดยระบุ พิกัดมุมซ้ายบน (Left, Top) และกำหนด ความกว้าง และความสูงของฟอร์ม (Width, Height)

3.15 การใช้งาน ActiveX Control

การสร้างแอพพลิเคชั่น ที่ รวดเร็วของ Visual basic เกิดจาก การนำเอา ActiveX Control ต่างๆ มาทำงานร่วมกัน โดยการเขียนโค้ด เพิ่มเพื่อควบคุมให้ Active Control ต่างๆ ทำงานร่วมกันได้อย่างสอดคล้อง และ ถูกต้องตามต้องการ

ในการสร้างแอพพลิเคชั่น มีขั้นตอนดังนี้

- เลือกเมนู New Project Stamdard.EXE
- ดับเบิ้ลคลิกที่ ActiveX Control ภายใน toolbox เพื่อเลือก Action X Control ต้องการอะไร จากนั้น ActiveX Control ที่เลือกจะปรากฏที่กึ่งกลางฟอร์มพอดี
- กำหนดพรอพเพอร์ตี้ให้ ActiveX Control ที่เราเลือกจาก Property window
- ดับเบิ้ลคลิกที่ ActiveX Control เพื่อเข้าสู่ การเขียนโค้ดกำกับ โดยจะเขียน โค้ด ไว้สำหรับแต่ละเหตุการณ์ หรือ อีเวนต์ที่จะเกิดขึ้นกับ ActiveX Control ตัวนั้น ๆ โดย Visual basic จะให้เราเพิ่มเติม และ แก้ไขโค้ดดังกล่าวใน Code windows

3.16 แนวความคิดในการพัฒนาโปรแกรม

ปัจจุบันจะเห็นได้ว่าคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทกับการพัฒนางานด้านต่างๆ ในประเทศมากขึ้นทุกวัน และ จะสังเกตเห็นได้อีกอย่างจาก คอมพิวเตอร์ปัจจุบันนี้ คือ เมื่อทำการ เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ขึ้นมาโดยส่วนใหญ่แล้วจะเข้าสู่ระบบปฏิบัติการที่เรียกว่า Windows ทันที ซึ่งจากจุดนี้เราจึงนำข้อดีของ Visual Basic ที่ใช้เขียนโปรแกรมออกแบบการคำนวณค่าต่าง ๆ สายอากาศแผ่นไมโครสติปนี้ จะเป็นเวอร์ชัน 6.0 แล้วย่อมไม่ใช้ตัวใหม่อย่างแน่นอน แต่จะเข้ามามีบทบาทมากขึ้นทุกวันพร้อม กับ วินโดว์ส

ซึ่งจากการศึกษาทฤษฎีในการคำนวณค่าต่าง ๆ ของสายอากาศแผ่นไมโครสติปสามารถ นำมากำหนดรูปแบบการแสดงผลของโปรแกรม

ในส่วนของการศึกษาคอมไพเลอร์ตัวนี้นั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ

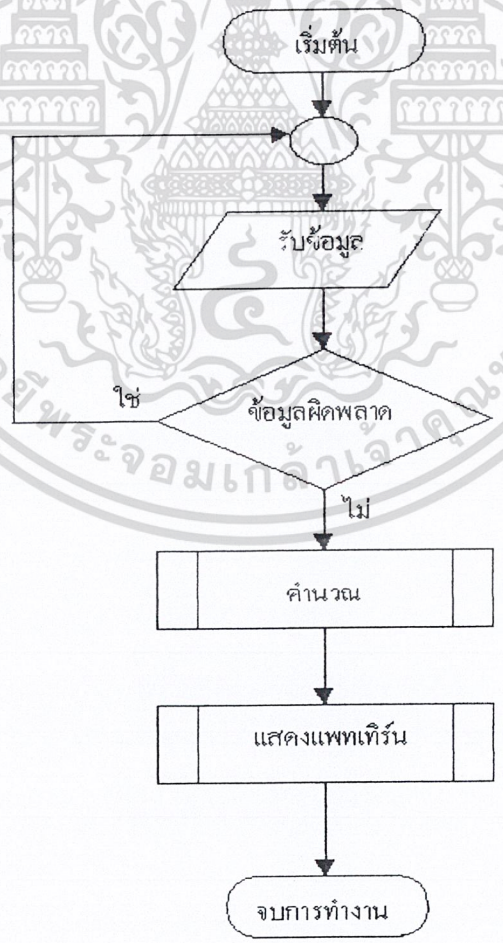
- ส่วนของการออกแบบหน้าจอ เพื่อติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) โดยจากข้อมูลเกี่ยวกับคอมไพเลอร์ตัวนี้นั้นสามารถทำการออกแบบลักษณะหน้าจอต่างๆ เพื่อที่จะสามารถแสดงผลออกมาตามที่เราได้จัดรูปแบบไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่วนของการเขียน Source Code นั้นจะแตกต่างจากคอมไพเลอร์ทั่วไป ที่ แสดงผลบน Dos ซึ่งจะเป็นการเขียนโปรแกรมขึ้นมาเพื่อรับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจากความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งความต้องการนี้ไม่แน่นอนเสมอไป แตกต่างกันไปตามผู้ใช้แต่ละคนจะต้องการ โดยในส่วนนี้ เป็นส่วนที่เขียนขึ้นมาเพื่อให้ โปรแกรมสามารถทำงานได้ตาม ที่ ผู้เขียนโปรแกรม กำหนดไว้ ทั้งการประกาศตัวแปรเพื่อใช้งาน ทั้งการคำนวณต่าง ๆ เป็นต้น

หลังจากผ่านส่วนในการในการคอมไพเลอร์ทั้งสองส่วนแล้วก็ จะเข้าสู่กระบวนการทั่วไปของการเขียนโปรแกรม โดยเมื่อทำการเขียนโปรแกรมเสร็จแล้วจะทำการแปล (Compiler) และ ทำการแสดงผล(Run)เพื่อแสดงการทำงานของโปรแกรมที่สร้าง ซึ่งหากมีข้อผิดพลาดก็จะทำการแสดงข้อความที่ผิดพลาดขึ้นมาทันที โดยจะต้องแก้ไขส่วนที่ผิดนั้นแล้วทำการแสดงผล(Run) อีกครั้ง

สำหรับรูปแบบในการคำนวณค่าต่าง ๆของสายอากาศแผ่นไมโครสตริปสามารถเขียนเป็นแผนผังลักษณะในการที่โปรแกรมทำการแสดงผลออกมาได้ดังนี้



รูปที่ 3-15 แผนผังโฟลว์ชาร์ตในการทำงานของโปรแกรม

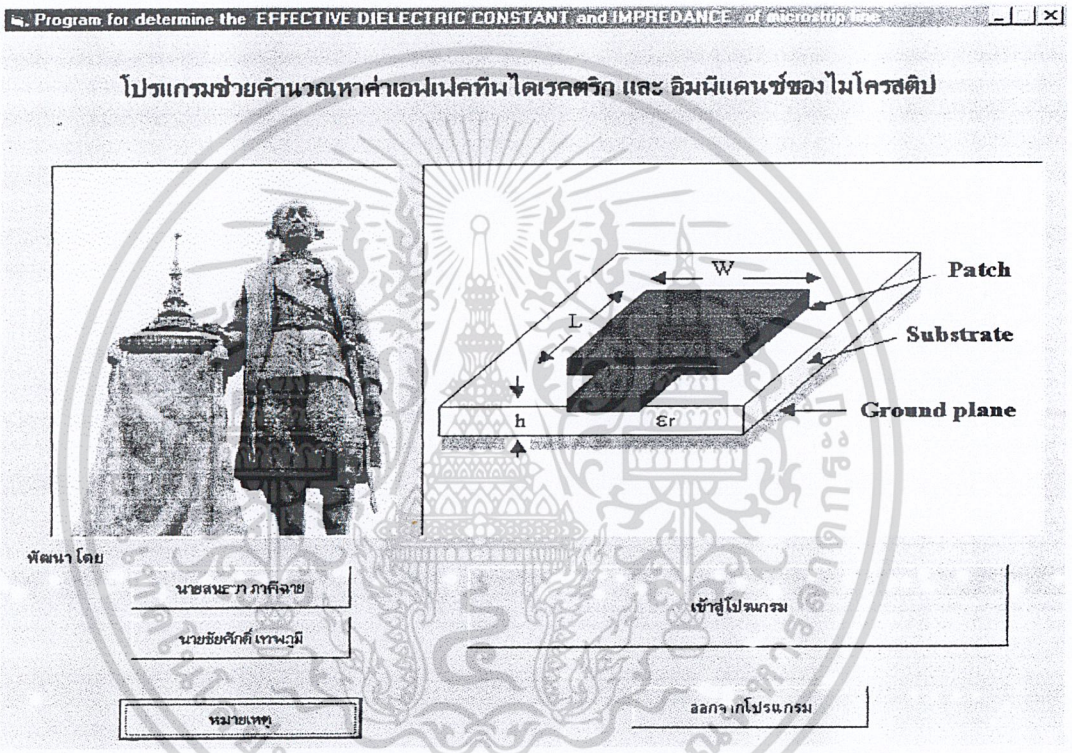
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.17 รูปแบบการพัฒนาสำหรับคำนวณ

ส่วนของโปรแกรมที่สร้างนี้ เราจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

- ส่วนที่ทำการรับค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณในโปรแกรม
- ส่วนของการแสดงผลออกทางจอภาพ

3.17.1 หน้าต่างเข้าสู่เริ่มแรกของโปรแกรมสำหรับคำนวณ



รูปที่ **3-16** หน้าต่างเริ่มแรกเข้าสู่โปรแกรมคำนวณ

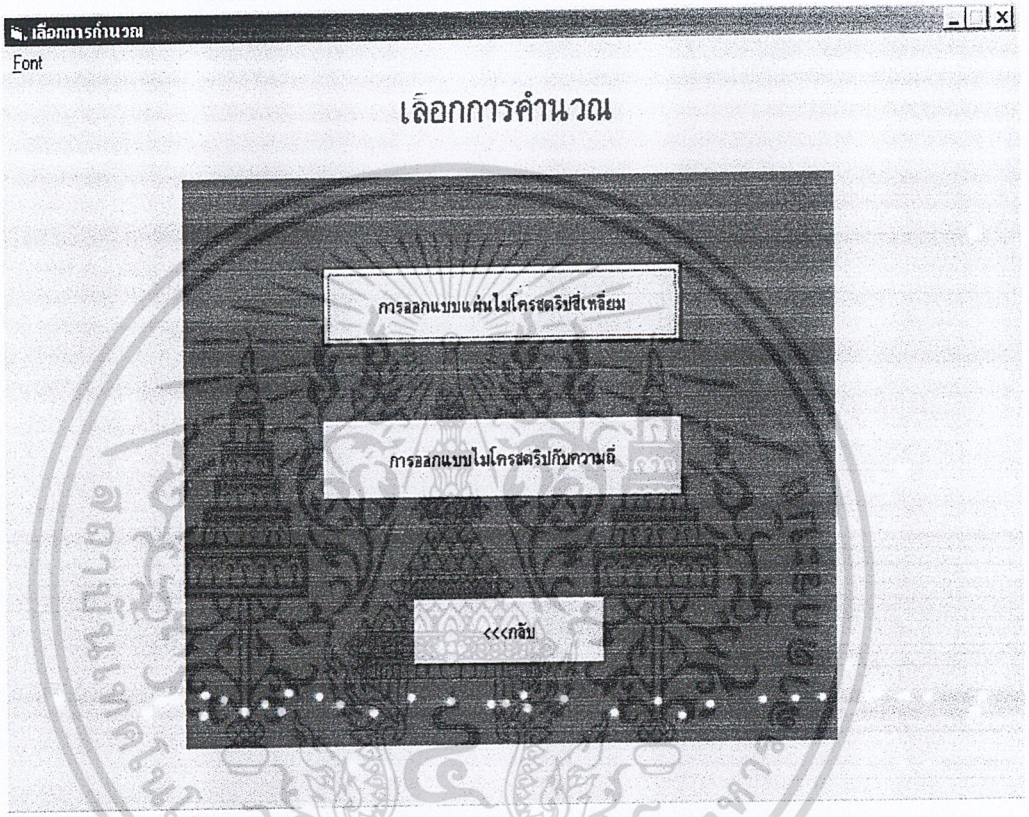
หน้าต่างนี้จะรับค่าต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้เพื่อโปรแกรมจะได้นำค่าต่าง ๆ ที่ป้อนให้นี้ไปทำการประมวณผลตามทางเลือก

1. เข้าสู่โปรแกรม เมื่อผู้ใช้นำเมาส์มาคลิ้กที่ปุ่มนี้จะเป็นการสั่งให้โปรแกรมเข้าสู่ หน้าต่างของ การออกแบบการคำนวณ
2. ส่วนของผู้จัดทำ เมื่อผู้ใช้นำเมาส์มาคลิกที่ปุ่มชื่อนี้ก็จะเป็นการเข้าไปดูถึงประวัติของผู้จัดทำ
3. หมายเหตุ เมื่อผู้ใช้คลิกที่ปุ่ม หมายเหตุ ก็จะเป็นแนวความคิดที่ได้เขียนโปรแกรมนี้ขึ้นมาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ปุ่ม ออก เป็นปุ่มสำหรับการจบการทำงานของโปรแกรมทั้งหมด

3.17.2 หลังเมื่อเข้าสู่ตัวโปนแกรม



รูปที่ 3-17 หน้าต่างเมื่อเข้าสู่ตัวโปรแกรม

หน้าต่างนี้จะทำการแสดงเมื่อเข้าสู่การ เลือกว่าต้องการคำนวณแบบใด เมื่อเข้าหน้าต่างนี้ จะแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ

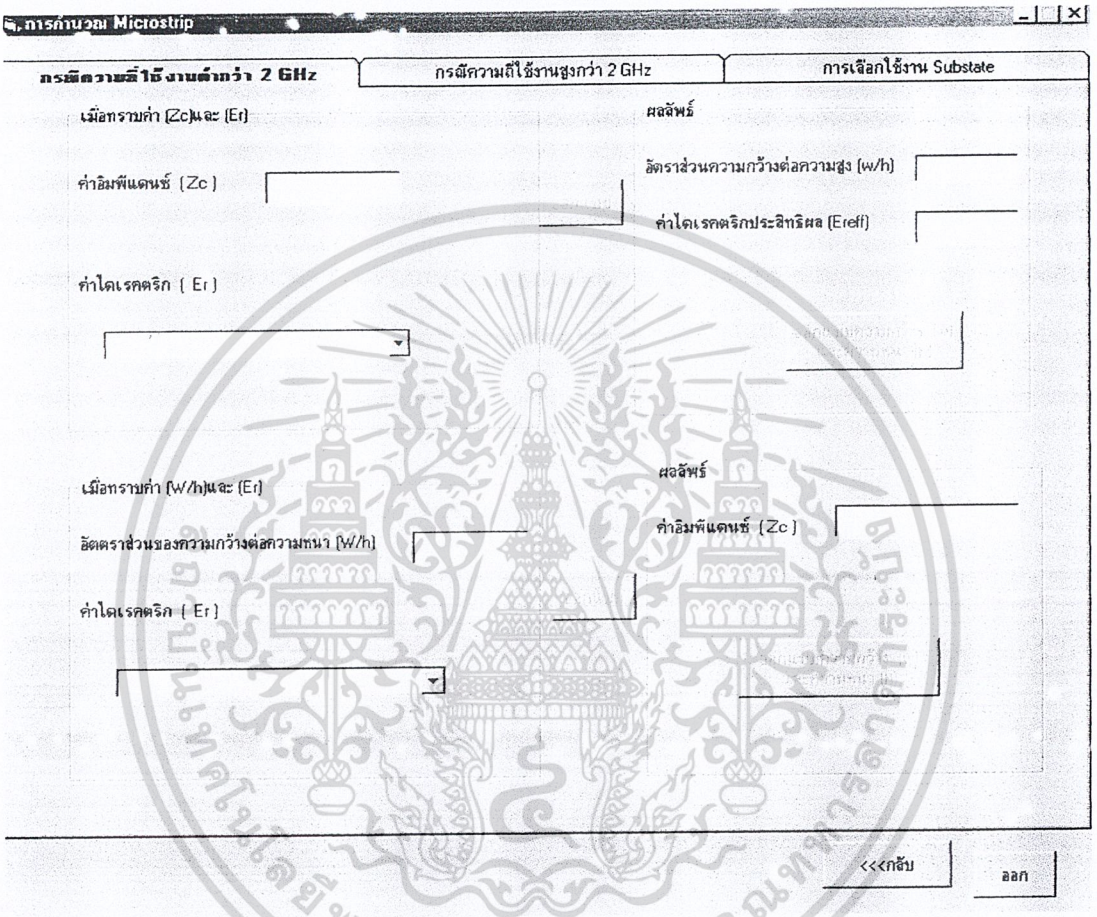
1 . การออกแบบ แผ่นไมโครสติปเมื่อ ใช้เมาส์คลิก ที่ปุ่มนี้ จะเป็นการแสดง การออกแบบแผ่นไมโครสติป

2. เมื่อทำการใช้เมาส์คลิกที่ปุ่มการออกแบบ ไมโครสติปที่ขึ้นอยู่กับความถี่ คือ การออกแบบใช้งานในความถี่ต่ำกว่า 2 GHz และ ความถี่สูงกว่า 2 GHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.17.3 เมื่อทำการคลิกที่ การออกไมโครสติปที่ขึ้นอยู่กับความถี่

เข้าสู่ตัวโปรแกรมในหัวข้อ3.17.2 แล้วก็จะทำการเลือกว่าต้องการจะออกแบบการคำนวณแบบใดแล้วนั้นโปรแกรมจะเข้าสู่หน้าต่างดังแสดงในรูปที่ 3-18



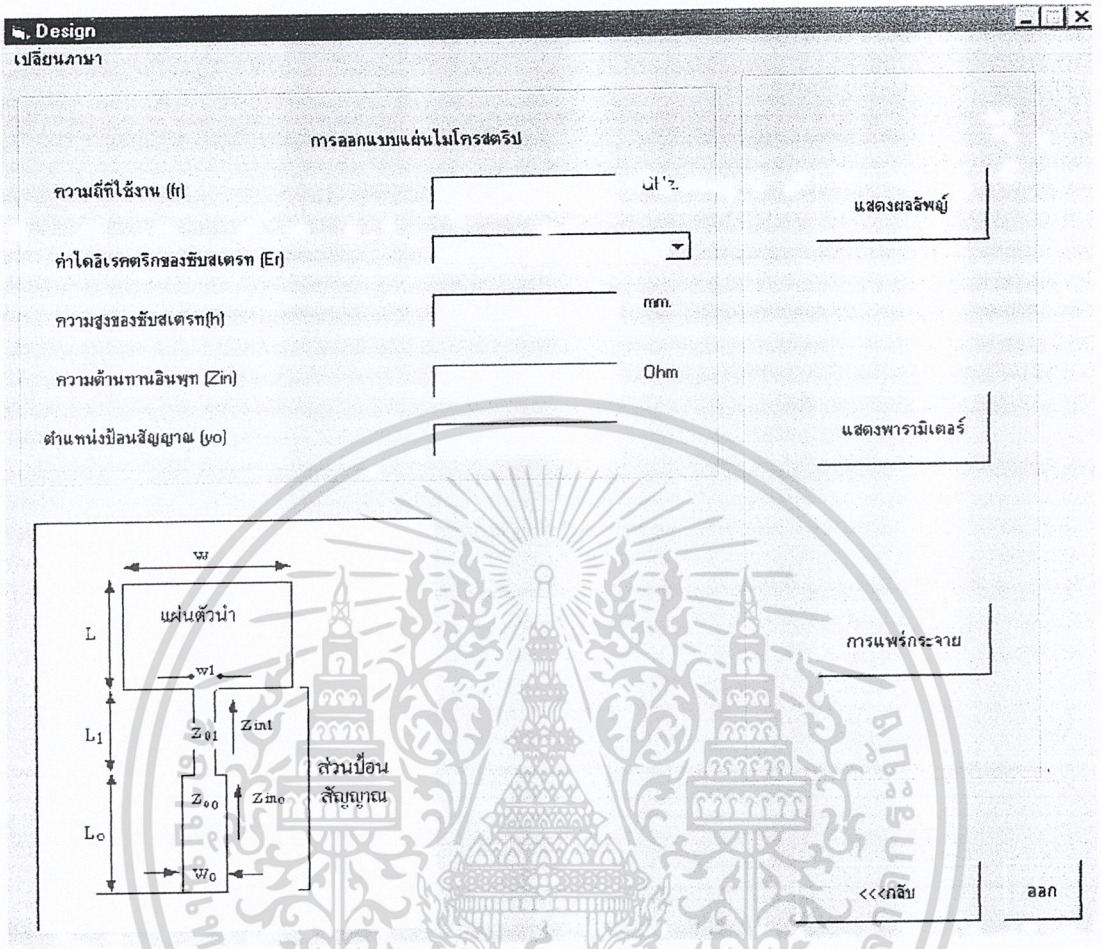
รูปที่ 3-18 หน้าต่างเมื่อเข้าสู่การออกแบบไมโครสติปที่ความถี่ต่ำกว่า 2 GHz และสูงกว่า 2GHz

เมื่อผู้ใช้ ทำการใช้เมาส์คลิกที่ปุ่มของ การออกแบบ ไมโครสติป ที่ ขึ้นอยู่กับ ความถี่ ก็จะเป็นหน้าต่าง ดังแสดงที่ รูปที่ 3-18 นี้ ผู้ใช้ต้องกำหนดค่าป้อนให้กับโปรแกรมนั้นก็จะทำการคำนวณ ให้ทันที

3.17.4 เมื่อผู้ใช้ทำการเลือกการออกแบบแผ่นไมโครสติป

ก็จะแสดงหน้าต่างการทำงานดังแสดงในรูปที่ 3-19 เป็นการคำนวณค่าพารามิเตอร์ แบบต่าง ๆ เมื่อผู้ใช้ทำการ ป้อนค่าลงในส่วนโปรแกรม นั้นก็จะทำการคำนวณค่ามาให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-19 หน้าต่างการคำนวณของแผ่นไมโครสติป

จากรูปเมื่อป้อนค่าที่กำหนดแล้ว ก็จะมีปุ่มแสดง ด้วยกัน 3 ปุ่ม

- ปุ่มแสดงผลลัพท์ เมื่อผู้ใช้นำเมาส์คลิก ที่ปุ่มผลลัพท์นี้ก็จะแสดงการคำนวณขนาดต่าง ๆ ของสายอากาศไมโครสติปให้ทันที
- ปุ่มแสดงพารามิเตอร์ ถ้าใช้เมาส์คลิกที่ปุ่มนี้ ก็จะทำการคำนวณหาค่าไดเรคติวิตี้ของสายอากาศไมโครสติป
- ปุ่มการแพร่กระจาย ก็จะเป็นการแสดงแพทเทิร์นของสายอากาศไมโครสติป ที่ได้ทำการออกแบบไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การคำนวณได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

4.1 การคำนวณไมโครสติปซึ่งขึ้นอยู่กับความถี่

- กรณีความถี่ใช้งานต่ำกว่า 2 GHz
- กรณีความถี่ใช้งานสูงกว่า 2 GHz

4.1.1 การคำนวณไมโครสติปที่ใช้ความถี่ใช้งานต่ำ กว่า 2 GHz

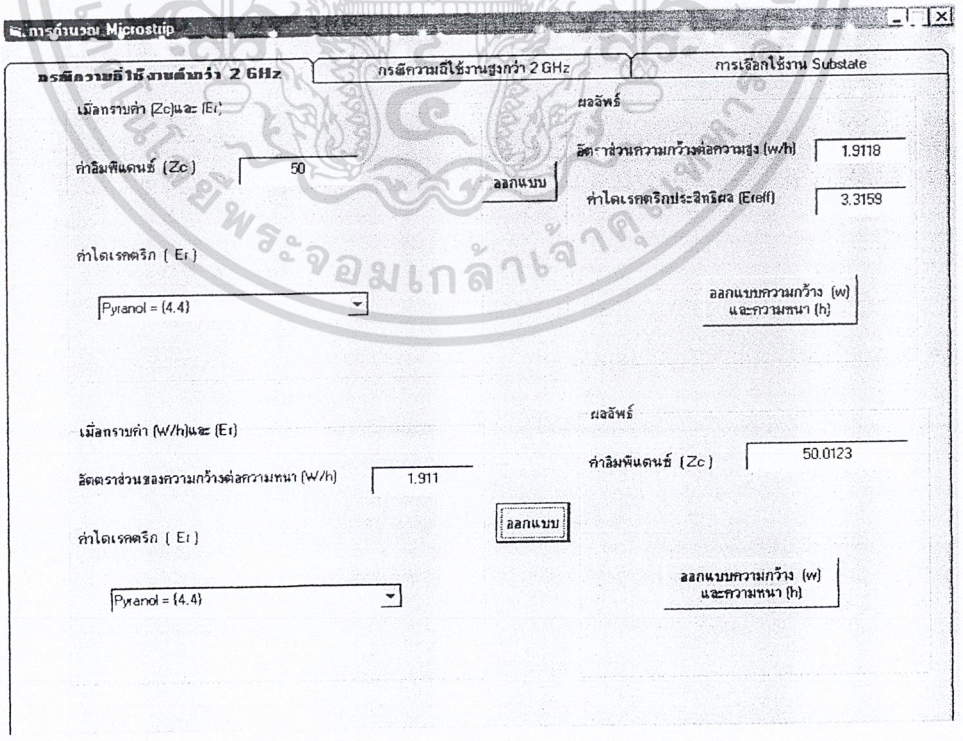
กรณีที่ Zc และ εr ถูกกำหนดมา

สำหรับในที่นี้เป็นการกำหนดให้ ใช้สาร (Pyranol) เป็นสารตัวกลาง ซึ่ง มีค่า เพอร์มิททิตี้ เท่ากับ 4.4 และออกแบบให้ใช้ความถี่ต่ำกว่า 2 GHz โดยป้อนอิมพีแดนซ์ 50 โอห์ม

โดยที่ εr คือ ค่าคงที่ไดเรคตริก

Zc คือ อิมพีแดนซ์ของไมโครสติป

fr คือ ความถี่ที่ใช้งาน



รูปที่ 4-1 หน้าต่างที่คำนวณของกรณีความถี่ต่ำกว่า 2 GHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

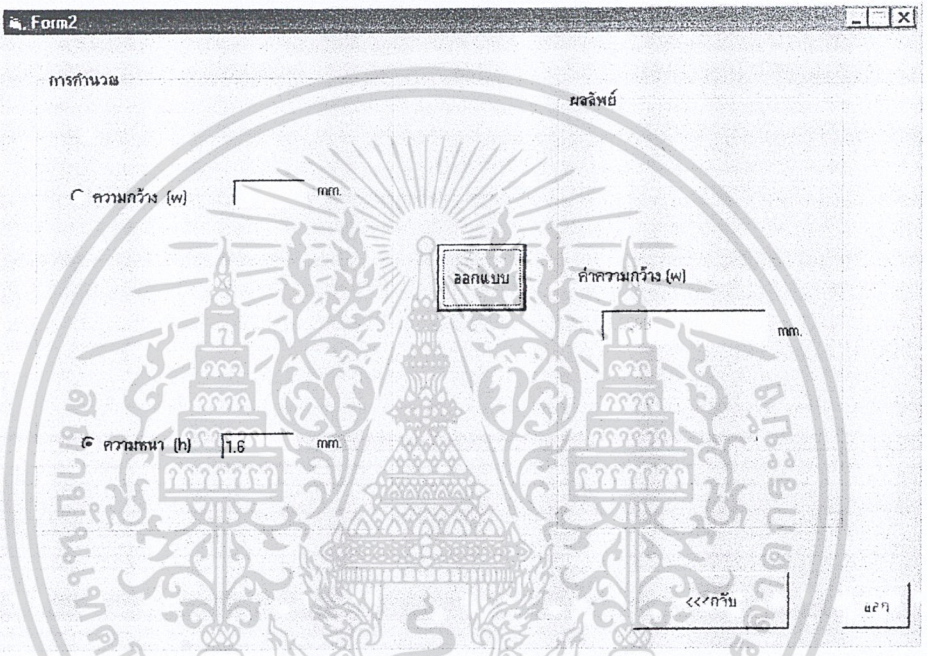
เมื่อนำค่ามาแทนจะได้ผลดังนี้

จะได้ W/h = 1.9118

ε_{eff} = 3.3159

ถ้ากำหนด h มีค่า 1.6 จะสามารถหาความกว้างได้ดังนี้

W = 3.0588 mm.



รูปที่ 4-2 หน้าต่างที่คำนวณหาความกว้างของไมโครสติป

กรณีที่ W/h และ ε_r ถูกกำหนดมาให้

สำหรับในที่ กำหนด W/h มีค่าเป็น 1.911 กำหนดให้ ใช้สาร (Pyranol) เป็นสารตัวกลาง ซึ่งมีค่า เพอร์มิททิตี้ เท่ากับ 4.4

จะได้ Zc = 50.0123 Ω

ในการคำนวณแต่ละครั้ง จะต้องรู้ว่าต้องการจะใช้ความถี่เท่าไรและต้องรู้ค่าอิมพีแดนซ์ของไมโครสติปที่ออกแบบ อีกอย่างคือต้องกำหนดค่าความสูงของวัสดุฐานรองด้วย

เมื่อการกำหนดให้ อิมพีแดนซ์ ให้มีค่า 50 Ω มีความสูงของวัสดุฐานรอง 0.808 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4-1 การเปรียบเทียบในสารตัวกลางแต่ละชนิดที่ค่าอิมพีแดนซ์ 50 Ω

ชนิดของสาร	ค่าไดเร็กตริก Εr	เอฟเฟคทีพ Εreff	กว้าง/สูง W/h	ความกว้าง W (mm)
Amber	2.7	2.2105	2.7093	2.1891
Peper	3.0	2.4106	2.5179	2.0345
Nylon	3.5	2.7389	2.2584	1.8248
Bakelite	4.74	3.5299	1.8077	1.4607
Glass	5	3.6924	1.7355	1.4023
Mica	5.4	3.9403	1.6348	1.3209

เมื่อกำหนดให้ค่าอิมพีแดนซ์ ให้มีค่า 75Ω มีความสูงของไมโครสติป 0.808 mm

ตารางที่ 4-2 การเปรียบเทียบในสารตัวกลางแต่ละชนิดที่ค่าอิมพีแดนซ์ 70 Ω

ชนิดของสาร	ค่าไดเร็กตริก Εr	เอฟเฟคทีพ Εreff	กว้าง/สูง W/h (mm)	ความกว้าง W (mm)
Amber	2.7	2.1116	1.3591	1.0982
Peper	3.0	2.3121	1.2495	1.0096
Nylon	3.5	2.6101	1.0986	0.8876
Bakelite	4.74	3.3305	0.833	0.6731
Glass	5	3.4791	0.7905	0.6387
Mica	5.4	3.7065	0.7314	0.591

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ W/h และ Εr ถูกกำหนดมา สามารถ ออกแบบ หาค่าอิมพีแดนซ์ (Zc) ที่เหมาะสม ได้จาก ตารางที่ 4-3 ถ้าให้ W/h มีค่า เท่ากับ 1.5

ตารางที่ 4-3 หาค่าอิมพีแดนซ์ที่เหมาะสมโดยใช้วัสดุฐานรองแต่ละชนิด

ชนิดของสาร	ค่าไดเร็กตริก Εr	อิมพีแดนซ์ Zc (Ω)
Snow	3.3	65.3149
Glass	5	54.3834
Mica	5.4	52.5232
Steatite	5.8	50.8421
Neoprene	6.6	47.9142
Alumina85%	8	43.8181
Alumina96%	8.9	41.6806
Alumina99%	10	39.4493
Silicon	11.8	36.4532

ในการออกแบบค่าอิมพีแดนซ์ของไมโครสติป ค่าที่ดีต้องมีค่าอยู่ ที่ 50 Ω และ 75Ω สำหรับในการหาค่าที่เหมาะที่สุดในตารางที่ 4-3 ก็ คือ ที่ใช้สาร ไดเรคตริกชนิด Steatite ซึ่งมีค่าคงที่ไดเรคตริก 5.8 เพราะจะทำให้ ค่า Zc มีค่า 50.8421 Ω

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การคำนวณไมโครสตริปที่ใช้ความถี่ใช้งานสูง กว่า 2 GHz

จะต้องกำหนดค่าต่อไปนี้

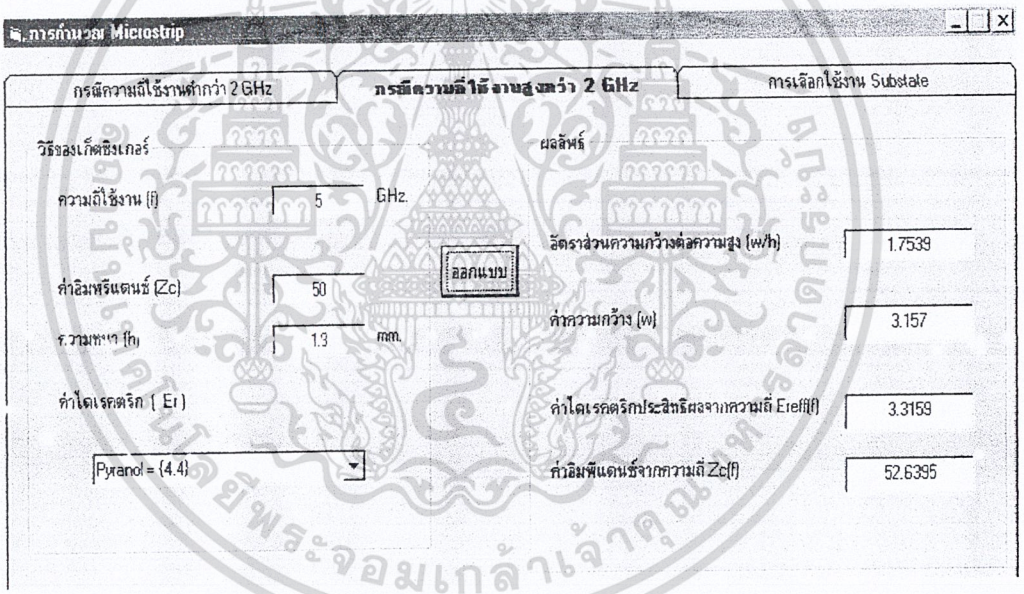
fr คือความถี่ที่ใช้งาน

Zc คือค่าอิมพีแดนซ์คุณลักษณะ

h คือความสูงของไมโครสตริป

εr คือ ไดเร็กตริก Constant

สำหรับในที่นี้เป็นการกำหนดให้ ใช้สาร (Pyranol) เป็นสารตัวกลางซึ่งมี ค่า เพอร์มิททิตี้ เท่ากับ 4.4 และออกแบบให้ใช้ความถี่ 5 GHz โดยป้อนอิมพีแดนซ์ 50 โอห์ม ความสูง 1.8 mm



รูปที่ 4-3 หน้าต่างการคำนวณค่าในกรณีความถี่สูงกว่า 2 GHz

เมื่อนำค่ามาแทนจะได้ผลดังนี้

- อัตราส่วนความกว้างต่อความสูง (W/h) = 1.7539
- ความกว้างของไมโครสตริป (W) = 3.157 mm
- ค่าไดเรคตริกประสิทธิผลต่อความถี่(εreff(t)) = 3.3159
- ค่าอิมพีแดนซ์ที่มีผลต่อความถี่สูง (Zc(t)) = 52.6395Ω

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำสารไดเรคตริกแต่ละชนิดมาหาค่าอิมพีแดนซ์ (Zc(f)) ก็จะได้ค่าอิมพีแดนซ์ (Zc(f)) ที่มีค่าแต่ละค่าแตกต่างกัน แสดงได้จาก ตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 และ ตารางที่ 4-5 นี้เมื่อกำหนด ค่าอิมพีแดนซ์ 50 และ ค่า ความสูงของวัสดุฐานรอง 1.6 mm โดยให้ความถี่งานที่ 5 GHz และ 10 GHz

จากตารางที่ 4-4 ให้ความถี่ 5 GHz

ตารางที่ 4-4 ค่าต่างๆ เมื่อใช้ความถี่ 5 GHz

ชนิดของสาร	ไดเรคตริก ε_r	เอฟเฟคทีฟ $\varepsilon_{reff}(f)$	กว้าง/สูง W/h	ความกว้าง W(mm)	อิมพีแดนซ์ Zc(t)
Snow	3.3	2.6083	2.2026	3.5242	52.1274
Glass	5	3.6924	1.612	2.5792	52.1999
Mica	5.4	3.9403	1.5156	2.4249	52.2174
Steatite	5.8	4.186	1.4294	2.287	52.2348
Neoprene	6.6	4.6713	1.2811	2.0498	52.2692
Silicon	11.8	7.6651	0.7273	1.1637	52.4862

จากตารางที่ 4-5 ให้ความถี่ 10 GHz

ตารางที่ 4-5 ค่าต่างๆ เมื่อใช้ความถี่ 10GHz

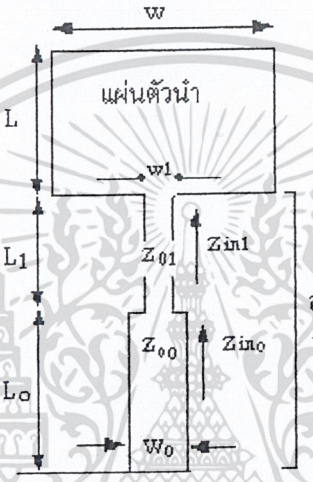
ชนิดของสาร	ไดเรคตริก ε_r	เอฟเฟคทีฟ $\varepsilon_{reff}(f)$	กว้าง/สูง W/h	ความกว้าง W(mm)	อิมพีแดนซ์ Zc(t) Ω
Snow	3.3	2.6083	1.9711	3.1528	55.782
Glass	5	3.6924	1.4255	2.2808	55.949
Mica	5.4	3.9403	1.3361	2.1377	55.9914
Steatite	5.8	4.186	1.256	2.0095	56.034
Neoprene	6.6	4.6713	1.1182	1.7892	56.1192
Silicon	11.8	7.6651	0.6067	0.9707	56.6686

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การออกแบบสายอากาศไมโครสติปแบบแผ่น

- แผ่นตัวนำแบบ สี่เหลี่ยมผืนผ้า
- ไดเรกติวิตี้ของสายอากาศ
- แพทเทิร์นของสายอากาศไมโครสติป

4.2.1 การออกแบบ ไมโครสติปรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า



รูปที่ 4-4 การป้อนสัญญาณโดยใช้สายส่งไมโครสติป แบบ 2 ตอน

W คือ ความกว้างของแผ่นตัวนำ (mm)

W1 คือ ความกว้างของตัวป้อนสัญญาณตอนแรก (mm)

W0 คือ ความกว้างของตัวป้อนสัญญาณตอนที่สอง (mm)

L คือ ความยาวของแผ่นตัวนำ (mm)

L1 คือ ความยาวของส่วนป้อนสัญญาณตอนแรก (mm)

L0 คือ ความยาวของส่วนป้อนสัญญาณตอนที่สอง (mm)

Zin0 คือ อิมพีแดนซ์อินพุต (Ω)

Zin1 คือ อิมพีแดนซ์ของแผ่นตัวนำสายอากาศ (Ω)

Z01 คือ อิมพีแดนซ์ของส่วนป้อนสัญญาณตอนแรก (Ω)

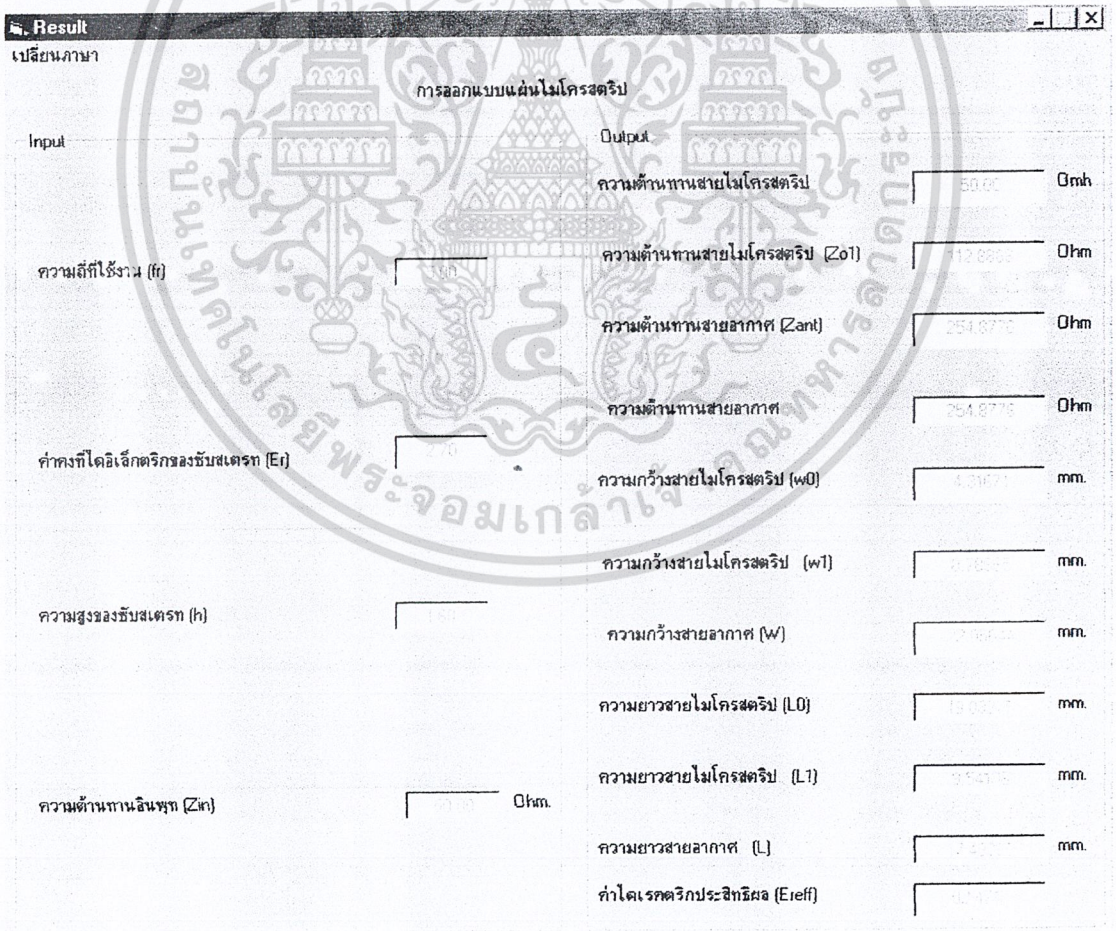
Z00 คือ อิมพีแดนซ์ของส่วนป้อนสัญญาณตอนที่สอง (Ω)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการหาค่าต่าง ๆที่กล่าวมานั้นสามารถหาได้โดยใช้โปรแกรมคำนวณออกมาโดยต้องกำหนดค่าต่อไปนี้

- ความถี่ที่ใช้งาน (GHz)
- ค่าไดเรคตริกของวัสดุฐานรอง (Substrat)
- ความสูงของซับสเตรท (h)
- อินพุตอิมพีแดนซ์ (Zin)
- ตำแหน่งป้อนสัญญาณ (Yo)

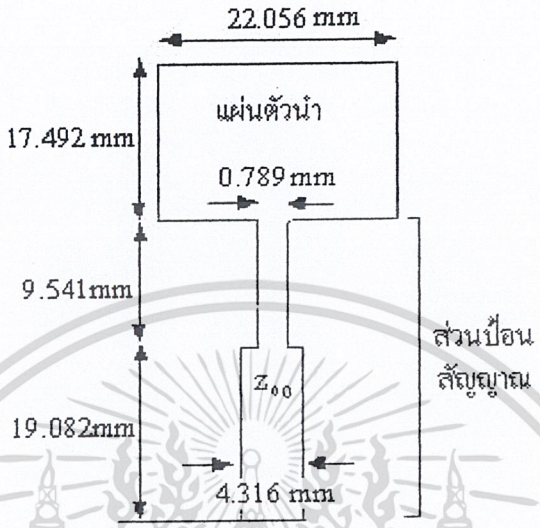
สำหรับในที่นี้ให้ ความถี่ 5GHz และ ใช้วัสดุฐานรองชนิด Amber ซึ่ง มีค่า ไดเรคตริก 2.7 โดยมีความสูงของวัสดุฐานรอง คือ 1.6 mm. ทำการป้อนอินพุตอิมพีแดนซ์ที่ 50Ω แสดงในรูปที่ 4-5



รูปที่ 4-5 หน้าต่างหาผลลัพท์ในการออกแบบสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจะได้ขนาดของสายอากาศดังแสดงในรูปที่ 4.6



รูปที่ 4-6 ขนาดของไมโครสติปรูปทรงสี่เหลี่ยมความถี่ 5 GHz โดยใช้สายส่งสองตอน

ในการออกแบบความถี่ที่ 10 GHz ซึ่ง มีความสูงของวัสดุฐานรอง เท่ากับ 1.6 mm ทำการป้อน

อินพุตอิมพีแดนซ์ที่ 75 Ω สามารถออกแบบได้จากตารางที่ 4-5 และ 4-6

ตารางที่ 4-6 การเปรียบเทียบวัสดุฐานรองแต่ละชนิดในการออกแบบสายอากาศไมโครสติป

ชนิดของสาร	W(mm)	W0(mm)	W1(mm)	L(mm)	L0(mm)	L1(mm)
Amber	11.02822	2.10411	0.44891	8.20551	9.75712	4.87856
Peper	10.6066	1.9303	0.3611	7.79365	9.30882	4.65441
Nylon	10.00	1.69242	0.25133	7.21933	8.68707	4.34354
Bakelite	8.85422	1.27754	0.10249	6.18492	7.57561	3.78781
Glass	8.66025	1.21147	0.08495	6.01546	7.39439	3.6972
Mica	8.38526	1.11984	0.06365	5.77771	7.14047	3.57024

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

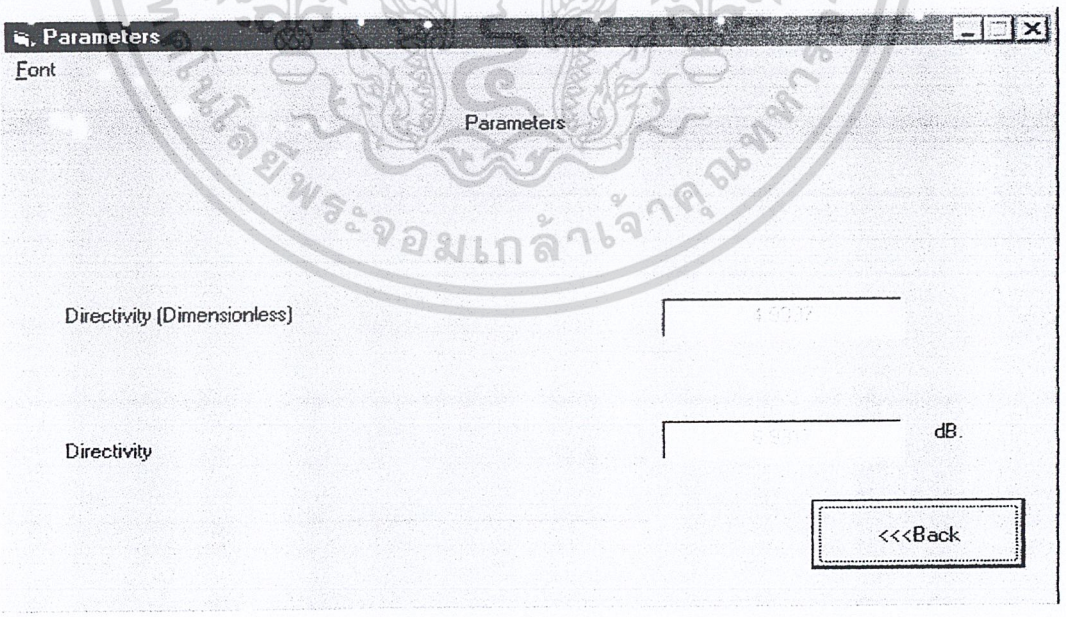
ตารางที่ 4-7 การเปรียบเทียบวัสดุฐานรองแต่ละชนิดกับอิมพีแดนซ์และเอฟเฟคทีพไดเรคตริก

ชนิดของสาร	Εr	Zin1	Zoo(Ω)	Zo1	Εreff
Amber	2.7	244.8392	75	135.5099	2.36341
Peper	3.0	255.3884	75	138.3985	2.59653
Nylon	3.5	274.0555	75	143.3672	2.98151
Bakelite	4.74	323.6653	75	155.804	3.92055
Glass	5	334.4239	75	158.3722	4.11507
Mica	5.4	351.1313	75	162.2802	4.41295

4.2.2 ค่า Directivity ของสายอากาศ

หาได้จากการคำนวณในโปรแกรม

สำหรับในที่นี้ให้ ความถี่ 10GHz และ ใช้วัสดุฐานรองชนิด Amber ซึ่งมีค่า ไดเรคตริก 2.7 โดยมีความสูงของวัสดุฐานรอง คือ 1.6 mm. ทำการป้อนอินพุตอิมพีแดนซ์ที่ 75Ω



รูปที่ 4-7 หน้าต่างโปรแกรมคำนวณหาไดเรคติวิตี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้วัสดุฐานรองชนิดต่าง ๆ สามารถดูได้จากตางรางที่ 4-7

ตารางที่ 4-8 ค่าของไดเรคติวิตี้ในวัสดุฐานรองชนิดต่าง ๆ

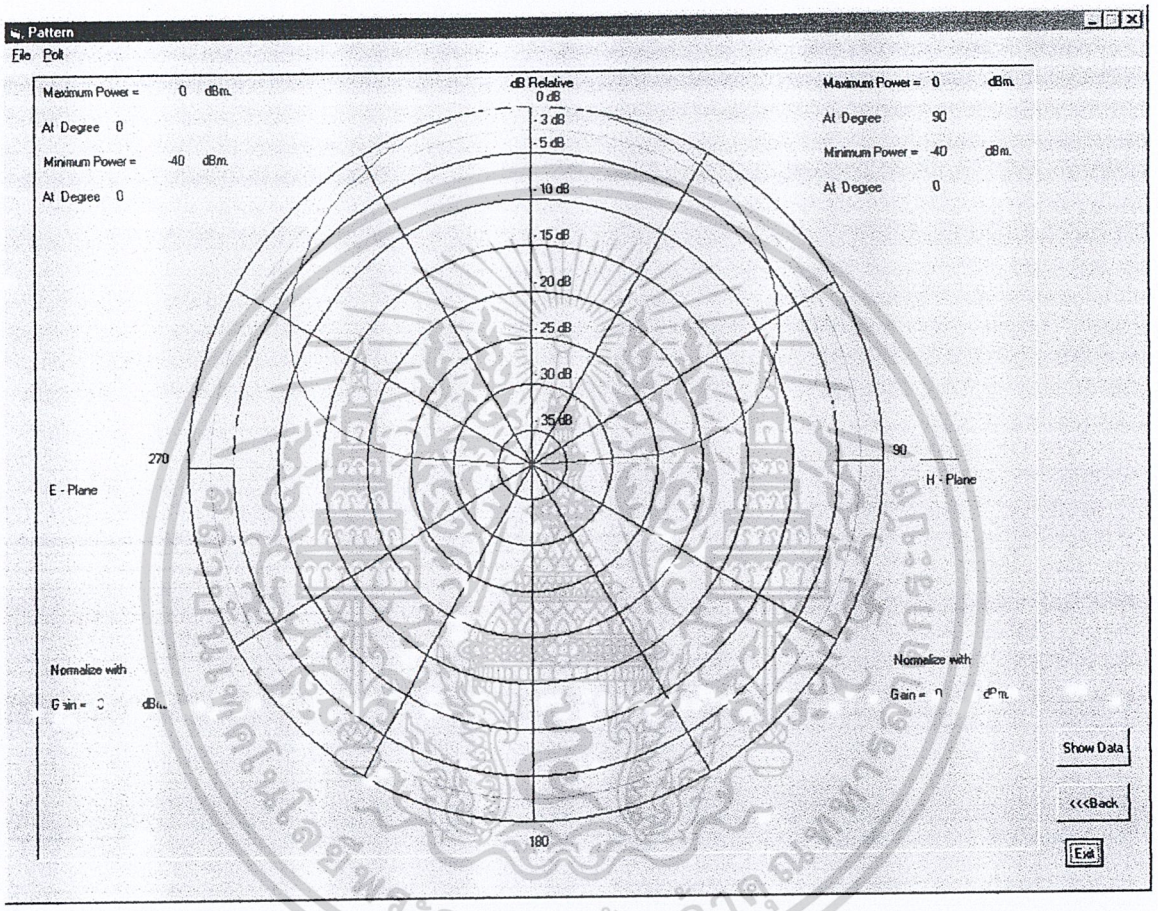
ชนิดของสาร	ไดเรคตริก ε_r	ไดเรคติวิตี้ Directivity(dB)
Amber	2.7	6.9317
Peper	3.0	6.753
Nylon	3.5	6.4976
Bakelite	4.74	6.0892
Glass	5	6.0271
Mica	5.4	5.9423

จากตางรางที่ 4-7 จะเป็นการนำสารวัสดุฐานรองชนิดต่างๆ จะคำนวณหาค่าไดเรคติวิตี้ได้แตกต่างกันไป ซึ่งไดเรคติวิตี้นี้จะเป็นตัวชี้ทิศทางของการกระจายคลื่นว่าจะมีทิศทางไปทางไหน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 แพทเทิร์นของสายอากาศไมโครสติป

เมื่อนำค่าที่ได้ จากผลลัพท์ใน รูป ที่ 4-5 จะได้แพทเทิร์นของ ไมโครสติปที่ออกแบบ สายอากาศแสดงในรูปที่ 4-8



รูปที่ 4-8 ลักษณะของ E-Planeและ H-Plane ในสายอากาศไมโครสติปที่ออกแบบ

จากรูปที่ 4-8 จะเป็นหน้าต่างแสดงแพทเทิร์น โดยที่มีมุมแพทเทิร์นที่แสดงทั้งหมดเป็น 360 องศา และ จากรูปนั้นจะแสดงทั้งสนามไฟฟ้าและ สนามแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุป และ ปัญหา

วิจารณ์

ทฤษฎีในการคำนวณการออกแบบสายอากาศไมโครสติปนั้น มีสมการ ที่ใช้ในการคำนวณมากมาย และ ยังมีค่าความนำในสารชนิดต่างๆ ซึ่ง เป็นปัญหาในการเขียนโปรแกรมคำนวณค่าต่างๆ ในสมการสายอากาศแบบไมโครสติป เนื่องจากแต่ละสมการนั้น มีการคำนวณที่ละเอียดมากๆ ซึ่งจุดทศนิยมนั้นมีความสำคัญมากในการออกแบบ เพราะ สายอากาศไมโครสติป ที่ ทำการออกแบบนั้นมีขนาดเล็ก เพราะฉนั้นในการคำนวณ จึงใช้โปรแกรม ที่สร้างไว้สำหรับการคำนวณค่าต่างๆ ในตัวกลางของสารชนิดต่างๆ ในไมโครสติป ซึ่ง โปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณนั้นใช้ Visual Basic 6.0 มาเขียนโปรแกรมคำนวณหาค่าต่างๆ ของสายอากาศไมโครสติป

ปัญหา

- ในการคำนวณนั้นมีสมการที่ใช้ในสายอากาศไมโครสติปมากมาย ซึ่ง การทำความเข้าใจค่อนข้างยาก

- ในการแยกแยะชนิดของ Substate เพื่อหาค่าเอฟเฟคทีฟนั้นมีหลายชนิด หลายประเภทมาก

- ในการคำนวณค่า Parameter ต่างๆ ได้มีการกำหนด Input และ ตัวแปร ที่ใช้ช่วยในการคำนวณจำนวนมาก ทำให้เกิดความสับสน และ เกิดข้อผิดพลาดมากมาย ต้องมาไล่หาข้อผิดพลาดและ แก้ไขให้ถูก ต้อง

- ในการออกแบบการคำนวณการกระจายของ Pattern นั้นมีค่าที่ระเอียดมากเป็นจุดทศนิยมหลายตำแหน่งเมื่อนำมา Polt กราฟ จึงเกิดการผิดพลาดและยุงยากในการแสดง Pattern

ผลสรุป

จากเริ่มแรกได้ทำการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานของสายอากาศไมโครสติปในส่วนของสารต่าง ๆ และ ค่าความนำชนิดต่างๆ ในตัวสายอากาศไมโครสติป และ ได้ศึกษาโปรแกรม Visual Basic 6.0 ที่ใช้ในการกำหนดค่าคงที่ไดเรคตริก ที่ใช้ในสารชนิดต่าง ๆ ก่อนหน้านั้น โปรแกรมได้เขียนขึ้นใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดค่าคงที่ไดเรคตริกในสารชนิดต่างๆ แล้วได้ตั้งสมการไว้ในการคำนวณไว้ในส่วนของโปรแกรมได้เสร็จแล้ว และ พร้อมใช้งาน และ ตรวจสอบประสิทธิภาพของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] บัณฑิต โรจน์อารยานนท์ , " วิศวกรรมสายอากาศ , " สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[2] บัณฑิต โรจน์อารยานนท์ , " วิศวกรรมไมโครเวฟ , " สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[3] ธาริน สิทธิธรรมชารี , " คู่มือการเขียนโปรแกรม Visual Basic 6.0 , " ซีเอ็ดยูเคชั่น : กรุงเทพฯ

[4] สมศักดิ์ ศรีขจรเกียรติ , " Advanced Visual Basic 6.0 , " กรุงเทพ ฯ : บิบลิโอไฟล์ , 2544

[5] สุทธิศักดิ์ พงศ์ธนาพานิช , " Visual Basic 4.0 Professional , " ซีเอ็ดยูเคชั่น : กรุงเทพ ฯ , 2539 .

[6] Constantien A.Balanis , " Antenna Theory Analysis and Design , " John Wiley & Sons ,Inc. 1982

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

คุณสมบัติของวัสดุไดอิเล็กตริกชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ตารางแสดงคุณสมบัติของวัสดุไดอิเล็กตริกชนิดต่างๆ

Material	Relative Permittivity (ε_r) at 10 GHz	Loss Factor ($\tan\delta$) at 10 GHz	Material	Relative Permittivity (ε_r) at 10 GHz	Loss Factor ($\tan\delta$) at 10 GHz
Alumina 99.5% Al_2O_3	9.5 - 10	0.0003	RT / Duroid 5870	2.33 ± 0.02	0.0012
Alumina 96% Al_2O_3	8.9	0.0006	RT / Duroid 5880	2.2	0.0009
Alumina 85% Al_2O_3	8.0	0.0015	RT / Duroid 6002	2.94	0.0012
Beryllia BeO	6.4	0.0003	RT / Duroid 6006	6.0 ± 0.15	0.0019
			RT / Duroid 6010.5	10.5 ± 0.25	0.0024
(Zr , Sn) Tio_4	38	< 0.0001	Ultralam 2000	2.5 ± 0.05	0.0022
$BaO - PbO - Nd_2O_3 - TiO_4$	88	< 0.0001			
DI-MIC CF	21.6 ± 0.6	0.0003	TMM-3	3.25	0.0016
DI-MIC CB	29.0 ± 0.7	0.0004	TMM-4	4.5	0.0017
DI-MIC CD	37.0 ± 1	0.0004	TMM-6	6.5	0.0018
DI-MIC CG	67.5 ± 2	0.0008	TMM-10	9.8	0.0017
DI-MIC NR	152.0 ± 5	0.0010	TMM-13	12.85	0.0019
Tran-Tech D-MAT	8.9 - 14	< 0.0002			
Tran-Tech D-450	4.5	< 0.0004	Arlon DiClad 527	2.5 ± 0.04	0.0019
Tran-Tech S-145	10.0	< 0.0002	Arlon DiClad 870	2.33 ± 0.04	0.0012
Tran-Tech S8400	10.5	< 0.0001	Arlon DiClad 880	2.20 ± 0.04	0.0009
Tran-Tech S8500	38.0	< 0.0001	Arlon DiClad 810	10.5 ± 0.25	0.0015
Tran-Tech S8600	80.0	< 0.0003	Arlon Epsilam-10	10.2 ± 0.25	0.0020
			Arlon CuClad 250	2.4 - 2.6	0.0018
Polypropylene	2.18 ± 0.05	0.0003	Arlon CuClad 233	2.33 ± 0.02	0.0014
			Arlon CuClad 217	2.17 ± 0.02	0.0008
Silicon Si (10^3 Ω-m)	11.9	0.0004	Arlon IsoClad 917	2.17 ± 0.02	0.0011
GaAs ($> 10^3$ Ω-m)	13.0	0.0006	Arlon IsoClad 933	2.33 ± 0.02	0.0014
Ferrite	9.0 - 16.0	≈ 0.0010	Epoxy FR4 GE313	4.4	≈ 0.0100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงคุณสมบัติของ Teflon

PROPERTY	TEST METHOD	CONDITION	UNITS(1)	DIRECTION	TYPICAL VALUE(2)
Dielectric constant ε_r	1MHz,IPC-TM-650,2.	C24/23/50	—	Z	2.2
	10GHz,IPC-TM-650,	C24/23/50	—	Z	2.20 ± 0.02(± 0.01*available*)
Dissipation factor,tan	1MHz,IPC-TM-650-2.	C24/23/50	—	Z	0.0004
	10GHz,IPC-TM-650,	C24/23/50	—	Z	0.0009
Volume resistivity	IPC-TM-650,2.5,17.1	C96/35/90	Mohm cm	Z	2×10^7
Surface resistivity	IPC-TM-650,2.5,17.1	C96/35/90	Mohm	X,Y	3×10^8
					Test at 23'C
Tensile modulus	ASTM D638	A	MPa(kpsi)	X	1070(156)
				Y	860(125)
ultimate stress			MPa(kpsi)	X	29(4.2)
				Y	27(3.9)
ultimate strain			%	X	6
				Y	4.9
Compressive modulus	AST D695	A	MPa(kpsi)	X	710(103)
				Y	710(103)
				Z	940(136)
ultimate stress			MPa(kpsi)	X	27(3.9)
				Y	28(4.0)
				Z	52(7.5)
ultimate strain			%	X	8.5
				Y	7.7
				Z	12.5
Deformation under load	ASTM D621				Test at 150'C
		24 hr/14MPa(2kpsi)	%	Z	1
Water absorption	ASTM D570	D 24/23			
Thickness=0.8mm(0.031 in)			mg (%)		0.9(0.02)
Thickness=1.6mm(0.062 in)			mg (%)		1.3(0.015)
Specitic gravity	ASTM D792		—		2.2
Heat distortion temperature	ASTM D648	1.82MPa(264psi)	°C(°F)	X,Y	)260()500)
Specitic heat	Calculated		J/g/K(BTU/lb/F)		0.96(0.23)
Thermalconductivity	Rogeis TR2721		W/m/K(BTUin/lt/hr/F)	Z	0.26(1.8)
Thermal expansion	ASTM D3386		mm/m		X Y Z
	(10K/min)	$-100°C$			6.1 -8.7 -18.7
		15			0.9 -1.8 -6.9
(Values given are totol change from		25			0.5 -0.9 -4.5
a base temperature of 35'C)		75			1.1 1.5 8.7
		150			2.3 3.2 28.3
		250			3.8 5.5 69.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข.

Source Code ของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Option Explicit

Private Sub Command1_Click()
FFirst.Hide
FChoose.Show
End Sub

Private Sub Command2_Click()
Beep
End
End Sub

Private Sub Form_Load()
End Sub

Option Explicit

Private Sub Command1_Click()
FChoose.Hide
FDesign.Show
End Sub

Private Sub Command2_Click()
FChoose.Hide
FEr.Show
End Sub

Private Sub Command3_Click()
FChoose.Hide
FFirst.Show
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub
Option Explicit
Private Sub Command1_Click()
Beep
End
End Sub
'*****************************************************************Result**********
*************
Private Sub Command2_Click()
Dim Xi As Single, Theta As Single
Dim F1 As Single, F2 As Single
Dim Res1 As Single, Res2 As Single
Dim i As Integer

FDesign.Hide
Wavelength = C / fr
Width_Rec = (Wavelength / 2#) * Sqr(2# / (Er + 1))
Ereff = ((Er + 1#) / 2#) + ((Er - 1#) / 2#) * (1# / Sqr(1# + (12# * height_Rec) /
Width_Rec))
Wavelength_g = Wavelength / Sqr(Ereff)
Delta_L = (0.412 * height_Rec) * ((Ereff + 0.3) * ((Width_Rec / height_Rec)_
+ 0.264)) / ((Ereff - 0.258) * ((Width_Rec / height_Rec) + 0.8))
Leff = Wavelength / (2# * Sqr(Ereff))
L = Leff - (2# * Delta_L)
K0 = 2# * Pi / Wavelength
Theta = Pi / 180#
Res1 = 0
Res2 = 0
For i = 1 To 180
    Xi = i * Pi / 180
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    F1 = FN1(Xi)
    Res1 = Res1 + Theta * F1 * Sin(Xi)
    F2 = FN2(Xi)
    Res2 = Res2 + Theta * F2 * Sin(Xi)
Next i
G1 = Res1 / (120# * Pi ^ 2)
G12 = Res2 / (120# * Pi ^ 2)
Gin = 2 * (G1 + G12)
Rin_ant = 1 / Gin
Rin_yo = Rin_ant * Cos((Pi * Y0) / L) ^ 2

L0 = Wavelength_g / 2#
L1 = Wavelength_g / 4#
Zo1 = Sqr(Zin_Lin * Rin_ant)
Zo0 = Zin_Lin
w0 = Detw(Zo0)
w1 = Detw(Zo1)

FResult.Show '**********************************show resul **************
FResult.TFr.Text = Format(fr, "#00.00###")
FResult.Th.Text = Format(height_Rec, "#00.00###")
FResult.TEr.Text = Format(Er, "#00.00###")
FResult.TZin.Text = Format(Zin_Lin, "#00.00###")
FResult.TZo0.Text = Format(Zo0, "#00.00###")
FResult.TZo1.Text = Format(Zo1, "#00.00###")
FResult.TZant.Text = Format(Rin_ant, "#00.00###")
FResult.TZanty0.Text = Format(Rin_yo, "#00.00###")
FResult.Tw0.Text = Format(w0, "#00.00###")
FResult.Tw1.Text = Format(w1, "#00.00###")
FResult.TW.Text = Format(Width_Rec, "#00.00###")
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
FResult.TL0.Text = Format(L0, "#00.00###")
FResult.TL1.Text = Format(L1, "#00.00###")
FResult.TL.Text = Format(L, "#00.00###")

End Sub

Private Sub Command3_Click() '******************Show parameter******************
Dim Theta As Single, Phi_Dir As Single
Dim Prad As Single, Umax As Single
Dim Xa As Single, Xb As Single
Dim F3 As Single, Ua As Single
Dim A As Integer, B As Integer

Wavelength = C / fr
Width_Rec = (Wavelength / 2#) * Sqr(2# / (Er + 1))
K0 = 2# * Pi / Wavelength
Ereff = ((Er + 1) / 2) + ((Er - 1) / 2) * (1 / Sqr(1 + (12 * height_Rec) / Width_Rec))
Leff = Wavelength / (2# * Sqr(Ereff))
FDesign.Hide
FParameter.Show
'**********************************************Directivity
**********************
Theta = Pi / 180
Phi_Dir = Pi / 180
Prad = 0
Umax = 0
For A = 1 To 180
Xa = A * Pi / 180
For B = 1 To 180
Xb = B * Pi / 180
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
F3 = Urect(Xb, Xa)
If F3 > Umax Then
Umax = F3
End If
Ua = Theta * Phi_Dir * F3 * Sin(Xb)
Prad = Prad + Ua
Next B
Next A
Directivity = 4 * Pi * Umax / Prad
Directivity_dB = 10 * Log10(Directivity)
FParameter.Text1.Text = Format(Directivity, "##0.0000")
FParameter.Text2.Text = Format(Directivity_dB, "##0.0000")

'**************************E plane HPBW*******************************
Dim i As Integer
Dim Phi As Single, Phir As Single
Dim Arg As Single, Sinc As Single
Dim Ethval As Single, Ehpbw As Single

For i = 1 To 901
Phi = (i - 1) / 10
Phir = Phi * Pi / 180
Arg = (1 / 2) * K0 * height_Rec * Cos(Phir)
If Arg = 0 Then
Sinc = 1
Else
Sinc = Sin(Arg) / Arg
End If
Ethval = Sinc * Cos((1 / 2) * K0 * Leff * Sin(Phir))
If Ethval < 1 / Sqr(2) Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Ehpbw = Phi 'GoTo place1 '*******************************place1****
Else
Ehpbw = 20 * Log10(Ethval
End If
Next i
'Ehpbw = Ethval 'Phi
FParameter.Text3.Text = Format(Ehpbw, "##0.0000")
'************************************H plane Hpbw************************
Dim Th As Single, Thr As Single
Dim Arg1 As Single, Arg2 As Single
Dim Sinc1 As Single, Sinc2 As Single
Dim EphVal As Single, Hhpbw As Single
For i = 1 To 901
   Th = 90 + (i - 1) / 10
   Thr = Th * Pi / 180
   Arg1 = (1 / 2) * K0 * height_Rec * Sin(Thr)
   Arg2 = (1 / 2) * K0 * Width_Rec * Cos(Thr)
   If Arg1 = 0 Then
      Sinc1 = 1
   Else
      Sinc1 = Sin(Arg1) / Arg1
   End If
   If Arg2 = 0 Then
      Sinc2 = 1
   Else
      Sinc2 = Sin(Arg2) / Arg2
   End If
   EphVal = Sin(Thr) * Sinc1 * Sinc2
   If EphVal < 1 / Sqr(2) Then
      Hhpbw = Th - 90
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        'GoTo place2 '**************************************************goto
palce2**********************
    Else
        Hhpbw = 20 * Log10(EphVal)
    End If
Next i
FParameter.Text4.Text = Format(Hhpbw, "##0.0000")
End Sub

Private Sub Command4_Click()
FDesign.Hide
FCad.Show
End Sub

Private Sub Command5_Click()
FDesign.Hide
FChoose.Show
End Sub

Private Sub MEnglish_Click()
Label1.Caption = "Microstrip Patch Antenna "
Label2.Caption = "Frequency (fr) "
Label3.Caption = "Dielectric Constant of the Substate  (Er)"
Label4.Caption = "Height of the substate (h) "
Label5.Caption = "Position of the recessed feed point (yo) "
Label6.Caption = "Input Impedance (Zin) "
Command1.Caption = "Exit"
Command2.Caption = "Show Result"
Command3.Caption = "Show Parameters"
Command4.Caption = "Show Pattern"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MFont.Caption = "&Font"
MThai.Caption = "&Thai"
MEnglish.Caption = "&English"
End Sub

Private Sub Mthai_Click()
Label1.Caption = "สายอากาศไมโครสตรริป"
Label2.Caption = "ความถี่ที่ใช้งาน (fr)"
Label3.Caption = "ค่าไดอิเรคตริกของซับสเตรท (Er)"
Label4.Caption = "ความสูงของซับสเตรท(h)"
Label5.Caption = "ตำแหน่งป้อนสัญญาณ (yo)"
Label6.Caption = "ความต้านทานอินพุท (Zin)"
Command1.Caption = "ออก"
Command2.Caption = "แสดงผลลัพญ์"
Command3.Caption = "แสดงพารามิเตอร์"
Command4.Caption = "แสดงกราฟ"
MFont.Caption = "เปลี่ยนภาษา"
MThai.Caption = "ภาษาไทย"
MEnglish.Caption = "ภาษาอังกฤษ"
End Sub

Private Sub Text1_Change()
If Text1.Text = " " Or Text1.Text = " " Or Text1.Text = " "_
Or Text1.Text = " " Or Text1.Text = " " Then
    Command1.Enabled = True
    Command2.Enabled = False
    Command3.Enabled = False
    Command4.Enabled = False
Else
    Command2.Enabled = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Command3.Enabled = True
    Command4.Enabled = True
    fr = Val(Text1.Text)
    Er = Val(Text2.Text)
    height_Rec = Val(Text3.Text)
    Y0 = Val(Text4.Text)
    Zin_Lin = Val(Text5.Text)
End If
End Sub

Private Sub Text1_LostFocus()
If Val(Text1.Text) < 0 Then
    Call Error
    Text1.Text = " "
End If
End Sub

Private Sub Text2_Change()
Call Text1_Change
End Sub

Private Sub Text2_LostFocus()
If Val(Text2.Text) < 0 Then
    Call Error
    Text2.Text = " "
End If
End Sub

Private Sub Text3_Change()
Call Text1_Change
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub Text3_LostFocus()
If Val(Text3.Text) < 0 Then
   Call Error
   Text3.Text = " "
End If
End Sub

Private Sub Text4_Change()
Call Text1_Change
End Sub

Private Sub Text4_LostFocus()
If Val(Text4.Text) < 0 Then
   Call Error
   Text4.Text = " "
End If
End Sub

Private Sub Text5_Change()
Call Text1_Change
End Sub

Private Sub Text5_LostFocus()
If Val(Text5.Text) < 0 Then
   Call Error
   Text5.Text = " "
End If
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Error()
Beep
MsgBox "Your value not right !! ,It must greater than 0 ",_
 vbCritical, "Error"
End Sub

Option Explicit

Private Sub Command1_Click()
FResult.Hide
FDesign.Show

End Sub

Private Sub Form_Load()
Label1.Caption = 'Microstrip Patch Antenna "
Label2.Caption = "Frequency (fr) "
Label3.Caption = "Dielectric Constant of the Substate  (Er)"
Label4.Caption = "Height of the substate (h) "
Label5.Caption = "Input Impedance (Zin) "
Label6.Caption = " Characteristic Impedance (Zo0)"
Label7.Caption = " Characteristic Impedance (Zo1)"
Label8.Caption = " Antenna Impedance (Zant)"
Label9.Caption = " Antenna Impedance at Recessed Feed"
Label10.Caption = "Width of Microstrip line (w0)"
Label11.Caption = "Width of Microstrip line (w1) "
Label12.Caption = "Width of antenna (W)"
Label13.Caption = "Length of Microstrip line(L0) "
Label14.Caption = "Length of Microstrip line(L1) "
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Label15.Caption = "Length of antenna (L)"
Label16.Caption = " "
Label17.Caption = " "
End Sub

Option Explicit

Private Sub Command1_Click()
FParameter.Hide
FDesign.Show
End Sub

Private Sub Form_Load()
Label1.Caption = "Parameters"
Label2.Caption = "Directivity (Dimensionless)"
Label3.Caption = "Directivity"
Label4.Caption = "E Plane HPBW"
Label5.Caption = " H Plane HPBW"
End Sub

Option Explicit

Private Sub Command1_Click()
FCad.Hide
FPattern_1.Show
End Sub

Private Sub Command2_Click()
FCad.Hide
FPattern.Show
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub Command3_Click()
FCad.Hide
FDesign.Show
End Sub

Private Sub Form_Load()
End Sub


Private Sub Command1_Click()
Beep
End
End Sub

Private Sub Command2_Click()
FPattern.Hide
FDesign.Show
End Sub

Private Sub Form_Load()
'Color = 1
End Sub

Private Sub Form_Paint()
Dim Cx As Single, Cy As Single
Dim Th As Single, K As Single
Dim i As Single
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Picture1.Cls
Picture1.ScaleMode = 3
Cx = Picture1.ScaleWidth / 2
Cy = Picture1.ScaleHeight / 2
Picture1.Line (80, 5)-(80, 445)
Picture1.Line (80, 445)-(620, 445)

Th = -180
K = 0
For i = 80 To 620 Step 15
   Picture1.Line (i, 440)-(i, 445)
   If K Mod 3 = 0 Then
      Picture1.CurrentX = i - 5
      Picture1.CurrentY = 445
      Picture1.Print Th
      Picture1.Line (i, 445)-(i, 450)
      Th = Th + 30
   End If
K = K + 1
Next i
Th = 10
For i = 5 To 445 Step 88
   Picture1.Line (75, i)-(80, i)
   Picture1.CurrentX = 52
   Picture1.CurrentY = i
   Th = Th - 10
   Picture1.Print Th
Next i
Picture1.CurrentX = 5
Picture1.CurrentY = 20
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Picture1.Print "dB"

Picture1.CurrentX = 630
Picture1.CurrentY = 425
Picture1.Print "Degree "

Picture1.Line (520, 40)-(550, 40), QBColor(12)
Picture1.CurrentX = 555
Picture1.CurrentY = 25
Picture1.Print "H-Plane "

Picture1.CurrentX = 510
Picture1.CurrentY = 70
Picture1.Print "Maximum Powe =                dBm "

Picture1.CurrentX = 520
Picture1.CurrentY = 100
Picture1.Print "At Degree "

Picture1.CurrentX = 510
Picture1.CurrentY = 130
Picture1.Print "Minimum Powe =                dBm "

Picture1.CurrentX = 520
Picture1.CurrentY = 160
Picture1.Print "At Degree "

Picture1.Line (520, 230)-(550, 230), QBColor(9)
Picture1.CurrentX = 555
Picture1.CurrentY = 215
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Picture1.Print "E-Plane "

Picture1.CurrentX = 510
Picture1.CurrentY = 245
Picture1.Print "Maximum Powe =                    dBm "

Picture1.CurrentX = 520
Picture1.CurrentY = 275
Picture1.Print "At Degree "

Picture1.CurrentX = 510
Picture1.CurrentY = 305
Picture1.Print "Minimum Powe =                    dBm "

Picture1.CurrentX = 520
Picture1.CurrentY = 335
Picture1.Print "At Degree "
End Sub

Private Sub MClear_Click()
Dim Cx As Single, Cy As Single
Dim Th As Single, K As Single
Dim i As Single

Picture1.Cls
Picture1.ScaleMode = 3
Cx = Picture1.ScaleWidth / 2
Cy = Picture1.ScaleHeight / 2
Picture1.Line (80, 5)-(80, 445)
Picture1.Line (80, 445)-(620, 445)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Th = -180
K = 0
For i = 80 To 620 Step 15
   Picture1.Line (i, 440)-(i, 445)
   If K Mod 3 = 0 Then
      Picture1.CurrentX = i - 5
      Picture1.CurrentY = 445
      Picture1.Print Th
      Picture1.Line (i, 445)-(i, 450)
      Th = Th + 30
   End If
K = K + 1
Next i
Th = 10
For i = 5 To 445 Step 88
   Picture1.Line (75, i)-(80, i)
   Picture1.CurrentX = 52
   Picture1.CurrentY = i
   Th = Th - 10
   Picture1.Print Th
Next i
Picture1.CurrentX = 5
Picture1.CurrentY = 20
Picture1.Print "dB"

Picture1.CurrentX = 630
Picture1.CurrentY = 425
Picture1.Print "Degree "
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Picture1.Line (520, 40)-(550, 40), QBColor(12)
Picture1.CurrentX = 555
Picture1.CurrentY = 25
Picture1.Print "H-Plane "

Picture1.CurrentX = 510
Picture1.CurrentY = 70
Picture1.Print "Maximum Powe =                dBm "

Picture1.CurrentX = 520
Picture1.CurrentY = 100
Picture1.Print "At Degree "

Picture1.CurrentX = 510
Picture1.CurrentY = 130
Picture1.Print "Minimum Powe =                dBm "

Picture1.CurrentX = 520
Picture1.CurrentY = 160
Picture1.Print "At Degree "

Picture1.Line (520, 230)-(550, 230), QBColor(9)
Picture1.CurrentX = 555
Picture1.CurrentY = 215
Picture1.Print "E-Plane "

Picture1.CurrentX = 510
Picture1.CurrentY = 245
Picture1.Print "Maximum Powe =                dBm "
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Picture1.CurrentX = 520
Picture1.CurrentY = 275
Picture1.Print "At Degree "

Picture1.CurrentX = 510
Picture1.CurrentY = 305
Picture1.Print "Minimum Powe =                    dBm "

Picture1.CurrentX = 520
Picture1.CurrentY = 335
Picture1.Print "At Degree "

End Sub

Private Sub Meplane_Click()
Dim Phi As Single, Phir As Single
Dim Arg As Single, Sinc As Single
Dim Eth(0 To 361) As Single
Dim Ethval As Single, Ethmax As Single

Dim Max As Single, Max1 As Single
Dim Min As Single, Min1 As Single
Dim dmx As Single, dmn As Single
Dim Span As Single

Wavelength = C / fr
Width_Rec = (Wavelength / 2#) * Sqr(2# / (Er + 1))
Ereff = ((Er + 1#) / 2#) + ((Er - 1#) / 2#) * (1# / Sqr(1# +_
 (12# * height_Rec) / Width_Rec))
'Wavelength_g = Wavelength / Sqr(Ereff)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Delta_L = (0.412 * height_Rec) * ((Ereff + 0.3) * ((Width_Rec _
/ height_Rec) + 0.264)) / ((Ereff - 0.258) * ((Width_Rec / height_Rec) + 0.8))
Leff = Wavelength / (2# * Sqr(Ereff))
L = Leff - (2# * Delta_L)
K0 = 2# * Pi / Wavelength

Ethmax = Sin((1 / 2) * K0 * height_Rec) / ((1 / 2) * K0 * height_Rec)
For Phi = 0 To 360
   Phir = Phi * Pi / 180
   If Phi > 90 And Phi < 270 Then
      Eth(Phi) = -50
   Else
      Arg = (1 / 2) * K0 * height_Rec * Cos(Phir)
      If Arg = 0 Then
         Sinc = 1
      Else
         Sinc = Sin(Arg) / Arg
      End If
      Ethval = Sinc * Cos((1 / 2) * K0 * Leff * Sin(Phir)) / Ethmax
      Level = 20 * Log10(Ethval)
      If Level < -30 Then
         Eth(Phi) = -30
      Else
         Eth(Phi) = Level
      End If
   End If
Next Phi

Max = Eth(0)
Max1 = Eth(0)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Min = Eth(0)
Min1 = Eth(0)
dmx = 0
dmn = 0

For Phi = 1 To 359
  If Eth(Phi) > Max1 Then
    If Eth(Phi) > Max Then
      Max = Eth(Phi)
      dmx = Phi
    Else
      Max1 = Eth(Phi)
    End If
  Else
    If Max1 > Max Then
      Max = Max1
      dmx = Phi
    Else
      Max1 = Eth(Phi)
    End If
  End If

  If Eth(Phi) < Min1 Then
    If Eth(Phi) < Min Then
      Min = Eth(Phi)
      dmn = Phi
    Else
      Min1 = Eth(Phi)
    End If
  Else
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      If Min1 < Min Then
         Min = Min1
         dmn = Phi
      Else
         Min1 = Eth(Phi)
      End If
   End If
Next Phi

Span = 50
Phi = 0

For Phi = 0 To 360
   Eth(Phi) = Eth(Phi) - Max
   If Eth(Phi) < -50 Then
      Eth(Phi) = -50
   End If
   Eth(Phi) = ((Eth(Phi) + 50) / Span) * 440
Next Phi

For Phi = 0 To 180
   Picture1.Line (CInt(1.5 * (Phi + 180)) + 80, CInt(445 - Eth(Phi)))_
-(CInt(1.5 * (Phi + 181)) + 80, CInt(445 - Eth(Phi + 1))), QBColor(9)
Next Phi

For Phi = 180 To 360
   Picture1.Line (CInt(1.5 * (Phi - 180)) + 80, CInt(445 - Eth(Phi)))_
-(CInt(1.5 * (Phi + -179)) + 80, CInt(445 - Eth((Phi + 1) Mod 360))), QBColor(9)
Next Phi
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Picture1.CurrentX = 600
Picture1.CurrentY = 245
Picture1.Print Max

Picture1.CurrentX = 600
Picture1.CurrentY = 275
Picture1.Print dmx

Picture1.CurrentX = 600
Picture1.CurrentY = 305
Picture1.Print Min

Picture1.CurrentX = 600
Picture1.CurrentY = 335
Picture1.Print dmn

End Sub

Private Sub MHplane_Click()
Dim EphMax As Single, EphVal As Single, Eph(0 To 361) As Single
Dim Arg1 As Single, Arg2 As Single
Dim Sinc1 As Single, Sinc2 As Single
Dim Th As Single, Thr As Single

Dim Max As Single, Max1 As Single
Dim Min As Single, Min1 As Single
Dim dmx As Single, dmn As Single
Dim Span As Single

Wavelength = C / fr
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Width_Rec = (Wavelength / 2#) * Sqr(2# / (Er + 1))
K0 = 2# * Pi / Wavelength
EphMax = Sin((1 / 2) * K0 * height_Rec) / ((1 / 2) * K0 * height_Rec)

For Th = 0 To 180
   Thr = Th * Pi / 180
   Arg1 = (1 / 2) * K0 * height_Rec * Sin(Thr)
   Arg2 = (1 / 2) * K0 * Width_Rec * Cos(Thr)
   If Arg1 = 0 Then
      Sinc1 = 1
   Else
      Sinc1 = Sin(Arg1) / Arg1
   End If
   If Arg2 = 0 Then
      Sinc2 = 1
   Else
      Sinc2 = Sin(Arg2) / Arg2
   End If
   EphVal = Sin(Thr) * Sinc1 * Sinc2 / EphMax
   If EphVal < 0.0316227766 Then
      Eph(Th) = -30
   Else
      Eph(Th) = 20 * Log10(EphVal)
   End If
Next Th

Max = Eph(0)
Max1 = Eph(0)
Min = Eph(0)
Min1 = Eph(0)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
dmx = 0
dmn = 0

For Th = 1 To 179
   If Eph(Th) > Max1 Then
      If Eph(Th) > Max Then
         Max = Eph(Th)
         dmx = Th
      Else
         Max1 = Eph(Th)
      End If
   Else
      If Max1 > Max Then
         Max = Max1
         dmx = Th
      Else
         Max1 = Eph(Th)
      End If
   End If

If Eph(Th) < Min1 Then
      If Eph(Th) < Min Then
         Min = Eph(Th)
         dmn = Th
      Else
         Min1 = Eph(Th)
      End If
   Else
      If Min1 < Min Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Min = Min1
            dmn = Th
        Else
            Min1 = Eph(Th)
        End If
    End If
Next Th

Span = 50
Th = 0

For Th = 0 To 180
    Eph(Th) = Eph(Th) - Max
    If Eph(Th) < -50 Then
        Eph(Th) = -50
    End If
    Eph(Th) = ((Eph(Th) + 50) / Span) * 440
Next Th

For Th = 0 To 180
    Picture1.Line (CInt(1.5 * (Th + 90)) + 80, CInt(445 - Eph(Th)_
))-(CInt(1.5 * (Th + 91)) + 80, CInt(445 - Eph(Th + 1))), QBColor(12)
Next Th

For Th = 180 To 181
    Picture1.Line (CInt(1.5 * (Th - 90)) + 80, CInt(445 - Eph(Th)_
))-(CInt(1.5 * (Th - 89)) + 80, CInt(445 - Eph((Th + 1) Mod 360))), QBColor(12)
Next Th

Picture1.CurrentX = 600
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Picture1.CurrentY = 70
Picture1.Print Max

Picture1.CurrentX = 600
Picture1.CurrentY = 100
Picture1.Print dmx

Picture1.CurrentX = 600
Picture1.CurrentY = 130
Picture1.Print Min

Picture1.CurrentX = 600
Picture1.CurrentY = 160
Picture1.Print dmn
End Sub

Private Sub Picture1_Click()

End Sub

Dim WH As Single ', whl As Single
Dim A As Single, B As Single, C As Single, D As_
 Single, S As Single, i As Single
Dim Er As Single, Ereff As Single
Dim Zc As Single
Const Pi As Single = 3.14159265358979
Const E As Single = 2.718282
Dim Erx(1 To 36) As Single

Dim Cx As Single, Cy As Single
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dim N As Single, ii As Single, Add As Single, r As Single
Dim Xp As Single, Yp As Single
Dim FileName As String
Dim Color As Single
Dim Fo As Single, Fp As Single, G As Single
Dim Ho As Single, Wo As Single
Dim Erefft As Single

Private Sub Command1_Click()
Beep
End
End Sub

Private Sub Command10_Click()
Picture1.Cls
Picture1.ScaleMode = 3
Cx = Picture1.ScaleWidth / 2
Cy = Picture1.ScaleHeight / 2
Add = -40

For r = 30 To 310 Step 40
   Picture1.Circle (Cx, Cy), r, QBColor(0)
   Add = Add + 5
   Picture1.CurrentX = Cx + 2
   Picture1.CurrentY = Cy - (r + 15)
   Picture1.Print Format(Add, " #0 dB ")
Next r
Picture1.Line (Cx - r + 35, Cy)-(Cx + r - 35, Cy)
Picture1.Line (Cx, Cy - r + 35)-(Cx, Cy + r - 35)
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Command2_Click()
Er = (TEr.ItemData(TEr.ListIndex)) / 10000
Zc = TZc.Text
If Zc > (44 - 2 * Er) Then
   A = (Zc * Sqr(2 * (Er + 1))) / 119.9
   C = (1 / 2) * ((Er - 1) / (Er + 1))
   D = (Log(Pi / 2)) / (Log(E))
   B = (Log(4 / Pi)) / (Log(E))
   S = A + C * (D + (1 / Er) * B)
   WH = 1 / (Exp(S) / 8 - 1 / (4 * Exp(S)))

   If WH < 1.3 Then
      A = (Er + 1) / 2
      B = (1 / (2 * S)) * (Er - 1) / (Er + 1)
      C = (Log(Pi / 2)) / (Log(E))
      D = (Log(4 / Pi)) / (Log(E))
      Ereff = A * (1 - B * (C + (1 / Er) * D)) ^ -2
   Else
      A = (Er + 1) / 2
      B = (Er - 1) / 2
      C = (1 + 10 / WH) ^ -0.555
      Ereff = A + B * C
      'Label5.Caption = C
      'Label5.Caption = B
   End If

Else
   D = (60 * Pi ^ 2) / (Zc * Sqr(Er))
   A = ((D - 1) - ((Log(2 * D - 1)) / Log(E)))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    B = (Er - 1) / (2 * Er)
    C = ((Log(D - 1)) / Log(E))
    D = 0.393 - (0.61 / Er)
    WH = (2 / Pi) * (A + B * (C + D))

    If WH < 1.3 Then
       A = (Er + 1) / 2
       B = (1 / (2 * S)) * (Er - 1) / (Er + 1)
       C = (Log(Pi / 2)) / (Log(E))
       D = (Log(4 / Pi)) / (Log(E))
       Ereff = A * (1 - B * (C + (1 / Er) * D)) ^ -2
    Else
       A = (Er + 1) / 2
       B = (Er - 1) / 2
       C = (1 + 10 / WH) ^ -0.555
       Ereff = A + B * C
       'Label5.Caption = C
    End If

End If
TEreff.Text = Ereff
TWH.Text = WH
WHl = WH
'Label6.Caption = Er
TWH.Enabled = True
Command4.Enabled = True
TEreff.Enabled = True
End Sub

Private Sub Command3_Click()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    B = (Er - 1) / (2 * Er)
    C = ((Log(D - 1)) / Log(E))
    D = 0.393 - (0.61 / Er)
    WH = (2 / Pi) * (A + B * (C + D))

    If WH < 1.3 Then
       A = (Er + 1) / 2
       B = (1 / (2 * S)) * (Er - 1) / (Er + 1)
       C = (Log(Pi / 2)) / (Log(E))
       D = (Log(4 / Pi)) / (Log(E))
       Ereff = A * (1 - B * (C + (1 / Er) * D)) ^ -2
    Else
       A = (Er + 1) / 2
       B = (Er - 1) / 2
       C = (1 + 10 / WH) ^ -0.555
       Ereff = A + B * C
       'Label5.Caption = C
    End If

End If
TEreff.Text = Ereff
TWH.Text = WH
WHl = WH
'Label6.Caption = Er
TWH.Enabled = True
Command4.Enabled = True
TEreff.Enabled = True
End Sub

Private Sub Command3_Click()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dim WoH As Single
Dim A As Single, B As Single, C As Single
DIM D As Single, Ee As Single, F As Single
Dim  G As Single
Dim H As Single
Dim Zc As Single
'Const Pi As Single = 3.14159265358979
Er = (TaEr.ItemData(TaEr.ListIndex)) / 10000
WoH = TaWh.Text

If WoH < 3.3 Then

   A = 119.9 / (Sqr(2 * (Er + 1)))
   B = 4 / WoH
   C = Sqr((16 * ((1 / WoH) ^ 2)) + 2)
   D = (1 / 2) * (Er - 1) / (Er + 1)
   Ee = (Log(Pi / 2)) / (Log(E))
   F = (1 / Er) * ((Log(4 / Pi)) / Log(E))
   Zc = A * ((Log(B + C)) / (Log(E)) - D * (Ee + F))
Else
   A = 119.9 * Pi / (2 * Sqr(Er))
   B = 1 / 2 * WoH
   C = (1 / 4) * (Log(4)) / (Log(E))
   D = (1 / (2 * Pi)) * (Log(E * Pi * Pi / 16) / Log(E))
   Ee = (Er - 1) / (Er * Er)
   F = (Er + 1) / (2 * Pi * Er)
   G = (Log(Pi * E / 2)) / Log(E)
   H = Log((1 / 2) * (WoH) + 0.94) / Log(E)
   Zc = A * (B + C + D * Ee + F * (G + H)) ^ -1
End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TaZc.Text = Zc
WHl = WH
Command5.Enabled = True
End Sub

Private Sub Command6_Click()
Er = (TbEr.ItemData(TbEr.ListIndex)) / 10000
Zc = TbZc.Text
Fo = TbFo.Text * 1000
Ho = TbH.Text / 1000
If Zc > (44 - 2 * Er) Then
   A = (Zc * Sqr(2 * (Er + 1))) / 119.9
   C = (1 / 2) * ((Er - 1) / (Er + 1))
   D = (Log(Pi / 2)) / (Log(E))
   B = (Log(4 / Pi)) / (Log(E))
   S = A + C * (D + (1 / Er) * B)
   WH = 1 / (Exp(S) / 8 - 1 / (4 * Exp(S)))

   If WH < 1.3 Then
      A = (Er + 1) / 2
      B = (1 / (2 * S)) * (Er - 1) / (Er + 1)
      C = (Log(Pi / 2)) / (Log(E))
      D = (Log(4 / Pi)) / (Log(E))
      Ereff = A * (1 - B * (C + (1 / Er) * D)) ^ -2
   Else
      A = (Er + 1) / 2
      B = (Er - 1) / 2
      C = (1 + 10 / WH) ^ -0.555
      Ereff = A + B * C
      'Label5.Caption = C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        'Label5.Caption = B
    End If

Else
    D = (60 * Pi ^ 2) / (Zc * Sqr(Er))
    A = ((D - 1) - ((Log(2 * D - 1)) / Log(E)))
    B = (Er - 1) / (2 * Er)
    C = ((Log(D - 1)) / Log(E))
    D = 0.393 - (0.61 / Er)
    WH = (2 / Pi) * (A + B * (C + D))

    If WH < 1.3 Then
        A = (Er + 1) / 2
        B = (1 / (2 * S)) * (Er - 1) / (Er + 1)
        C = (Log(Pi / 2)) / (Log(E))
        D = (Log(4 / Pi)) / (Log(E))
        Ereff = A * (1 - B * (C + (1 / Er) * D)) ^ -2
    Else
        A = (Er + 1) / 2
        B = (Er - 1) / 2
        C = (1 + 10 / WH) ^ -0.555
        Ereff = A + B * C
        'Label5.Caption = C
    End If

End If
TbWh.Text = WH
WHl = WH
Wo = WH * Ho
G = 0.6 + 0.009 * Zc
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Fp = Zc / (0.8 * Pi * Ho)
A = 1 + G * (Fo / Fp) ^ 2
Erefft = Er - (Er - Ereff) / A

TbEreff.Text = Erefft
'Label6.Caption = Er
TbWh.Enabled = True
'Command8.Enabled = True
Text1.Text = WH * Ho
Text2.Text = Zc * Sqr(Ereff / Erefft)

End Sub

Private Sub Command4_Click()
Beep
Command2.Enabled = False
Command3.Enabled = False
Command4.Enabled = False
Command5.Enabled = False
FFindW.Show
FEr.Hide
End Sub

Private Sub Command5_Click()
Beep
Command2.Enabled = False
Command3.Enabled = False
Command4.Enabled = False
Command5.Enabled = False
FFindW.Show
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
FEr.Hide
End Sub

Private Sub Command7_Click()
FEr.Hide
FChoose.Show
End Sub

Private Sub Command8_Click()
Ereff = Text5.Text
WH = Text6.Text
Er = (2 * Ereff - 1 + (1 + 10 / WH) ^ -0.555) / (1 + (1 + 10 / WH) ^ -0.555)
MsgBox "ค่าไดเรคตริก คือ  " & Er
End Sub

Private Sub Form_Load()
corlor = 1

End Sub

Private Sub TaEr_Click()
Command3.Enabled = True
End Sub

Private Sub TbEr_Click()
Command6.Enabled = True
End Sub

Private Sub TEr_Change()
Command2.Enabled = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub


Private Sub TEr_Click()
Command2.Enabled = True
End Sub


Option Explicit
Dim WoH As Single, Ans As Single ', whl As Single
Dim i As Single


Private Sub Command1_Click()
'whl = 12
If i = 1 Then
   WoH = Text2.Text
   Ans = WoH / WHl
   Text1.Text = Ans
   Label1.Caption = "ค่าความหนา (h)"
Else
   WoH = Text3.Text
   Ans = WoH * WHl
   Text1.Text = Ans
   Label1.Caption = "ค่าความกว้าง (w)"
End If


End Sub


Private Sub Command2_Click()
Beep
End
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub Command3_Click()
Beep
FFindW.Hide
FEr.Show
End Sub

Private Sub Option1_Click()
Text2.Enabled = True
Text3.Enabled = False
i = 1
End Sub

Private Sub Option2_Click()
Text3.Enabled = True
Text2.Enabled = False
i = 2
End Sub

Private Sub Text2_Change()
Command1.Enabled = True
End Sub

Private Sub Text3_Change()
Command1.Enabled = True
End Sub

Private Sub Command1_Click()
Beep
End
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub Command2_Click()
FPattern_1.Hide
FDesign.Show
End Sub

Private Sub Form_Load()
Color = 1
End Sub

Private Sub Form_Paint()
Dim N As Integer
Dim r As Single, stt As Single, stp As Single
Dim Add As Single, ShVal As Single
Dim Cx As Single, Cy As Single

Picture1.Cls
Picture1.ScaleMode = 3
Cx = Picture1.ScaleWidth / 2
Cy = Picture1.ScaleHeight / 2
Add = -40

For r = 30 To 310 Step 40
   Picture1.Circle (Cx, Cy), r, QBColor(0)
   Add = Add + 5
   Picture1.CurrentX = Cx + 2
   Picture1.CurrentY = Cy - (r + 15)
   Picture1.Print Format(Add, " #0 dB ")
Next r
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Picture1.Circle (Cx, Cy), 290, QBColor(12)
Picture1.CurrentX = Cx
Picture1.CurrentY = Cy - 306
Picture1.Print " - 3 dB"

Picture1.CurrentX = 275
Picture1.CurrentY = 1
Picture1.CurrentX = Cx - 25
Picture1.Print "   dB Relative"

Picture1.CurrentX = 5
Picture1.CurrentY = 505
Picture1.Print "  Normalize with "

Picture1.CurrentY = 535
Picture1.Print "   Gain =          dBm. "

Picture1.CurrentX = 2
Picture1.CurrentY = 5
Picture1.Print "  Maximum Power =              dBm. "

Picture1.CurrentX = 1
Picture1.CurrentY = 35
Picture1.Print "  At  Degree  "

Picture1.CurrentX = 2
Picture1.CurrentY = 65
Picture1.Print "  Minimum Power =              dBm. "

Picture1.CurrentX = 1
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Picture1.CurrentY = 95
Picture1.Print "  At  Degree  "

Picture1.Line (10, Cy)-(45, Cy), QBColor(13)
Picture1.CurrentX = 5
Picture1.CurrentY = Cy + 10
Picture1.Print "  E - Plane "

Picture1.CurrentX = 760
Picture1.CurrentY = 505
Picture1.Print "  Normalize with "

Picture1.CurrentX = 760
Picture1.CurrentY = 535
Picture1.Print " Gain =          dBm. "

Picture1.CurrentX = 700
Picture1.CurrentY = 5
Picture1.Print "  Maximum Power =          dBm. "

Picture1.CurrentX = 700
Picture1.CurrentY = 35
Picture1.Print "  At  Degree  "

Picture1.CurrentX = 700
Picture1.CurrentY = 65
Picture1.Print "  Minimum Power =          dBm. "

Picture1.CurrentX = 700
Picture1.CurrentY = 95
```

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Picture1.Print "  At  Degree  "

  Picture1.Line (790, Cy)-(825, Cy), QBColor(9)
  Picture1.CurrentX = 790
  Picture1.CurrentY = Cy + 10
  Picture1.Print "  H - Plane "

  Picture1.CurrentX = 760
  Picture1.CurrentY = Cy - 15
  Picture1.Print "  90  "

  Picture1.CurrentX = Cx - 10
  Picture1.CurrentY = Cy + 320
  Picture1.Print "  180  "

  Picture1.CurrentX = 95
  Picture1.CurrentY = Cy - 15
  Picture1.Print "  270  "

  stt = 0
  stp = Pi
  For N = 1 To 6
     stt = stt + Pi / 6
     stp = stp + Pi / 6
     Picture1.Circle (Cx, Cy), 310, QBColor(0), -stt, -stp
  Next N

  End Sub

  Private Sub MClear_Click()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dim N As Integer
Dim r As Single, stt As Single, stp As Single
Dim Add As Single, ShVal As Single
Dim Cx As Single, Cy As Single

Picture1.Cls
Picture1.ScaleMode = 3
Cx = Picture1.ScaleWidth / 2
Cy = Picture1.ScaleHeight / 2
Add = -40

For r = 30 To 310 Step 40
   Picture1.Circle (Cx, Cy), r, QBColor(0)
   Add = Add + 5
   Picture1.CurrentX = Cx + 2
   Picture1.CurrentY = Cy - (r + 15)
   Picture1.Print Format(Add, " #0 dB ")
Next r
Picture1.Circle (Cx, Cy), 290, QBColor(12)
Picture1.CurrentX = Cx
Picture1.CurrentY = Cy - 306
Picture1.Print " - 3 dB"

Picture1.CurrentX = 275
Picture1.CurrentY = 1
Picture1.CurrentX = Cx - 25
Picture1.Print "  dB Relative"

Picture1.CurrentX = 5
Picture1.CurrentY = 505
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Picture1.Print "  Normalize with "

Picture1.CurrentY = 535
Picture1.Print "    Gain =              dBm. "

Picture1.CurrentX = 2
Picture1.CurrentY = 5
Picture1.Print "  Maximum Power =              dBm. "

Picture1.CurrentX = 1
Picture1.CurrentY = 35
Picture1.Print "  At  Degree  "

Picture1.CurrentX = 2
Picture1.CurrentY = 65
Picture1.Print "  Minimum Power =              dBm. "

Picture1.CurrentX = 1
Picture1.CurrentY = 95
Picture1.Print "  At  Degree  "

Picture1.Line (10, Cy)-(45, Cy), QBColor(13)
Picture1.CurrentX = 5
Picture1.CurrentY = Cy + 10
Picture1.Print "  E - Plane "

Picture1.CurrentX = 760
Picture1.CurrentY = 505
Picture1.Print "  Normalize with "
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Picture1.CurrentX = 760
Picture1.CurrentY = 535
Picture1.Print " Gain =              dBm. "

Picture1.CurrentX = 700
Picture1.CurrentY = 5
Picture1.Print "  Maximum Power =              dBm. "

Picture1.CurrentX = 700
Picture1.CurrentY = 35
Picture1.Print "  At  Degree  "

Picture1.CurrentX = 700
Picture1.CurrentY = 65
Picture1.Print "  Minimum Power =              dBm. "

Picture1.CurrentX = 700
Picture1.CurrentY = 95
Picture1.Print "  At  Degree  "

Picture1.Line (790, Cy)-(825, Cy), QBColor(9)
Picture1.CurrentX = 790
Picture1.CurrentY = Cy + 10
Picture1.Print "  H - Plane "

Picture1.CurrentX = 760
Picture1.CurrentY = Cy - 15
Picture1.Print "  90  "

Picture1.CurrentX = Cx - 10
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Picture1.CurrentY = Cy + 320
    Picture1.Print "  180  "

    Picture1.CurrentX = 95
    Picture1.CurrentY = Cy - 15
    Picture1.Print "  270  "

    stt = 0
    stp = Pi
    For N = 1 To 6
      stt = stt + Pi / 6
      stp = stp + Pi / 6
      Picture1.Circle (Cx, Cy), 310, QBColor(0), -stt, -stp
    Next N
    'Picture1.Line (Cx - r + 35, Cy)-(Cx + r - 35, Cy)
    'Picture1.Line (Cx, Cy - r + 35)-(Cx, Cy + r - 35)
    End Sub

    Private Sub Meplane_Click()
    Dim Phi As Single, Phir As Single
    Dim Arg As Single, Sinc As Single
    Dim Eth(0 To 361) As Single, Level As Single
    Dim Ethval As Single, Ethmax As Single

    Dim Xp As Single, Yp As Single, G As Single
    Dim Span As Single, N As Single, K As Single
    Dim Max As Single, Max1 As Single
    Dim Min As Single, Min1 As Single
    Dim E(0 To 360) As Single, F(0 To 360) As Single
    Dim Cx As Single, Cy As Single
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Cx = Picture1.ScaleWidth / 2
Cy = Picture1.ScaleHeight / 2

Wavelength = C / fr
Width_Rec = (Wavelength / 2#) * Sqr(2# / (Er + 1))
Ereff = ((Er + 1#) / 2#) + ((Er - 1#) / 2#) * (1# / Sqr(1# + (12# *_
 height_Rec) / Width_Rec))
'Wavelength_g = Wavelength / Sqr(Ereff)
Delta_L = (0.412 * height_Rec) * ((Ereff + 0.3) * ((Width_Rec /_
 height_Rec) + 0.264)) / ((Ereff - 0.258) * ((Width_Rec / height_Rec) + 0.8))
Leff = Wavelength / (2# * Sqr(Ereff))
L = Leff - (2# * Delta_L)
K0 = 2# * Pi / Wavelength

Ethmax = Sin((1 / 2) * K0 * height_Rec) / ((1 / 2) * K0 * height_Rec)
For Phi = 0 To 360
   Phir = Phi * Pi / 180
   If Phi > 90 And Phi < 270 Then
      Eth(Phi) = -40
   Else
      Arg = (1 / 2) * K0 * height_Rec * Cos(Phir)
      If Arg = 0 Then
         Sinc = 1
      Else
         Sinc = Sin(Arg) / Arg
      End If
      Ethval = Sinc * Cos((1 / 2) * K0 * Leff * Sin(Phir)) / Ethmax
      Level = 20 * Log10(Ethval)
      If Level < -40 Then
         Eth(Phi) = -40
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Else
      Eth(Phi) = Level
    End If
Next Phi

Max = 0
Min = -40

For Phi = 1 To 359
  G = (Eth(Phi - 1)) + 40
  Xp = (1 / 40) * 310 * G * Sin((360 - (Phi - 1)) * Pi / 180)
  Yp = (1 / 40) * 310 * G * Cos((360 - (Phi - 1)) * Pi / 180)
  E(Phi) = Cx - (CInt(Xp))
  F(Phi) = Cy - (CInt(Yp))
  If Phi = 1 Then
    Picture1.Line (E(359), F(359))-(E(0), F(0)), QBColor(13)
  Else
    Picture1.Line (E(Phi - 1), F(Phi - 1))-(E(Phi), F(Phi)), QBColor(13)
  End If
Next Phi

Picture1.CurrentX = 50
Picture1.CurrentY = 535
Picture1.Print Max

Picture1.CurrentX = 128
Picture1.CurrentY = 5
Picture1.Print Max

Picture1.CurrentX = 70
```

เอกสารนี้ผลิตขึ้นเพื่อสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Picture1.CurrentY = 35
Picture1.Print K

Picture1.CurrentX = 120
Picture1.CurrentY = 65
Picture1.Print Min

Picture1.CurrentX = 70
Picture1.CurrentY = 95
Picture1.Print N

End Sub

Private Sub MHplane_Click()
Dim Th As Single, Thr As Single
Dim Arg1 As Single, Sinc1 As Single
Dim Arg2 As Single, Sinc2 As Single
Dim Eph(0 To 181) As Single
Dim EphVal As Single, EphMax As Single

Dim Xp As Single, Yp As Single, G As Single
Dim Span As Single, N As Single, K As Single, J As Single
Dim Max As Single, Max1 As Single
Dim Min As Single, Min1 As Single
Dim E(0 To 360) As Single, F(0 To 360) As Single
Dim D(0 To 360) As Single
Dim Cx As Single, Cy As Single

Cx = Picture1.ScaleWidth / 2
Cy = Picture1.ScaleHeight / 2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Wavelength = C / fr
Width_Rec = (Wavelength / 2#) * Sqr(2# / (Er + 1))
K0 = 2# * Pi / Wavelength
EphMax = Sin((1 / 2) * K0 * height_Rec) / ((1 / 2) * K0 * height_Rec)

For Th = 0 To 180
   Thr = Th * Pi / 180
   Arg1 = (1 / 2) * K0 * height_Rec * Sin(Thr)
   Arg2 = (1 / 2) * K0 * Width_Rec * Cos(Thr)
   If Arg1 = 0 Then
      Sinc1 = 1
   Else
      Sinc1 = Sin(Arg1) / Arg1
   End If
   If Arg2 = 0 Then
      Sinc2 = 1
   Else
      Sinc2 = Sin(Arg2) / Arg2
   End If
   EphVal = Sin(Thr) * Sinc1 * Sinc2 / EphMax
   If EphVal < 0.0316227766 Then
      Eph(Th) = -40
   Else
      Eph(Th) = 20 * Log10(EphVal)
   End If
Next Th

Max = Eph(0)
Max1 = Eph(0)
Min = Eph(0)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Min1 = Eph(0)
K = 0
N = 0

For Th = 1 To 180
   If Eph(Th) > Max Then
      If Eph(Th) > Max Then
         Max = Eph(Th)
         K = Th
      Else
         Max1 = Eph(Th)
      End If
   Else
      If Max1 > Max Then
         Max = Max1
         K = Th
      Else
         Max1 = Eph(Th)
      End If
   End If

If Eph(Th) < Min1 Then
      If Eph(Th) < Min Then
         Min = Eph(Th)
         N = Th
      Else
         Min1 = Eph(Th)
      End If
   Else
      If Min1 < Min Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Min = Min1
            N = Th
        Else
            Min1 = Eph(Th)
        End If
    End If
Next Th

Span = Max - Min
If Span > 40 Then
    Span = 40
    Min = Max - 40
End If

For Th = 0 To 179
    If (Max - Eph(Th)) > 40 Then
        Eph(Th) = Max - 40
    End If
Next Th

For Th = 1 To 179
    G = (Eph(Th - 1) - Min) + (40 - Span)
    Xp = (1 / 40) * 310 * G * Sin((90 - (Th - 1)) * Pi / 180)
    Yp = (1 / 40) * 310 * G * Cos((90 - (Th - 1)) * Pi / 180)
    E(Th) = Cx - (CInt(Xp))
    F(Th) = Cy - (CInt(Yp))
    If Th = 1 Then
        Picture1.Line (E(359), F(359))-(E(0), F(0)), QBColor(9)
    Else
        Picture1.Line (E(Th - 1), F(Th - 1))-(E(Th), F(Th)), QBColor(9)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    End If
  Next Th

  Picture1.CurrentX = 800
  Picture1.CurrentY = 535
  Picture1.Print Max

  Picture1.CurrentX = 800
  Picture1.CurrentY = 5
  Picture1.Print Max

  Picture1.CurrentX = 800
  Picture1.CurrentY = 35
  Picture1.Print K

  Picture1.CurrentX = 800
  Picture1.CurrentY = 65
  Picture1.Print Min

  Picture1.CurrentX = 800
  Picture1.CurrentY = 95
  Picture1.Print N "" At  Degree  "

  End Sub

  Option Explicit
  Global WHl As Single
  Global Color As Single
  Global fr As Single
  Global height_Rec As Single
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Global Y0 As Single
Global Er As Single
Global Zin_Lin As Single
Global Width_Rec As Single
Global Zo0 As Single
Global Zo As Single
Global Zo1 As Single
Global Rin_ant As Single
Global Rin_yo As Single
Global w0 As Single
Global w1 As Single
Global L0 As Single
Global L1 As Single
Global L As Single
Global Leff As Single
Global Ereff As Single
Global Delta_L As Single
Global Wavelength As Single
Global Wavelength_g As Single
Global Gin As Single
Global G1 As Single
Global G12 As Single
Global K0 As Single
Global Directivity As Single
Global Directivity_dB As Single
Global Const Tol = 1 * 10 ^ -6
Global Const C = 300
Global Const Pi = 3.141592654
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Public Function Log10(P As Single) As Single
Log10 = Log(P) / Log(10)

End Function
'**************************Directivity*********************
Public Function Urect(x1 As Single, x2 As Single) As Single
Dim Sinc1 As Single, Sinc2 As Single
Dim Arg1 As Single, Arg2 As Single, Arg3 As Single

Arg1 = (1 / 2) * K0 * height_Rec * Sin(x1) * Cos(x2)
Arg2 = (1 / 2) * K0 * Width_Rec * Cos(x1)
Arg3 = (1 / 2) * K0 * Leff * Sin(x1) * Sin(x2)
If Abs(Arg1) < Tol Then
   Sinc1 = 1
Else
   Sinc1 = Sin(Arg1) / Arg1
End If
If Abs(Arg2) < Tol Then
   Sinc2 = 1
Else
   Sinc2 = Sin(Arg2) / Arg2
End If
Urect = (Sinc1 ^ 2) * (Sinc2 ^ 2) * Sin(x1) ^ 2 * Cos(Arg3) ^ 2
End Function
'**************************Fn1*********************************
Public Function FN1(Th1 As Single) As Single
Dim Si1 As Single, Ar1 As Single
Ar1 = (1 / 2) * K0 * Width_Rec * Cos(Th1)
If Abs(Ar1) < Tol Then
   Si1 = 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Else
   Si1 = Sin(Ar1) / Ar1
End If
FN1 = (K0 * Width_Rec / 2) ^ 2 * Si1 ^ 2 * Sin(Th1) ^ 2
End Function
'*******************************Fn2*******************************
Public Function FN2(Th2 As Single) As Single
Dim Si2 As Single, Ar2 As Single
Ar2 = (1 / 2) * K0 * Width_Rec * Cos(Th2)
If Abs(Ar2) < Tol Then
   Si2 = 1
Else
   Si2 = Sin(Ar2) / Ar2
End If
FN2 = (K0 * Width_Rec / 2) ^ 2 * Si2 ^ 2 * Sin(Th2)_
^ 2 * BessJ0(K0 * L * Sin(Th2))

End Function
'*******************************BessJ0*******************************

Public Function BessJ0(x0 As Single) As Single
Dim Y As Single, Ax As Single, Z0 As Single, XX As Single
Dim A1 As Single, A2 As Single, A3 As Single, A4 As Single, a5 As Single
Dim B1 As Single, B2 As Single, B3 As Single, B4 As Single, B5 As Single
Dim C1 As Single, C2 As Single, C3 As Single, C4 As Single, C5 As Single
Dim C6 As Single, C7 As Single, C8 As Single, C9 As Single, C10 As Single
Dim C11 As Single, C12 As Single, C13 As Single, C14 As Single

Const P1 = 1
Const P2 = (-0.001098628627)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Const p3 = 0.000027345104O7
Const p4 = (-0.000002073370639)
Const p5 = 0.0001430488765

Const Q1 = (-0.01562499995)
Const Q2 = 0.0001430488765
Const Q3 = (-0.000006911147651)
Const Q4 = 7.621095161E-07
Const Q5 = (-9.34945152E-08)

Const R1 = 57568490574#
Const R2 = (-13362590354#)
Const R3 = 651619640.7
Const R4 = -11214424.18
Const R5 = 77392.33017
Const R6 = -184.9052456

Const S1 = 57568490411#
Const S2 = 1029532985
Const S3 = 9494680.718
Const S4 = 59272.64853
Const S5 = 8532712
Const S6 = 1

If Abs(x0) < 8 Then
  Y = x0 ^ 2
  A1 = R5 + Y * R6
  A2 = R4 + Y * A1
  A3 = R3 + Y * A2
  A4 = R2 + Y * A3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    a5 = R1 + Y * A4

    B1 = S5 + Y * S6
    B2 = S4 + Y * B1
    B3 = S3 + Y * B2
    B4 = S2 + Y * B3
    B5 = S1 + Y * B4

    BessJ0 = a5 / B5
Else
    Ax = Abs(x0)
    Z0 = 8 / Ax
    Y = Z0 ^ 2
    XX = Ax - 0.785398164

    C1 = Sqr(0.636619772 / Ax)
    C2 = Cos(XX)
    C3 = p4 + Y * p5
    C4 = p3 + Y * C3
    C5 = P2 + Y * C4
    C6 = P1 + Y * C5
    C7 = Z0 * Sin(XX)
    C8 = Q4 + Y * Q5
    C9 = Q3 + Y * C8
    C10 = Q2 + Y * C9
    C11 = Q1 + Y * C10
    C12 = C1 * C2
    C13 = C12 * C6
    C14 = C7 * C11
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    BessJ0 = C13 - C14
End If
End Function
'**********************************DetW---**************************
Public Function Detw(Zo As Single) As Single
Dim Aw As Single, Bw As Single, Cw As Single
Aw = (Zo / 60) * (Sqr((Er + 1) / 2) + ((Er - 1) / (Er + 1)) * (0.23 + 0.11 / Er))
Bw = Zo * Sqr(Ereff)
If Aw > 1.52 And Bw > 89.91 Then
   Detw = (8 * height_Rec * Exp(Aw)) / (Exp(2 * Aw) - 2)
ElseIf Aw < 1.52 And Bw < 89.91 Then
   Cw = (377 * Pi) / (2 * Zo * Sqr(Er))
   Detw = (1 / Pi) * 2 * height_Rec * (Cw - 1 - Log(2 * Cw - 1)_
+ ((Er - 1) / (2 * Er)) * (Log(Cw - 1) + 0.39 - 0.61 / Er))
End If
End Function
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้