

สายอากาศร่องสี่เหลี่ยมที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วม แบบสองความถี่โดยใช้ร่องคู่รูปตัวแอล

Dual-Band CPW-fed Rectangular Slot Antenna Using L-shaped Twin Slots

ประกาศิต ตันตือลงการ¹ และ จีระศักดิ์ ช่างชัย²

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบและสร้างสายอากาศร่องสี่เหลี่ยมที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมแบบสองความถี่โดยใช้ร่องคู่รูปตัวแอล ได้จำลองการทำงานของสายอากาศด้วยโปรแกรมออกแบบสายอากาศสามมิติไมโครเวฟ (IE3D) จากผลการทดสอบสายอากาศที่สร้างขึ้นพบว่าสายอากาศสามารถทำงานแบบสองความถี่ได้ โดยสายอากาศแบบร่องคู่ปลิงรูปตัวแอล อิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์ที่ค่าสูญเสียย้อนกลับที่ -10 dB ในย่านความถี่ต่ำเท่ากับ 1850 MHz (1750 ถึง 3600 MHz) หรือประมาณ 69.2% ของความถี่กลางและในย่านความถี่สูงเท่ากับ 1200 MHz (3800 to 5000 MHz) หรือประมาณ 27.3% ของความถี่กลาง ซึ่งแถบความถี่อยู่ในย่านการใช้งานของระบบสื่อสารไร้สาย อาทิ GSM 1800, GSM 1900, IMT-2000, Wimax (IEEE802.16) 3600 MHz และระบบเครือข่ายไร้สาย ความถี่ 2.45 GHz

คำสำคัญ : สองความถี่, ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วม, ร่องสี่เหลี่ยม, ร่องคู่รูปตัวแอล, เครือข่ายไร้สาย

Abstract

This paper research presents the designation and implementation of Dual-Band CPW-fed Rectangular Slot Antennas Using L-shaped Twin Slots. In this study, we discuss about the effect form dimensions of aperture coupled slot, including rectangular slots. The antennas has been designed and simulated by IE3D program. The result shows the proposed antennas can be achieved dual-band operations. The maximum impedance bandwidth for a -10 dB return loss at lower frequency band is 1850 MHz (1750 to 3600 MHz) or about 69.2% of the center frequency and at the upper frequency band is 1200 MHz (from 3800 to 5000 MHz) or about 27.3% of the center frequency. This antenna can be employed for several application bands such as GSM1800, GSM1900, IMT-2000, Wimax (IEEE802.16) 3600 MHz and wireless LAN network of 2.45 GHz.

Key word: Dual-Band, CPW-fed, Rectangular Slot, L-shaped Twin Slots, Wireless LAN

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

² อาจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

1. บทนำ

เทคโนโลยีทางการติดต่อสื่อสารโทรคมนาคมจัดได้ว่ามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันของมนุษย์ในยุคปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการติดต่อสื่อสารโดยใช้คลื่นความถี่ในย่านความถี่ไมโครเวฟ ซึ่งใช้งานในระบบสื่อสารต่างๆ มากมายเช่น ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ในระบบสื่อสารดาวเทียมระบบวิทยุสื่อสาร และระบบเรดาร์ เป็นต้น อีกทั้งยังนำมาใช้ประโยชน์ในงานด้านการศึกษา งานด้านสำรวจทรัพยากร งานด้านธุรกิจ งานด้านการแพทย์และทางการแพทย์ ปัจจุบันการสื่อสารไร้สายได้เพิ่มความสำคัญขึ้นเป็นลำดับจะเห็นได้จากแพร่หลายของโทรศัพท์เคลื่อนที่และการรับสัญญาณโดยตรงจากดาวเทียม ในการพัฒนาระบบการสื่อสารแบบไร้สายมีอยู่ด้วยกันหลายระบบ เช่น ระบบ DCS (1720 – 1880 MHz), ระบบ PCS (1850 – 1990 MHz), ระบบ IMT – 2000 (1920 – 2170 MHz), ระบบ IEEE802.16 (2-6 GHz) และระบบ IEEE 802.11 WLAN มีสองความถี่คือ ความถี่ 2.4 GHz (2400 – 2484 MHz) และความถี่ 5.2 GHz (5130 – 5350 MHz)

ในการสื่อสารแบบไร้สายนั้นอาศัยตัวกลางในการสื่อสารคืออากาศ โดยสายอากาศจะทำหน้าที่ในการรับคลื่นที่อยู่ในอากาศและส่งคลื่นออกอากาศ สายอากาศจึงจัดว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในระบบสื่อสารแบบไร้สาย การวิจัยและพัฒนาโครงสร้างของสายอากาศมีการมุ่งเน้นให้มีการลดขนาดของสายอากาศ การขยายแบนด์วิดท์ของสายอากาศและการเพิ่มประสิทธิภาพของสายอากาศ เช่น การพัฒนาให้มีการสูญเสียต่ำหรือการทำให้มีโครงสร้างที่เหมาะสมกับการใช้งาน รวมไปถึงการจัดสร้างให้มีลักษณะเป็นวงจรรวมอยู่รวมบนระนาบเดียวกัน (Monolithic Microwave Integrated Circuits : MMIC) โดยงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบสายอากาศที่มีความถี่ใช้งานสองย่านความถี่คือที่ย่านความถี่ 1780 - 3600 MHz และย่านความถี่ 3800 - 5000 MHz เพื่อให้สายอากาศมีขนาดเล็กและใช้งานได้ครอบคลุมระบบที่กล่าวมา

2. การออกแบบสายอากาศ

2.1 การศึกษารูปแบบของสัดับในสายอากาศร่องสี่เหลี่ยม

ที่ป้อนด้วยท่อนำคลื่นระนาบร่วม

ผู้วิจัยได้ศึกษาการออกแบบสายอากาศร่องชนิดต่างๆ ทั้งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส วงกลม และสามเหลี่ยมที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณโครงสร้างระนาบร่วม (CPW-fed Antennas) [1-6] สำหรับการใช้งานในย่านความถี่กว้างสายอากาศร่องสี่เหลี่ยมที่ป้อนด้วยท่อนำคลื่นระนาบร่วมสามารถพัฒนาเป็นสายอากาศร่องสี่เหลี่ยมที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมแบบสองความถี่ได้ [7] รูปร่างของสัดับในสายอากาศร่องสี่เหลี่ยมที่ป้อนด้วยท่อนำคลื่นรูปแบบต่างๆ เช่น สัดับรูปสามเหลี่ยม สัดับรูปสี่เหลี่ยม สัดับรูปวงกลม เป็นต้น จะมีผลแตกต่างกัน สัดับรูปสี่เหลี่ยมจะมีค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์และการสูญเสียย้อนกลับสูงสุด [8] การพัฒนาให้สายอากาศสามารถใช้งานได้สองความถี่จะสร้างสายอากาศเป็นสายอากาศร่องสี่เหลี่ยมที่ป้อนด้วยท่อนำคลื่นเป็นสัดับรูปตัวแอลและทำการทดลองปรับความถี่ด้านต่ำและความถี่ด้านสูง การปรับความถี่ด้านต่ำจะคล้ายคลึงกับสายอากาศแบบร่องที่ป้อนด้วยท่อนำคลื่นระนาบร่วม แต่การปรับความถี่ทางด้านสูงทำได้โดยการปรับขนาดของร่องสี่เหลี่ยมสายอากาศร่องสัดับรูปตัวแอล สายอากาศแบบนี้ง่ายต่อการแมตช์อิมพีแดนซ์และสามารถใช้งานแบบการสื่อสารไร้สายได้ [9]

2.2 การออกแบบสายนำสัญญาณระนาบร่วม

ในการออกแบบสายนำสัญญาณระนาบร่วม ผู้วิจัยได้ออกแบบโดยเลือกใช้สายนำสัญญาณระนาบร่วม [10] ชนิดที่ไม่มีกราวด์ด้านล่าง ความถี่เรโซแนนซ์ ที่ใช้ในการออกแบบคือความถี่ 3.6 GHz และอิมพีแดนซ์ของสายนำสัญญาณมีค่าเท่ากับ 50Ω การออกแบบใช้โปรแกรม LineGauge ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบมีค่าดังนี้

$$\text{Frequency} = 3.6 \text{ GHz}$$

$$\text{Relative Permittivity} = 4.4$$

$$\text{Substrate Height } h = 1.6 \text{ mm}$$

$$\text{Metal Thickness } t = 0.02 \text{ mm}$$

$$\text{Spacing } S = 0.3 \text{ mm}$$

$$Z_c(\text{Ohm}) = 50 \Omega$$

Electrical Length (Degree) = 90

ผลการคำนวณจากโปรแกรม จะได้ขนาดทางกายภาพของ
สายนำสัญญาณระนาบร่วมดังนี้

Strip Width $W = 2.73032 \text{ mm}$

Length = 13.3448 mm

Guide Wavelength = 53.3435 mm

เนื่องจากค่าที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมเป็นค่าที่
สร้างขึ้นมาได้ยาก ดังนั้นจึงเลือกค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณ
ได้จากโปรแกรม โดยเลือกใช้ค่า Strip width $W = 3 \text{ มิลลิเมตร}$
ซึ่งจะทำให้ค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าเปลี่ยนไปคือ

$Z_c(\text{Ohm}) = 49.1146 \Omega$

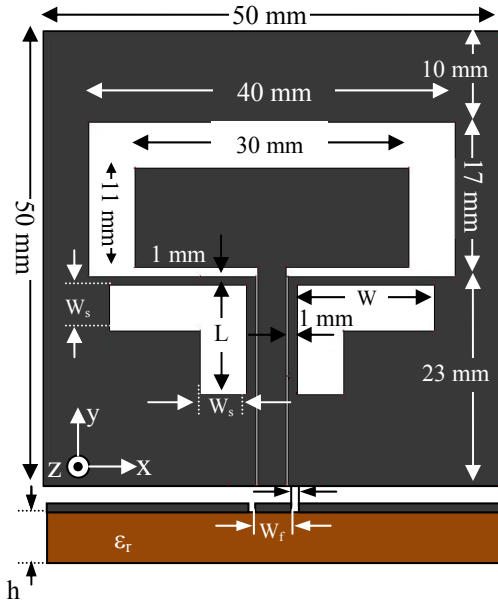
Electrical Length (Degree) = 89.6086 mm

Effective Permittivity = 2.41606

Guide Wavelength = 53.5766 mm

หลังจากที่ได้ศึกษารูปแบบของสแต็คในสายอากาศแล้วใน
ขั้นตอนถัดมาจะเป็นศึกษารูปแบบของร่องคัปปลิ่งที่เหมาะสม
สำหรับการออกแบบสายอากาศร่องสี่เหลี่ยมให้ทำงานได้สอง
ความถี่ โดยลักษณะของสายอากาศร่องสี่เหลี่ยมที่ใช้เป็น
สายอากาศร่องคัปปลิ่งรูปตัวแอล ดังแสดงในรูปที่ 1 เป็น
แผ่นวงจรพิมพ์ที่มีตัวนำด้านเดียวชนิด FR4 ความหนาของ
ชั้นสเตรทเท็กซ์ 1.6 มิลลิเมตร ค่าคงที่ของไดอิเล็กตริกเท่ากับ
4.4 และความหนาของแผ่นตัวนำที่เป็นทองแดงเท่ากับ 2
ไมโครเมตร กำหนดให้สายอากาศมีขนาด 50×50 ตาราง
มิลลิเมตร และการป้อนสัญญาณให้กับสายอากาศจะป้อนเข้าที่
กึ่งกลางทางด้านข้างของสายอากาศด้วยสายนำสัญญาณระนาบ
ร่วม โดยขนาดของสายนำสัญญาณคือ ความกว้าง (W_f) เท่ากับ 3
มิลลิเมตร ความยาว (L) เท่ากับ 15 มิลลิเมตรและความกว้างของ
ร่องระหว่างสายนำสัญญาณของสายอากาศกับระนาบกราวด์
(g) เท่ากับ 0.3 มิลลิเมตร ซึ่งขนาดของสายนำสัญญาณได้มาจากการ
คำนวณโดยใช้โปรแกรม LineGauge เมื่อกำหนดค่าความถี่
กลางไว้ที่ 3.6 GHz และอิมพีแดนซ์ของสายอากาศเท่ากับ 50Ω
ร่องสี่เหลี่ยมที่อยู่ภายในสายอากาศมีขนาดคงที่เท่ากับ 40×17
ตารางมิลลิเมตร ขนาดของสแต็คสี่เหลี่ยมที่อยู่ภายในร่องเท่ากับ
 30×11 ตารางมิลลิเมตรและช่องว่างระหว่างสแต็คสี่เหลี่ยมกับ
กราวด์เท่ากับ 1 มิลลิเมตร ใช้โปรแกรม IE3D จำลองการทำงาน

ของสายอากาศเพื่อหาค่าความสูญเสียของสายอากาศเพื่อนำมา
เปรียบเทียบกับคุณสมบัติที่เหมาะสมในการสร้างสายอากาศ
แบบสองความถี่ ลักษณะโครงสร้างของสายอากาศร่อง



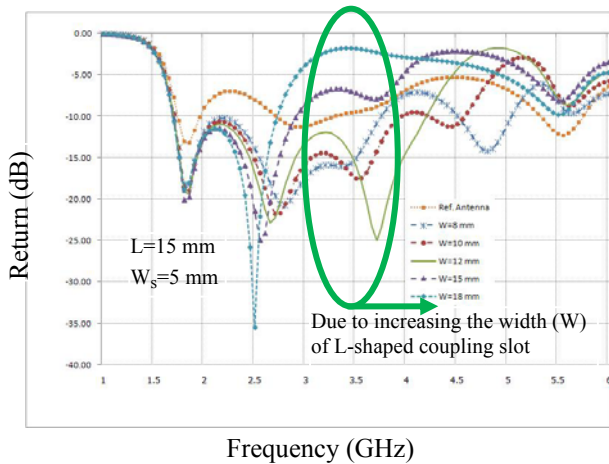
รูปที่ 1 สายอากาศร่องสี่เหลี่ยมที่คัปปลิ่งโดยใช้ร่องคูป
รูปตัวแอล

สี่เหลี่ยมที่ป้อนด้วยท่อนำคลื่นระนาบร่วมที่คัปปลิ่งโดยใช้ร่อง
คูปรูปตัวแอล ได้ออกแบบโดยเพิ่มร่องรูปตัวแอลห่างจากสายนำ
สัญญาณ 1.3 มิลลิเมตร ขนาดของร่องรูปตัวแอลคือความกว้าง
(W) ความกว้างของร่อง (W_s) และ ความยาว (L) เป็นตัวกำหนด
ความถี่เรโซแนนซ์และรูปแบบการทำงานของสายอากาศ

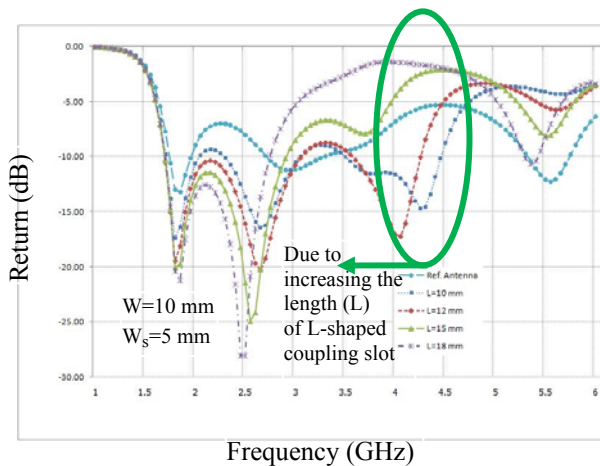
3. ผลและการวิเคราะห์ผลการจำลองการทำงาน

ผลของการจำลองค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศ
ร่องสี่เหลี่ยมที่คัปปลิ่งโดยใช้ร่องคูปรูปตัวแอล รูปที่ 2 แสดงการ
เปรียบเทียบค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศร่องสี่เหลี่ยม
ที่คัปปลิ่งโดยใช้ร่องคูปรูปตัวแอล โดยการปรับค่าความกว้าง W
ให้เป็น 8, 10, 12, 15 และ 18 มิลลิเมตรและค่าความกว้าง W_s
และความยาว L คงที่ที่ 5 มิลลิเมตรและ 15 มิลลิเมตรตามลำดับ
จากรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่าแบนด์วิดท์ของสายอากาศทั้งด้าน
ความถี่ต่ำและความถี่สูงเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความกว้าง W ของร่อง

รูปตัวแอล ค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์ด้านความถี่ต่ำกว้างที่สุดเมื่อปรับค่าความกว้าง W เท่ากับ 10 มิลลิเมตร โดยค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์เท่ากับ 2900 MHz (1700-4600 MHz)



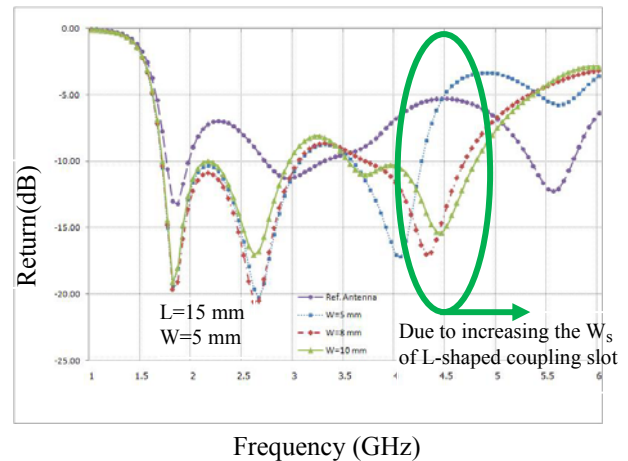
รูปที่ 2 การสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศ เมื่อปรับความกว้าง W ของร่องคัปปลิงรูปตัวแอล



รูปที่ 3 การสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศ เมื่อปรับความยาว L ของร่องคัปปลิงรูปตัวแอล

หรือ 92.1% ของความถี่กลาง แต่เมื่อความกว้างของร่องเกินกว่า 12 มิลลิเมตรจะทำให้อิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์ในย่านความถี่ต่ำลดลงและสายอากาศจะไม่สามารถทำงานสองความถี่ได้ รูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศ

ร่องสี่เหลี่ยมที่คัปปลิงโดยใช้ร่องคู่รูปตัวแอล โดยการปรับค่าความยาว L ให้เป็น 10, 12, 15 และ 18 มิลลิเมตรและค่าความ

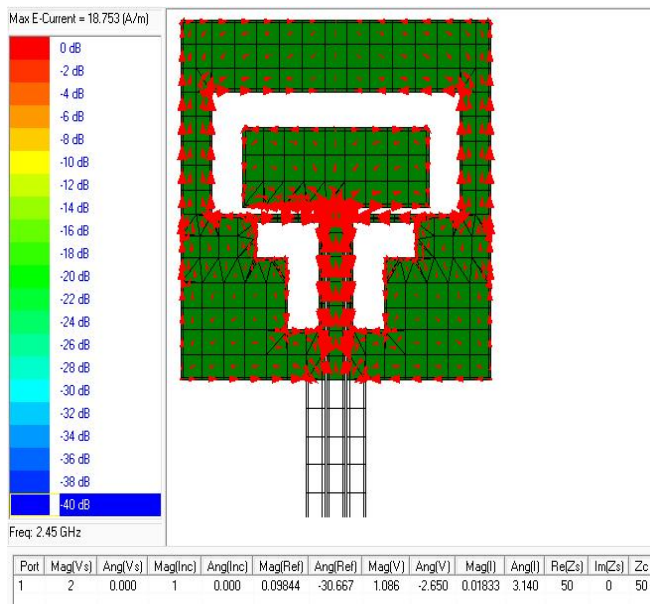


รูปที่ 4 การสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศ เมื่อปรับความกว้าง W_s ของร่องคัปปลิงรูปตัวแอล

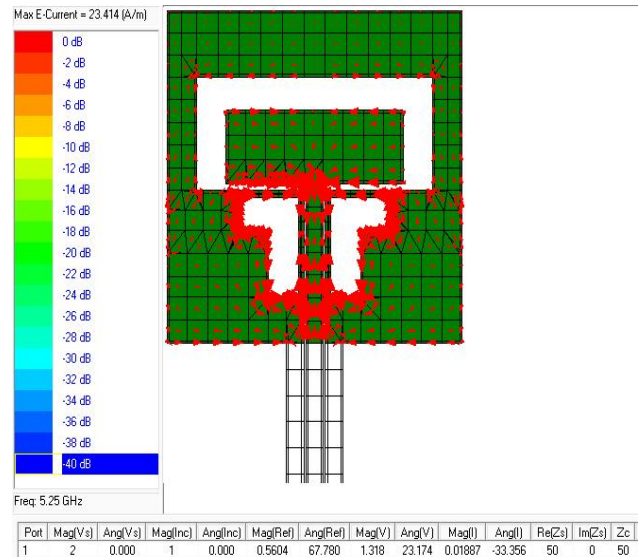
กว้าง W และความกว้าง W_s คงที่ 10 มิลลิเมตรและ 5 มิลลิเมตรตามลำดับ จากรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่าแบนด์วิดท์ของสายอากาศทางด้านความถี่ต่ำจะลดลงเมื่อเพิ่มความยาว L ของร่องรูปตัวแอล ค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์ด้านความถี่ต่ำกว้างที่สุดเมื่อปรับค่าความยาว L เท่ากับ 12 มิลลิเมตร โดยค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์เท่ากับ 1350 MHz (1700-3050 MHz) หรือ 56.8% ของความถี่กลางและค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์ด้านความถี่สูงกว้างที่สุดเมื่อปรับค่าความยาว L เท่ากับ 10 มิลลิเมตร โดยค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์เท่ากับ 1000 MHz (3500-4500 MHz) หรือ 25% ของความถี่กลาง แต่เมื่อความยาวของร่องเกินกว่า 12 มิลลิเมตรจะทำให้อิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์ในย่านความถี่ต่ำลดลงและสายอากาศจะไม่สามารถทำงานสองความถี่ได้ ผลของการเปลี่ยนแปลงขนาด W_s ที่มีต่อการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศแสดงไว้ในรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าเมื่อปรับขนาดของ W_s ให้เพิ่มขึ้นจะทำให้ความถี่เรโซแนนซ์ด้านความถี่สูงของสายอากาศเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์ด้าน

ความถี่ต่ำกว้างที่สุดเมื่อปรับค่าความกว้าง W_s เท่ากับ 8 มิลลิเมตร โดยค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์เท่ากับ 1350 MHz (1700-3050 MHz) หรือ 56.8% ของความถี่กลางและค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์ด้านความถี่สูงกว้างที่สุดเมื่อปรับค่าความกว้าง W_s เท่ากับ 12 มิลลิเมตร โดยค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์เท่ากับ 1000 MHz (3550-4800 MHz) หรือ 29.9% ของความถี่กลาง

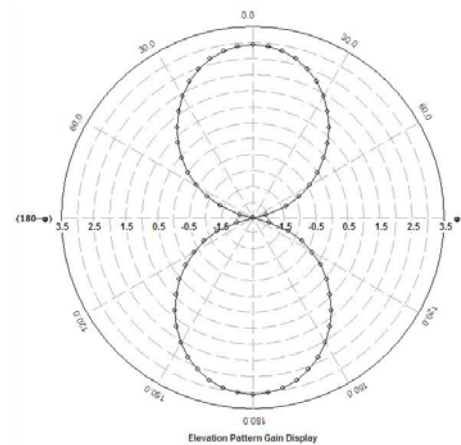
รูปที่ 5 และรูปที่ 6 เป็นผลการจำลองความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าของสายอากาศร่องสี่เหลี่ยมที่ความถี่ 2.45 GHz และ 5.25 GHz ตามลำดับ



รูปที่ 5 ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าในสายอากาศ
ร่องรูปตัวแอลที่ความถี่ 2.45 GHz

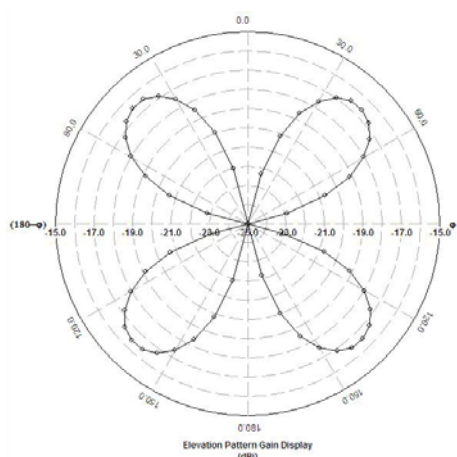


รูปที่ 6 ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าในสายอากาศ
ร่องรูปตัวแอลที่ความถี่ 5.25 GHz

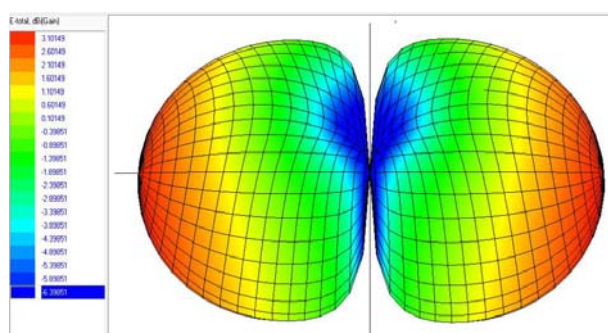


รูปที่ 7 รูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศร่อง
รูปตัวแอลที่ความถี่ 2.45 GHz ในระนาบ y-z

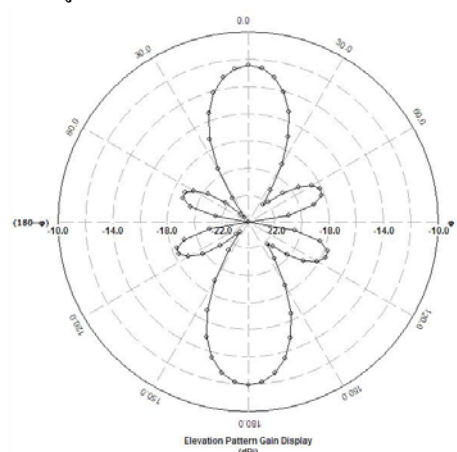
รูปที่ 7 ถึงรูปที่ 12 แสดงรูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศร่องรูปตัวแอลในระนาบ 2 มิติและ 3 มิติที่ความถี่ 2.45 GHz และ 5.25 GHz ตามลำดับ ลักษณะความหนาแน่นของกระแสที่เกิดขึ้นในสายอากาศเมื่อใช้งานที่ความถี่สูงจะเกิดขึ้นหนาแน่นที่บริเวณร่องที่เจาะเพิ่ม จึงมีผลทำให้รูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศบิดเบี้ยว แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศจะผิดเพี้ยนออกไปจากเดิมเมื่อความถี่สูงขึ้น



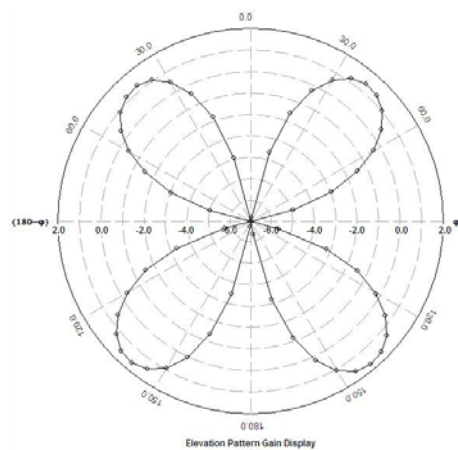
รูปที่ 8 รูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศช่อง
รูปตัวแอลที่ความถี่ 2.45 GHz ในระนาบ x-z



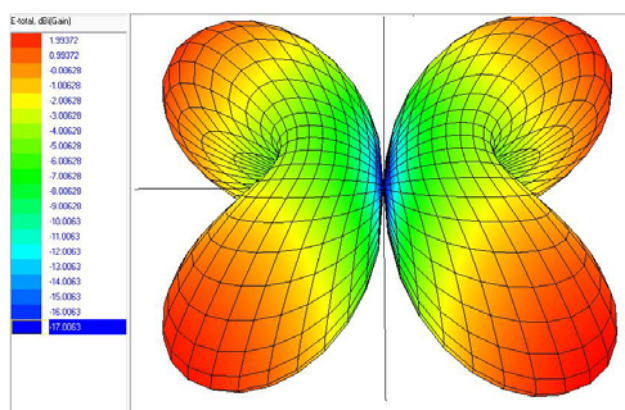
รูปที่ 9 รูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศช่อง
รูปตัวแอลที่ความถี่ 2.45 GHz ในแบบ 3 มิติ



รูปที่ 10 รูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศช่อง
รูปตัวแอลที่ความถี่ 5.25 GHz ในระนาบ y-z



รูปที่ 11 รูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศช่อง
รูปตัวแอลที่ความถี่ 5.25 GHz ในระนาบ x-z

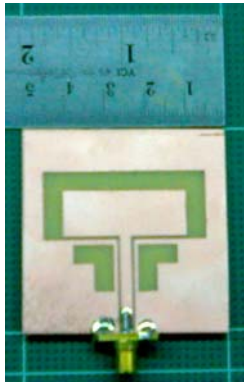


รูปที่ 12 รูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศช่อง
รูปตัวแอลที่ความถี่ 5.25 GHz ในแบบ 3 มิติ

4. ผลการวิจัย

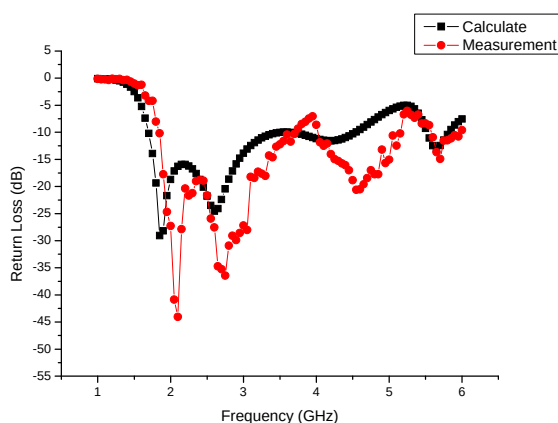
4.1 การวัดค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิธของสายอากาศ

การวัดค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิธของสายอากาศ ทำได้โดยวัดจากค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศ โดยค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิธของสายอากาศจะคิดที่ค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศมีค่าต่ำกว่า -10 dB การวัดค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศ ทำได้โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ข่ายงานไฟฟ้า (Network Analyzer) ยี่ห้อ Agilent รุ่น 8719ES ในการทดสอบจะทำการป้อนสัญญาณความถี่ที่มีความถี่ตั้งแต่ 1 GHz ถึง 6 GHz รูปที่ 13 คือสายอากาศช่องสี่เหลี่ยมที่ปรับปรุงโดยใช้ร่องคู่รูปตัวแอลที่สร้างขึ้น



รูปที่ 13 สายอากาศร่องสี่เหลี่ยมที่คัปปลิงโดยใช้ ร่องคู่รูปตัวแอลที่สร้างขึ้น

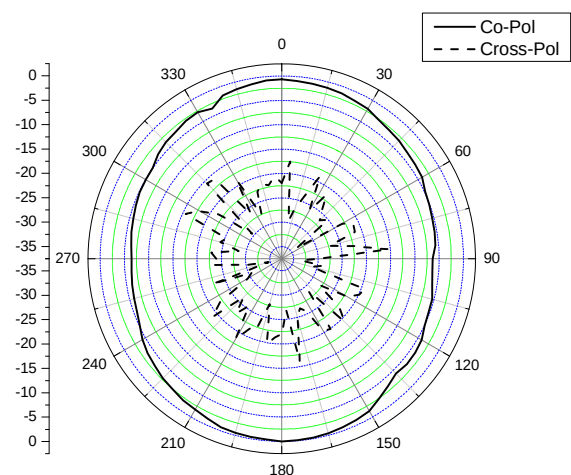
ผลการวัดค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศ เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณแสดงไว้ในรูปที่ 14 จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้จากการวัดและค่าที่ได้จากการคำนวณมีความสอดคล้องกัน แบนด์วิดท์ของสายอากาศที่ได้จากการวัดในย่านความถี่ต่ำเท่ากับ 1850 MHz หรือประมาณ 69.2% ของความถี่กลาง ย่านความถี่สูงเท่ากับ 1200 MHz หรือประมาณ 27.3% ของความถี่กลาง แต่ผลที่ได้จากการวัดจะมีความถี่เลื่อนไปทางด้านความถี่สูง ซึ่งเกิดจากขนาดของชิ้นงานที่สร้างขึ้น เล็กกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณเพราะความผิดพลาดจากการทำแผ่นวงจรพิมพ์ และค่าคุณสมบัติของแผ่นวงจรพิมพ์ที่ใช้มีค่าไม่คงที่



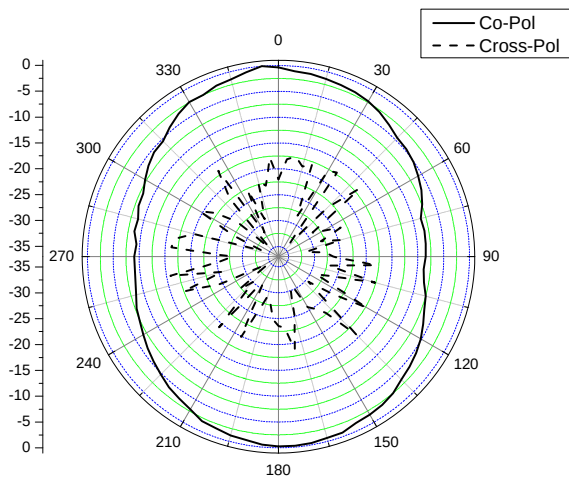
รูปที่ 14 การเปรียบเทียบค่าอิมพีแดนซ์แบนด์วิดท์ของสายอากาศร่องรูปตัวแอล

4.2 การทดสอบวัดรูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศ

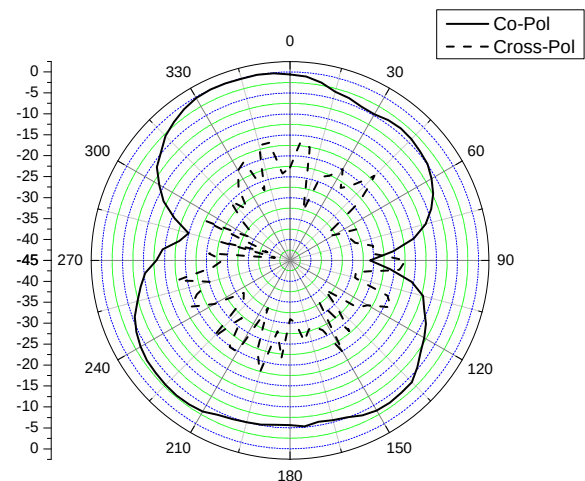
ในการวัดรูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศ โดยการต่อเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่สูง (RF Signal Generator) เป็นตัวป้อนสัญญาณที่ความถี่ 2.45 GHz และ 5.25 GHz กำลังคลื่นส่งออก 10 dBm ต่อกับสายอากาศรูปปากแตร (Horn Antenna) ด้วยสายโคแอกเซียล (Coaxial cable) ชนิด RG-142 ที่มีอิมพีแดนซ์ 50 โอห์มเพื่อเป็นตัวส่งสัญญาณไปยังสายอากาศที่ต้องการทดสอบ โดยสายอากาศที่ต้องการทดสอบจะต่อเข้าเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม (Spectrum Analyzer) ยี่ห้อ Agilent รุ่น E4407B ผ่านสายโคแอกเซียลซึ่งเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมจะแสดงค่าความแรงของสัญญาณความถี่ส่งที่สามารถรับได้ด้วยสายอากาศ สำหรับตำแหน่งความสูงของสายอากาศทั้งสองมีค่าเท่ากับ 120 เซนติเมตรและระยะห่างระหว่างสายอากาศทั้งสองมีค่าเท่ากับ 100 เซนติเมตรโดยจะทำการหมุนสายอากาศทดสอบตั้งแต่ 0 องศาจนครบรอบ 360 องศา การวัดรูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศจะต้องทำการวัดสองระนาบคือ ระนาบ y-z (E-Plane) และระนาบ x-z (H-Plane) และในการวัดแต่ละระนาบจะต้องทำการวัดสองลักษณะคือวัดค่าแบบโพลาไรซ์ร่วม (Co-Polarization) และวัดค่าแบบโพลาไรซ์ไขว้ (Cross-Polarization) ผลการวัดค่ารูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศแสดงไว้ในรูปที่ 15 ถึงรูปที่ 18



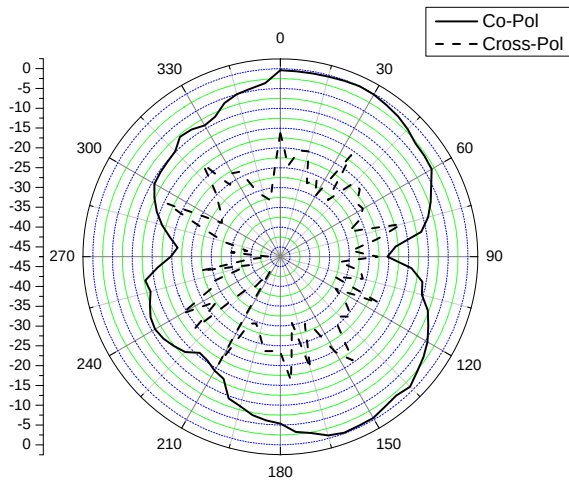
รูปที่ 15 การแผ่พลังงานของสายอากาศแบบร่องรูปตัวแอลในระนาบ x-z ที่ความถี่ 2.45 GHz



รูปที่ 16 การแผ่พลังงานของสายอากาศแบบรื่อง
รูปตัวแอลในระนาบ x-z ที่ความถี่ 5.25 GHz



รูปที่ 18 การแผ่พลังงานของสายอากาศแบบรื่อง
รูปตัวแอลในระนาบ y-z ที่ความถี่ 5.25 GHz



รูปที่ 17 การแผ่พลังงานของสายอากาศแบบรื่อง
รูปตัวแอลในระนาบ y-z ที่ความถี่ 2.45 GHz

จากผลการวัดรูปแบบการแผ่พลังงานของสายอากาศพบว่าสายอากาศที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีลักษณะการโพลาไรซ์เป็นเส้นตรง (Linear Polarization) รูปแบบการแผ่พลังงานเป็นแบบสองทิศทาง (Bi-Directional) ตามแนวแกน z และรูปแบบของการแผ่พลังงานของสายอากาศจะผิดเพี้ยนไปเมื่อสายอากาศทำงานที่ความถี่สูงขึ้น

5. สรุปผลการวิจัย

สายอากาศรื่องสี่เหลี่ยมที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมแบบสองความถี่โดยใช้รื่องคู่แบบตัวแอลที่ออกแบบและสร้างขึ้นมา สามารถใช้งานสองย่านความถี่คือที่ย่านความถี่ 1750-3600 MHz และย่านความถี่ 3800-5000 MHz ซึ่งสามารถรองรับระบบการสื่อสารแบบไร้สายหลายระบบ เช่น ระบบ DCS (1720 – 1880 MHz), ระบบ PCS (1850 – 1990 MHz), ระบบ IMT – 2000 (1920 – 2170 MHz), ระบบ IEEE802.11 WLAN ความถี่คือ 2.4 GHz (2400 – 2484 MHz) และ IEEE802.16 (2-6 GHz)

การออกแบบสายอากาศและจำลองการทำงานสายอากาศทำได้โดยใช้โปรแกรม IE3D ออกแบบโดยใช้แผ่นวงจรพิมพ์อีพ็อกซีสำหรับงานทางด้านไมโครเวฟชนิด FR4 คุณสมบัติของแผ่นวงจรพิมพ์ที่ใช้คือ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (ϵ_r) เท่ากับ 4.4

ความหนาของชั้นไดอิเล็กทริก (h) เท่ากับ 1.6 มิลลิเมตร ความหนาของชั้นตัวนำทองแดง (t) เท่ากับ 0.018 มิลลิเมตรและมีค่าการสูญเสียแทนเจนต์ ($\tan \delta$) เท่ากับ 0.02 สายอากาศที่สร้างขึ้นมีขนาดพื้นที่โดยรวม 50×50 ตารางมิลลิเมตร

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้สำเร็จลงด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ได้สนับสนุนทุนสำหรับการทำวิจัย ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ประยุทธ์ อัครเอกพาลิน ที่ให้คำปรึกษาและให้ใช้โปรแกรมที่ใช้ในการออกแบบและจำลองการทำงานของสายอากาศ ท้ายสุดนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนร่วมทุกท่านในการให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆ จนงานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

- 1 B. K. Kormanyos, W. Harokopus, L. Katehi, and G. Rebeiz, "CPW-fed active slot antennas." IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol. 42, Apr. 1994, pp. 541-545.
- 2 S. Chaimool, P. Akkaraekthalin, and V. Vivek, "Dual-Band CPW-Fed Slot Antennas Using Loading Metallic Strips and a Widened Tuning Stub." IEICE Trans. Electron., Vol. E88-C, No. 12, December 2005.
- 3 H. D. Chen, "Broadband CPW-fed square slot antennas with a widened tuning stub." IEEE Trans. Antennas and Propagation., Vol. 51, No. 8, Aug. 2003, pp.1982-1986.
- 4 J. Y. Chiou, J. Y. Sze, and K. L. Wong, "A broad-band CPW-fed strip-loaded square slot antenna." IEEE Trans. Antennas and Propagation., Vol. 51, No. 4, Apr. 2003, pp. 719-721.
- 5 สัณชัย พรหมเทพ. สายอากาศร่องวงกลมที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมแบบความถี่กว้างมาก, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2547.
- 6 วรวิทย์ รอดอนันต์. สายอากาศร่องสามเหลี่ยมด้านเท่าที่ป้อนด้วยสายนำสัญญาณระนาบร่วมแบบความถี่กว้าง, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2547
- 7 P.Tunti-a-longkarn and P.Akkaraekthalin. "Wide-Band T-Shaped CPW-fed Inductively Coupled Slot Antennas." Electrical Engineering Conference 30th, October 2007, pp. 1105-1108.
- 8 ประกาศิต ดันดีลงการ และ จิระศักดิ์ ช่วงชัย. การศึกษารูปแบบของสตัปในสายอากาศร่องสี่เหลี่ยมที่ป้อนด้วยท่อนำคลื่นระนาบร่วม. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, ปีที่ 4, ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2551, หน้า 11-16.
- 9 P.Tunti-a-longkarn and J.Chuangchai, "Study of Various Shapes of the Coupling Slots in CPW-Fed Slot Antennas." Technical Education Journal, Vol.2, No.2, June-December 2008, pp. 7-12.
- 10 R. N. Simons. Coplanar Waveguide Circuits Components and Systems. New York : John Wiley & Son, 2001.