การปรับโครงสร้าง Full Array

1. งานที่ดำเนินการ

งานนี้เป็นการทำ Optimization ของโครงสร้าง Full Array ขนาด 5x5 โดยใช้เครื่องมือ Par. Sweep และ Optimizer เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งส่งผลต่อกราฟ S-parameter และ Rader Cross Section (RCS)

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อปรับปรุงให้ได้ค่า S-parameter, รูปแบบการแผ่กระจายคลื่น(Farfield) หรือ Radar Cross Section (RCS) ให้ได้ตามเป้าหมาย
2. เพื่อศึกษาและการเรียนรู้เครื่องมือจากโปรแกรม CST ในการใช้ปรับปรุงค่าพารามิเตอร์สำหรับแผ่นสะท้อนที่เป็น Full Array ควบคู่ไปด้วย
3. เพื่อให้ได้ค่าของกราฟ RCS ที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป

3. แผนงาน

แบ่งเป็นการทำงานของสองเครื่องมือ ซึ่งจะมีการทำงานแบบ วนปรับค่า >> วิเคราะห์ >> ปรับใหม่ ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนได้ดังนี้

Par. Sweep

1. เลือกพารามิเตอร์ที่มีผลต่อกราฟ S-parameter
2. กำหนดช่วงค่าเริ่มต้นของแต่ละพารามิเตอร์
3. ทำการรัน Parameter Sweep โดยใช้ค่าที่สุ่มกำหนดในช่วงที่เลือก
4. บันทึกผลลัพธ์ของกราฟ S-parameter
5. วิเคราะห์แนวโน้มของกราฟ S-parameter เพื่อหาช่วงที่มีความใกล้เคียงกับเป้าหมาย เพื่อลดขอบเขตของพารามิเตอร์เพื่อเตรียมใช้ในขั้นตอน Optimization
6.

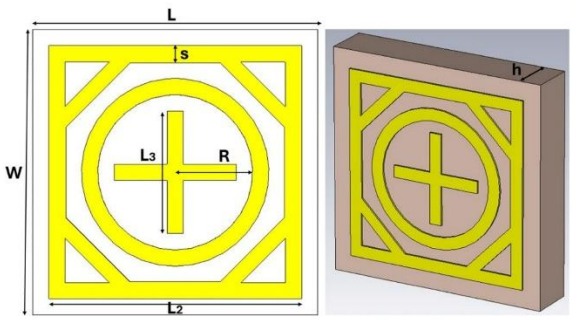
Optimization

1. นำช่วงค่าที่ได้จากการ Par. Sweep มากำหนดช่วงข้อมูลในการรันของ Optimizer
2. ตั้งค่าเป้าหมายที่ต้องการ (S11, S21)
3. เลือก Algorithm ที่เหมาะสม (TRF, Particle Swarm)

4. วิเคราะห์ผลลัพธ์ทั้งในส่วนของ S-parameter และ RCS
5. ตรวจสอบความสอดคล้องของผลลัพธ์กับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

4. ผลลัพธ์

4.1 ผลลัพธ์ก่อนทำการปรับโครงสร้าง



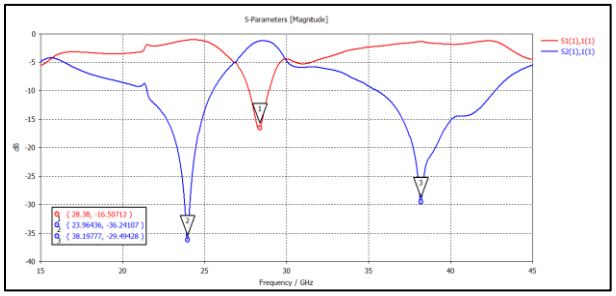
รูปที่ 1 Ref. Design [1]

- ค่าพารามิเตอร์

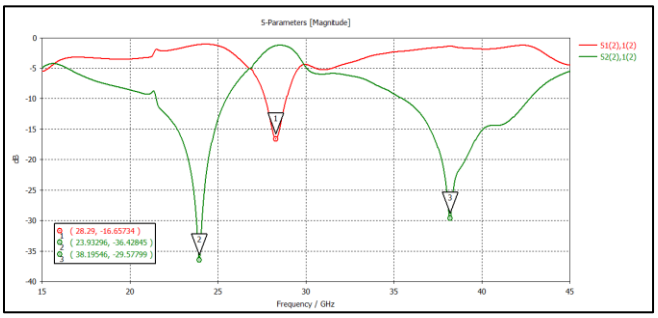
ตารางที่ 1

Parameter	Values(mm)
L	3.3
W	3.3
L2	2.955
L3	1.1
R	1.19
s	0.2
d	0.2
h	0.76

- กราฟ S-parameter



รูปที่ 2 S-parameter แบบ Polarization TE



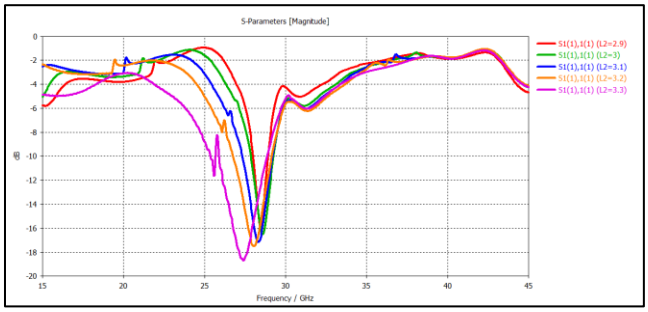
รูปที่ 3 S-parameter แบบ Polarization TM

4.2 ผลลัพธ์จากการรันวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ใน Par. Sweep

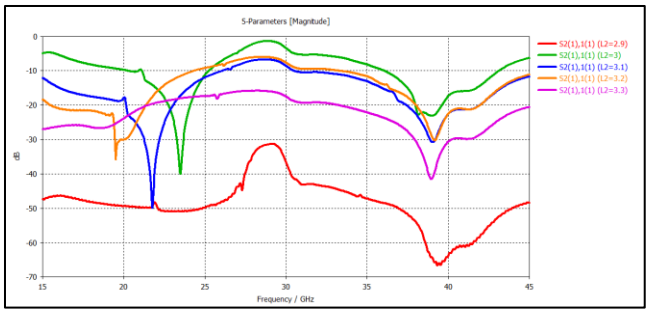
ซึ่งพารามิเตอร์ที่เลือกนั้นคือ L2, L3 และ R ได้ผลการทดสอบดังนี้

4.2.1 พารามิเตอร์ L2 (2.9 - 3.3) โดยเพิ่มขึ้นทีละ 0.1 ได้ผลดังนี้

- S-parameter แบบ Polarization TE

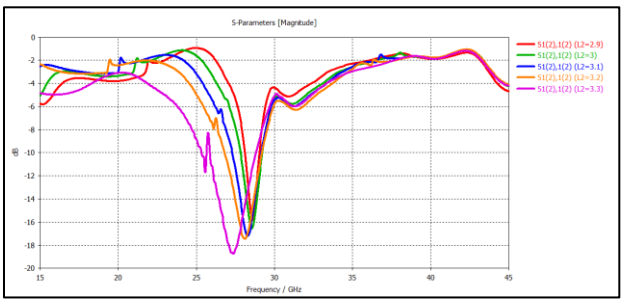


รูปที่ 4 S11

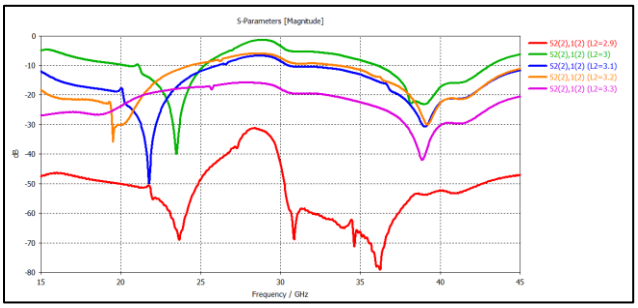


รูปที่ 5 S21

- S-parameter แบบ Polarization TM



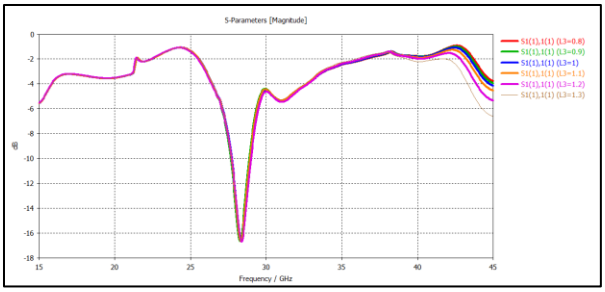
รูปที่ 6 S11



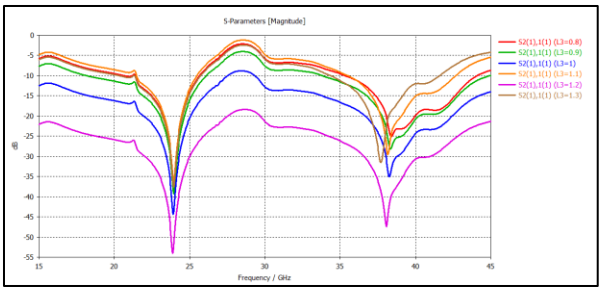
รูปที่ 7 S11

4.2.2 พารามิเตอร์ L3 (0.8 - 1.3) โดยเพิ่มขึ้นทีละ 0.1 ได้ผลดังนี้

- S-parameter แบบ Polarization TE

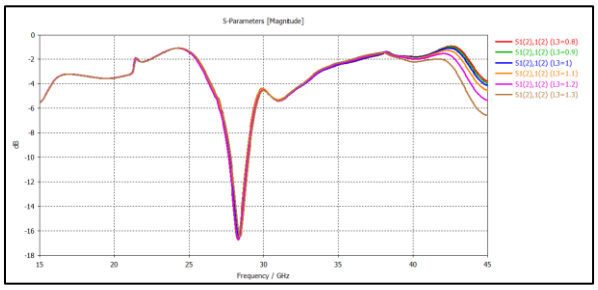


รูปที่ 8 S11

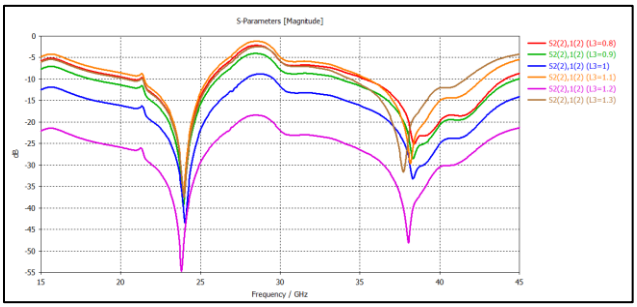


รูปที่ 9 S21

- S-parameter แบบ Polarization TM



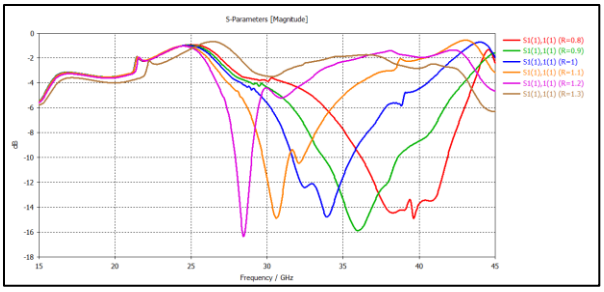
รูปที่ 10 S11



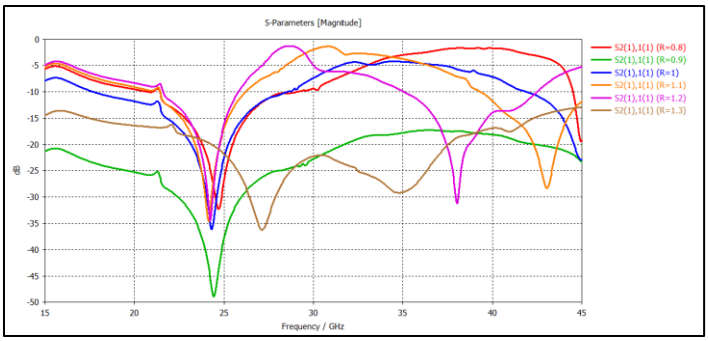
รูปที่ 11 S11

4.2.3 พารามิเตอร์ R (0.8 - 1.3) โดยเพิ่มขึ้นทีละ 0.1 ได้ผลดังนี้

- S-parameter แบบ Polarization TE

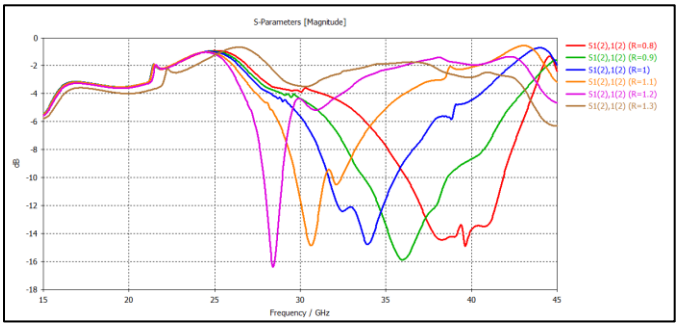


รูปที่ 12 S11

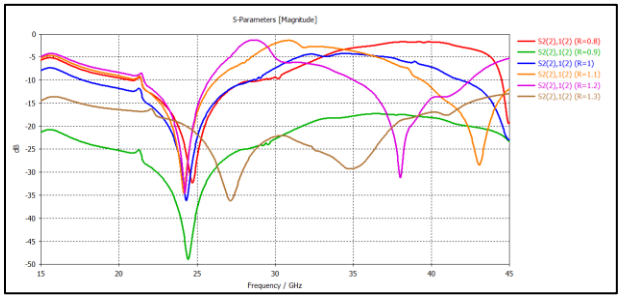


รูปที่ 13 S21

- S-parameter แบบ Polarization TM



รูปที่ 14 S11



รูปที่ 15 S11

4.2.4 วิเคราะห์กราฟ

แนวโน้มของกราฟ S-parameter ที่มีช่วงความใกล้เคียงกับเป้าหมาย สามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 2

Parameter	**ช่วงที่รัน (mm)**	**ช่วงที่มีแนวโน้ม (mm)**
L2	2.9 - 3.3	2.7 - 3
L3	0.8 – 1.3	0.8 – 1.1
R	0.8 – 1.3	1.1 – 1.2

4.3 Optimization

ในการ Optimization จะใช้ช่วงที่มีแนวโน้มตาม**ตารางที่ 2** ซึ่งส่วนของ Algorithm ที่เลือก คือ Particle Swarm เนื่องจาก TRF ที่คิดไว้ก่อนนั้นไม่สามารถปรับพารามิเตอร์ให้ได้ตามต้องการ จึงเลือกเป็น Algorithm ที่มีฟังก์ชันกระบวนการทำงานที่คล้ายกันแทน แต่เนื่องจากการใช้ Particle Swarm มีการรันที่ใช้เวลาที่นานมาก

ปัญหาที่พบ

1. การใช้ Algorithm ที่คิดไว้ก่อนทำการทดสอบ คือ TRF พบว่าไม่สามารถปรับพารามิเตอร์ให้ได้กราฟ S-parameter ตามเป้าต้องการที่ต้องการได้ ซึ่งสามารถแยกได้สองประเด็นคือ
    1. TRF ไม่เหมาะในการใช้ปรับพารามิเตอร์ในแผ่น Full Array
    2. การตั้งค่าที่ผิดพลาด หรือการตั้งค่าที่ไม่ถูกต้องตามการทำงาน
2. การรัน Optimization ที่ใช้เวลานานมากต่างจากการันใน unit cell (Algorithm Particle Swarm) ทำให้การทดสอบช้าลงไปด้วย

แนวทางที่คาดว่าจะได้ใช้

1. หาก Algorithm ที่ใช้ในการรันนี้ยังไม่สามารถหาค่าพารามิเตอร์ที่มีแนวโน้มทำให้ได้ค่ากราฟ S-parameter ตามเป้าหมาย อาจจะต้องใช้การทดสอบใน Algorithm อื่นแทน ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความล่าช้าอย่างมาก หรือการใช้ Par. Sweep ในการลดช่วงไปเรื่อยๆ

สิ่งที่ได้เรียนรู้

1. การวิเคราะห์กราฟในช่วงการหาค่าแนวโน้ม
2. การเลือกใช้ Algorithm ที่เหมาะสม ซึ่งการศึกษามาก่อนหน้านั้นเป็นการรันใน Unit Cell ที่ต่างจากการรันแบบ Full Array มาก พบว่าวิธีการที่คาดว่าเวิร์คในการปรับพารามิเตอร์ในขั้นตอนการรันแบบ unit cell นั้นไม่สามารถนำมาใช้กับการรันในแบบแผ่น Full Array ได้

การปรับโครงสร้าง Full Array

การปรับค่าพารามิเตอร์ของแผ่น Full Array ขนาด 5x5 เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยใช้เครื่องมือ Par. Sweepอย่างเดียว เนื่องจากการทดสอบก่อนหน้าที่ใช้ Optimization + Par. Sweep นั้นไม่สามารถทำให้ได้ค่าได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ส่งผลให้กราฟเกิดความผิดปกติและพัง ดังนั้นจึงเลือกใช้วิธี Sequential Parameter Sweep และ Muti-Parameter Sweep ซึ่งสามารถควบคุมทิศทางการปรับค่าได้โดยตรง และใช้ข้อมูลแนวโน้มจาก Par. Sweep ที่ผ่านมาแล้วในการลดจำนวน simulation ที่ต้องรัน

1. วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด (L2, L3, R) สำหรับโครงสร้างแผ่นสะท้อนแบบ Full Array ขนาด 5x5 โดยใช้เครื่องมือ Par. Sweep ที่ทำให้ได้ค่า S-parameter ตามเป้าหมาย
2. เพื่อจัดเตรียมชุดข้อมูลผลการจำลองของ RCS และ S-parameter สำหรับนำไปประมวลต่อในโปรแกรม MATLAB เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการสะท้อนในขั้นตอนต่อไป

2. แผนงาน

2.1 การปรับจูนแบบ Sequential Parameter Sweep

Step1: ปรับจูนย่านความถี่ต่ำ (L2)

- กำหนดค่า L3 = 0.95 mm และ R = 1.15 mm เป็นค่าคงที่
- Sweep พารามิเตอร์ L2 ในช่วง 2.7-3.0 mm (Step width = 0.05 mm)
- เลือกค่า L2 ที่มีแนวโน้มทำให้มี Resonance ในย่าน 24 GHz

Step2: ปรับจูนช่องว่างระหว่างแถบความถี่ (L3)

- Fix ค่า L2 ที่ดีที่สุดจาก Step1 และคงค่า R = 1.15 mm ไว้
- Sweep พารามิเตอร์ L3 ในช่วง 0.8-1.1 mm (Step width = 0.05 mm)
- เลือกค่า L3 ที่มีแนวโน้มของกราฟ S-parameter มีค่าเข้าใกล้เป้าหมายที่ตั้งไว้

Step3: ปรับจูนย่านความถี่สูง (R)

- Fix ค่า L2 และ L3 ที่ได้จากการทดสอบก่อนหน้า
- Sweep: รันพารามิเตอร์ R ในช่วง 1.1–1.2 mm (Step width = 0.05 mm)
- เลือกตำแหน่ง Resonance ย่านความถี่สูงให้เข้าใกล้เป้าหมาย 38 GHz มากที่สุด

2.2 การปรับจูนแบบ Multi-Parameter Sweep

เป็นการ Sweep พารามิเตอร์ L2, L3 และ R พร้อมกันทีเดียว โดยใช้ข้อมูลแนวโน้มที่ได้จาก Sequential Parameter Sweep ก่อนหน้ามากำหนดช่วงค่า เพื่อลดจำนวน Simulation ที่ต้องรัน ช่วงค่าที่ใช้รันมาจากตารางที่ 2 ได้แก่ L2 ในช่วง 2.7–3.0 mm, L3 ในช่วง 0.8–1.1 mm และ R ในช่วง 1.1–1.2 mm

Step1: สร้างพารามิเตอร์ Scale แล้วเพิ่มการพารามิเตอร์เข้าไปในสมการของ พารามิเตอร์ L2, L3 และ R โดยเป็นการบวกเข้าไปในตัวแปรนั้น

Step2: Vary Scale ซึ่งการตั้ง Step จะมีความละเอียดประมาณ 0.05 mm เพื่อจะได้ค่าที่แคบลง และละเอียดขึ้น

Step3: บันทึกผลกราฟการ Vary Scale แล้ววิเคราะห์แนวโน้มว่าค่าไหนที่มีความใกล้เคียงกับเป้าหมาย โดยจะวิเคราะห์ที่จุด Resonance เป็นหลัก

Step4: เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าแนวโน้มแล้ว ทำการรัน Par. Sweep อีกครั้ง จนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่พอใจ

Step5: เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดแล้ว นำมาทดสอบการรันที่แผ่น Full Array ที่ 5x5, 10x10 และ 16x16

Step6: บันทึกข้อมูลกราฟที่ได้จาการรันแต่ละแผ่น Full Array โดยข้อมูลที่บันทึก คือ

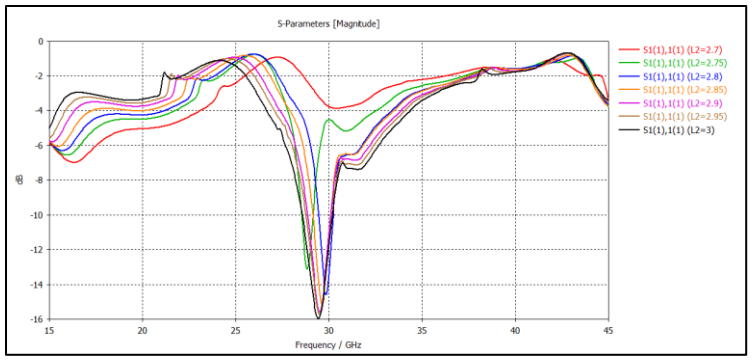
1. กราฟ S11, S21
2. กราฟ RCS ที่ความถี่ 24 GHz, 30 GHz และ 38 GHz ทั้งที่เป็น Magnitude และ Linear
3. Export ข้อมูลของแต่ละกราฟ เพื่อนำไปใช้ในการประมวลผลใน MATLAB

Step7: สรุปผลการดำเนินงาน

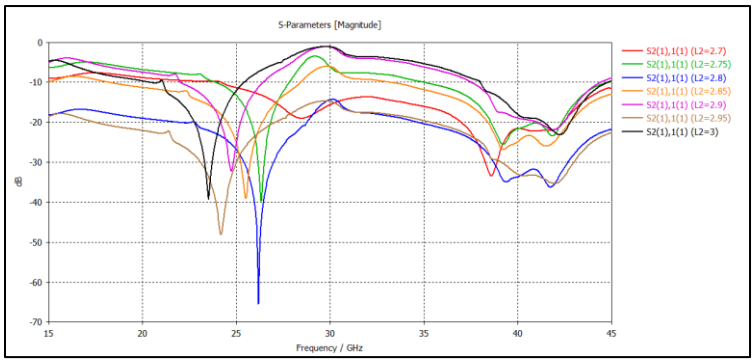
3. ผลลัพธ์

3.1 Sequential Parameter Sweep

3.1.1 Fix ค่า L3 = 0.95 mm และ R = 1.15 mm ไว้ก่อน แล้ว Sweep เฉพาะ L2 ในช่วง 2.7–3.0 mm โดยเพิ่มทีละ 0.05 mm



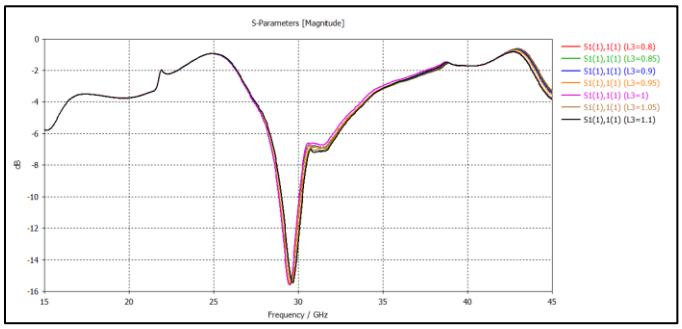
รูปที่ 16 S11



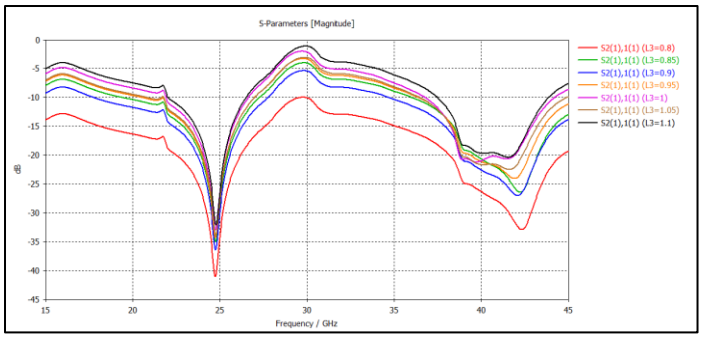
รูปที่ 17 S21

วิเคราะห์กราฟ S-parameter: จากผลการ simulation พบว่าค่า L2 จะส่งผลต่อความถี่ Resonance ที่ 24 ที่เห็นได้ชัด และส่งผลต่อระดับความลึกที่แถบความถี่ 38 GHz หากดูแนวโน้มในผลการ simulation ค่าพารามิเตอร์ L2 ที่ให้กราฟใกล้เป้าหมายที่สุดคือ 2.9 mm

3.1.2 Sweep L3 ในช่วง 0.8–1.1 mm ทีละ 0.05 mm โดย Fix L2 = 2.9 mm



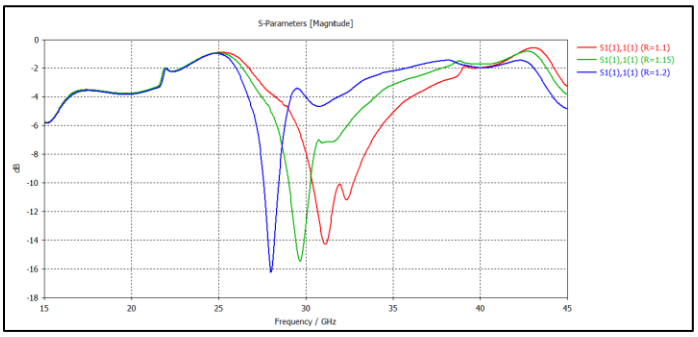
รูปที่ 18 S11



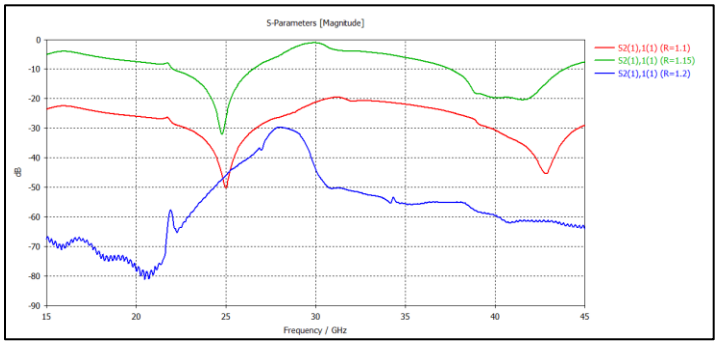
รูปที่ 19 S21

วิเคราะห์กราฟ S-parameter: จากผลการ simulation พบว่าค่าพารามิเตอร์ L3 ไม่ส่งผลต่อความถี่ Resonance 30 GHz ใน S11 แต่จะส่งผลต่อระดับความลึกของจุด Resonance แถบความถี่ 24 GHz และ 38 GHz ดังนั้นค่าที่มีแนวโน้มเข้าใกล้ค่าเป้าหมายคือ L3 = 1.1 mm

3.1.3 Sweep R ในช่วง 1.1–1.2 mm ทีละ 0.05 mm โดย Fix L2 = 2.9 mm และ L3 = 1.1 mm



รูปที่ 20 S11



รูปที่ 21 S21

วิเคราะห์กราฟ S-parameter: จากกราฟจะพบว่าการ vary พารามิเตอร์ R ส่งผลต่อความถี่ Resonance 30 GHz ที่ S11 และในแถบความถี่ 38 GHz ในการเลือกค่าพารามิเตอร์ในค่านี้จะเลือกค่าที่ทำให้เห็นจุด Resonance แต่ละค่าความถี่ชัด ดังนั้นค่า R ที่เลือกคือ 1.1 mm

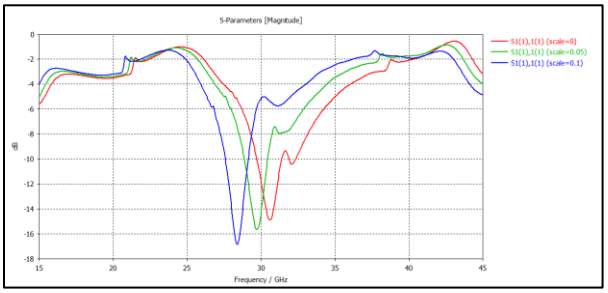
3.1.4 ชุดค่าพารามิเตอร์ที่ให้กราฟใกล้เป้าหมายมากที่สุด

ตารางที่ 3

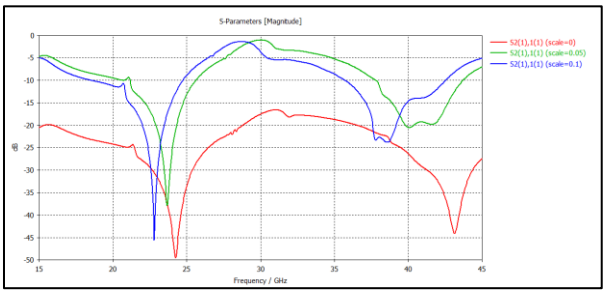
Parameter	Values(mm)
L	3.3
W	3.3
L2	2.9
L3	1.1
R	1.1
s	0.2
d	0.2
h	0.76

3.2 การปรับจูนแบบ Multi-Parameter Sweep

3.2.1 Vary scale สำหรับทั้ง 3 พารามิเตอร์ (L2, L3, R) เป็นการบวกค่า scale เข้าไปในพารามิเตอร์ทั้งสามตัว โดย Par. Sweep scale ตั้งแต่ 0-0.1 mm เพิ่มขึ้นทีละ 0.05 mm



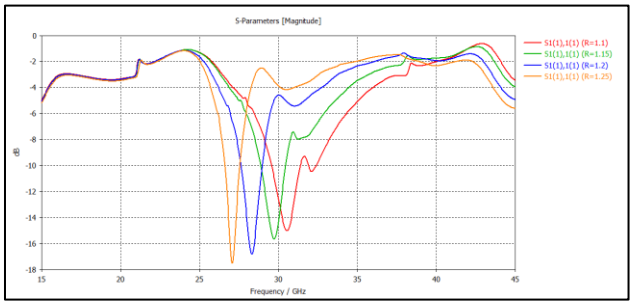
รูปที่ 22 S11



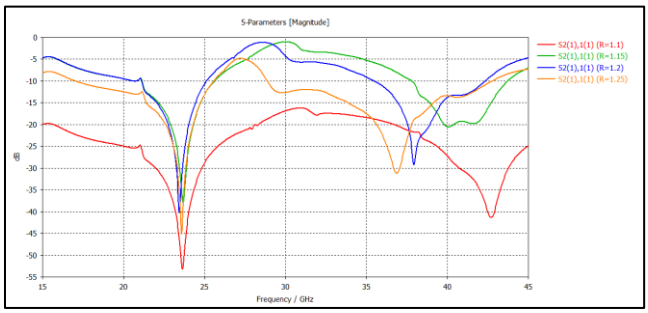
รูปที่ 23 S21

วิเคราะห์กราฟ S-parameter: จากผลการ simulation ในการ vary scale พบว่าค่าที่มีความใกล้เคียงเป้าหมายมากที่สุดคือ scale = 0.1 (L2 = 3, L3 = 1.1, R = 1.1) โดยพิจารณาจากจุด Resonance ที่เห็นได้ชัดใน S21

3.2.2 Vary R เนื่องจากได้พิจารณาว่าพารามิเตอร์ R ส่งผลต่อความถี่ 30 GHz และ 38 GHz จึงได้ทำการ vary เพื่อหาค่าที่แคบลงอีก โดยจะเป็นการ Sweep ค่าพารามิเตอร์ R ตั้งแต่ 1.1 – 1.25 mm step ทีละ 0.05 mm



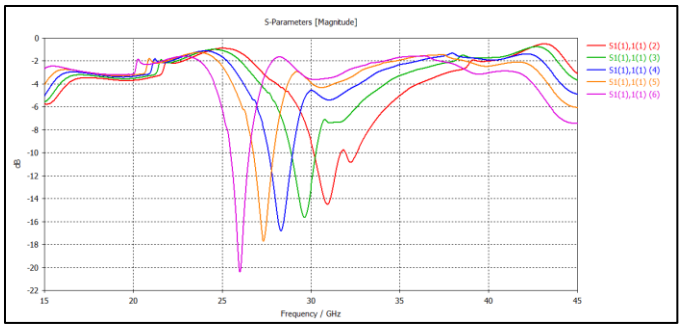
รูปที่ 24 S11



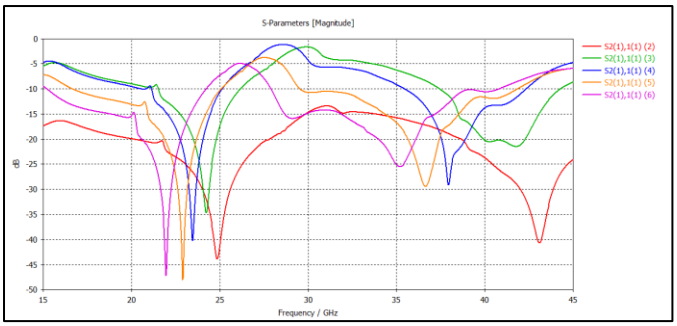
รูปที่ 25 S21

วิเคราะห์กราฟ S-parameter: จากกราฟในส่วนนี้ ค่า R = 1.15 จะมีแนวโน้ม S11 ที่ความถี่ 30 GHz ที่ตรงกว่า และใน S21 ส่วนของแถบความถี่ 38 GHz มีช่วงความถี่ที่อยู่แถบความถี่ Resonance ที่ต้องการ (37-40 GHz)

3.2.3 Vary scale ทั้ง 3 พารามิเตอร์ (L2, L3, R) เป็นการบวกค่า scale เข้าไปในพารามิเตอร์ทั้งสามตัว เนื่องจากต้องการปรับ Resonance ที่ความถี่ 38 GHz โดย Par. Sweep scale ตั้งแต่ -0.1 ถึง 0.1 mm เพิ่มขึ้นทีละ 0.05 mm เพื่อความละเอียดที่มากขึ้นอีกขั้น



รูปที่ 26 S11



รูปที่ 27 S21

วิเคราะห์กราฟ S-parameter: การพิจารณาเลือกค่าที่ดีที่สุดในการ Sweep ครั้งนี้คือ ค่าที่ตรงตามความถี่ Resonance ทั้ง 3 จุด (24 GHz, 30 GHz และ 38 GHz) ดังนั้นค่าที่เข้าใกล้เป้าหมายมากที่สุดคือ L2 = 2.95 mm, L3 = 1.1 mm และ R =1.15 mm

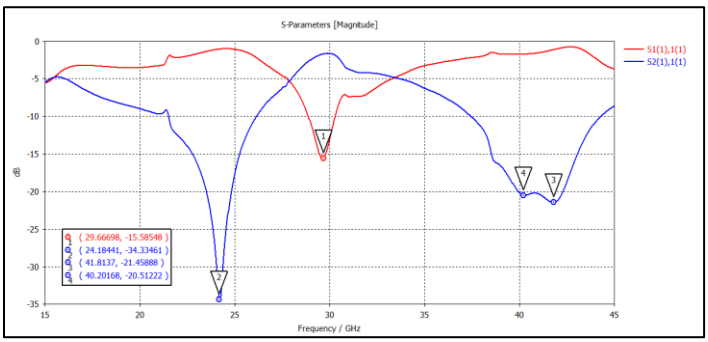
ชุดค่าพารามิเตอร์ที่ให้กราฟใกล้เป้าหมายมากที่สุด

ตารางที่ 4

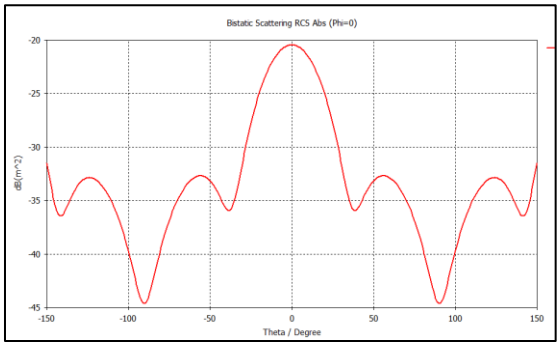
Parameter	Values(mm)
L	3.3
W	3.3
L2	2.95
L3	1.1
R	1.15
s	0.2
d	0.2
h	0.76

3.3 ค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด (Best Parameters)

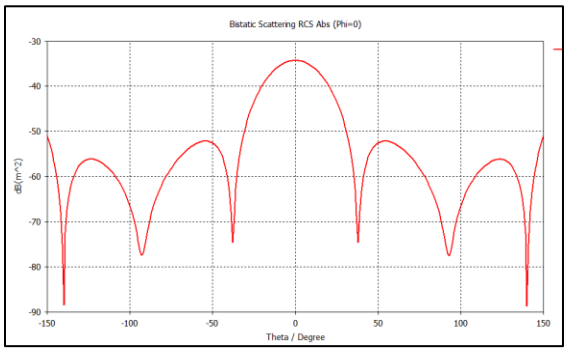
ค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดในที่นี้ หมายถึง ค่าพารามิเตอร์ที่ผ่านการ Par. Sweep ในหัวข้อที่ 3.1 และ 3.2 แล้วมีค่าตรงตามเป้าหมายที่ผู้ทดสอบตั้งไว้ ดังนั้นค่าพารามิเตอร์ที่เลือกมาจะนำไป Simulation เพื่อบันทึกข้อมูลตามแผนงานที่ตั้งไว้ ซึ่งจะใช้ค่าพารามิเตอร์จากตารางที่ xx ในการสร้างแผ่น Full Array 5x5



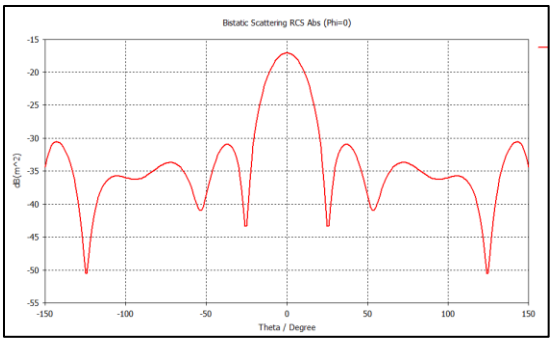
รูปที่ 28 S-parameter



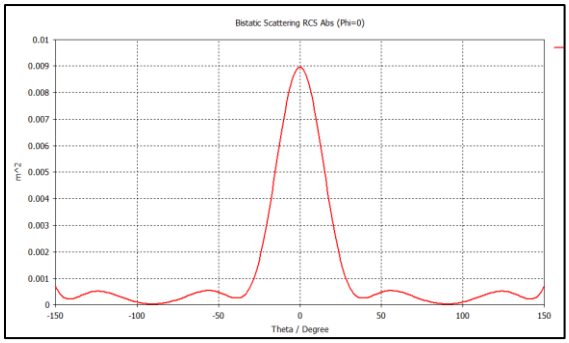
รูปที่ 29 RCS (dB) ที่ความถี่ 24 GHz



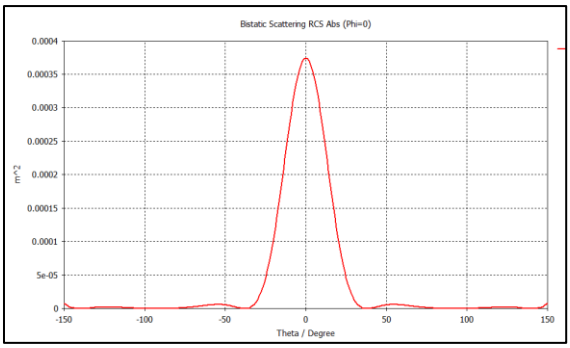
รูปที่ 30 RCS (dB) ที่ความถี่ 30 GHz



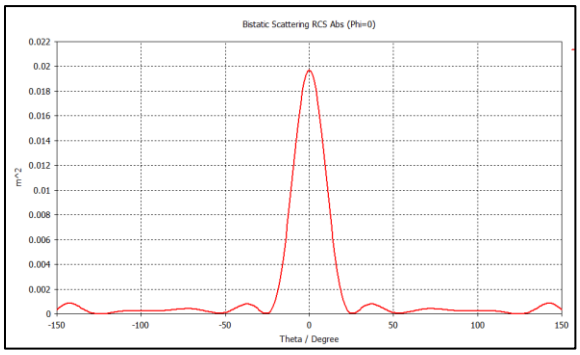
รูปที่ 31 RCS (dB) ที่ความถี่ 38 GHz



รูปที่ 32 RCS (m^2) ที่ความถี่ 24 GHz



รูปที่ 33 RCS (m^2) ที่ความถี่ 30 GHz



รูปที่ 34 RCS (m^2) ที่ความถี่ 38 GHz

วิเคราะห์ผลการทดสอบ

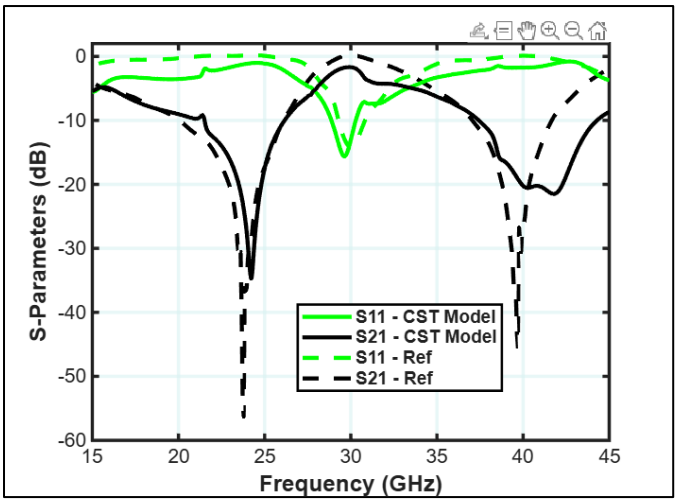
1. การวิเคราะห์พารามิเตอร์การกระเจิง (S-parameter Analysis)

สำหรับการวิเคราะห์พารามิเตอร์การกระเจิง (S-parameters) ได้กำหนดรูปแบบการกระตุ้นสัญญาณ (Excitation) โดยใช้พอร์ตท่อนำคลื่น (Waveguide Port) เพื่อจำลองสภาวะการทำงานจริง ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลองจะถูกนำมาเปรียบเทียบเชิงวิเคราะห์กับผลการทดสอบอ้างอิงจาก [1] ดังที่แสดงในรูปที่ 35 เพื่อยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองก่อนการวิเคราะห์ในลำดับถัดไป

2. การวิเคราะห์พื้นที่ภาคตัดขวางเรดาร์ (RCS Analysis)

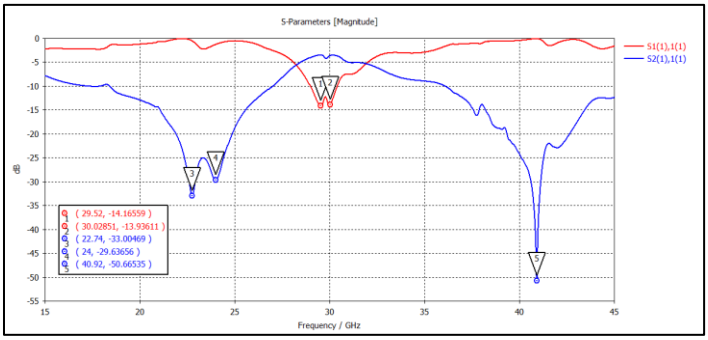
ในส่วนของการวิเคราะห์พื้นที่ภาคตัดขวางเรดาร์ (Radar Cross Section: RCS) ได้ประยุกต์ใช้คลื่นระนาบ (Plane Wave) เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณเพื่อศึกษาพฤติกรรมการกระเจิงของคลื่น โดยกำหนดเงื่อนไขการโพลาไรซ์แบบไฟฟ้าแนวขวาง (TE-Polarization) ที่มุมตกกระทบ theta = 0

ผลการจำลองปรากฏว่ามีค่าสูงสุด (Peak) อยู่ที่มุม 0 องศา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแผ่นสะท้อนที่ออกแบบสามารถสะท้อนสัญญาณ ณ ความถี่เรโซแนนซ์ (Resonance Frequency) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผลลัพธ์ดังกล่าวมีความสอดคล้องกับคุณลักษณะที่ระบุไว้ในงานวิจัยอ้างอิง [1]

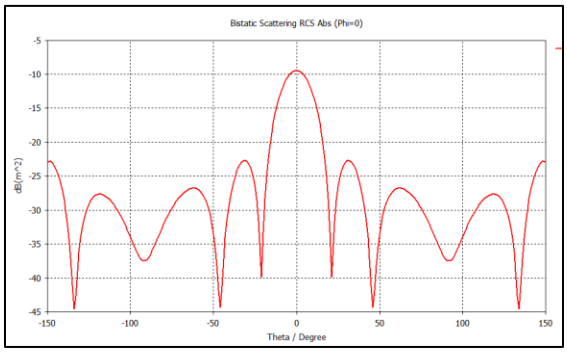


รูปที่ 35 กราฟเปรียบเทียบผลอ้างอิง [1]

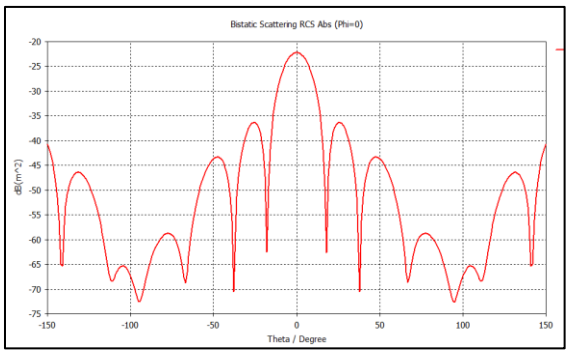
3.4 ผลการจำลองแบบ Full Array ขนาด 10x10



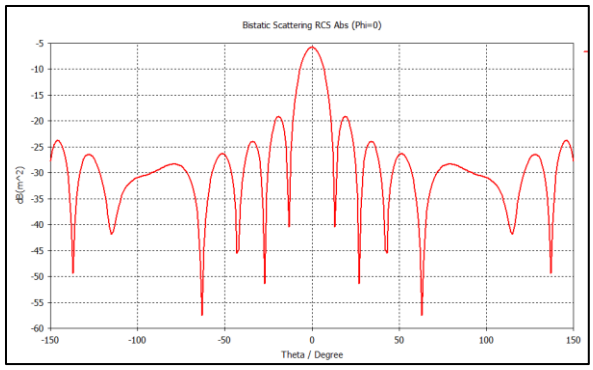
รูปที่ 36 S-parameter



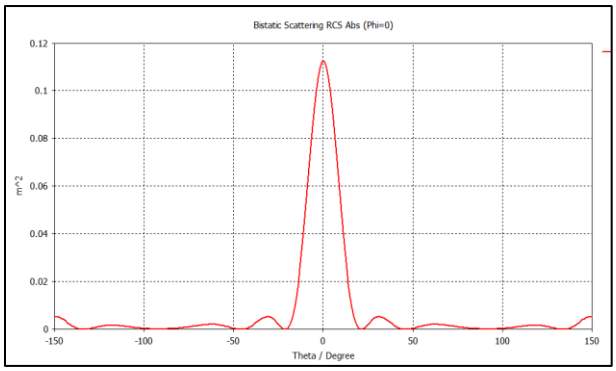
รูปที่ 37 RCS (dB) ที่ความถี่ 24 GHz



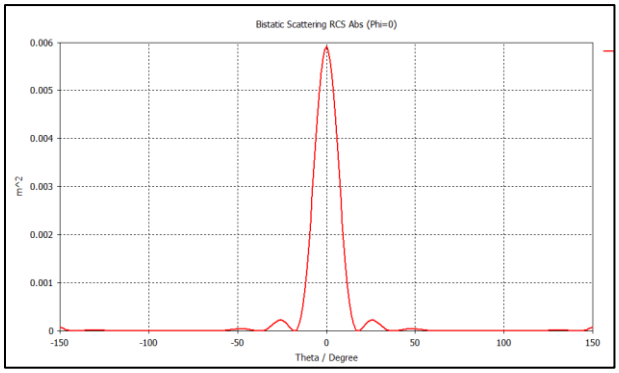
รูปที่ 38 RCS (dB) ที่ความถี่ 30 GHz



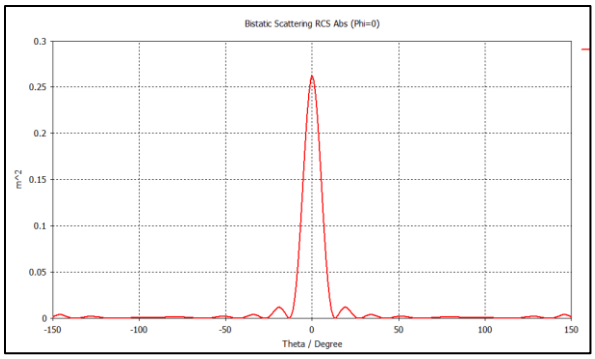
รูปที่ 39 RCS (dB) ที่ความถี่ 38 GHz



รูปที่ 40 RCS (m^2) ที่ความถี่ 24 GHz



รูปที่ 41 RCS (m^2) ที่ความถี่ 24 GHz



รูปที่ 42 RCS (m^2) ที่ความถี่ 38 GHz

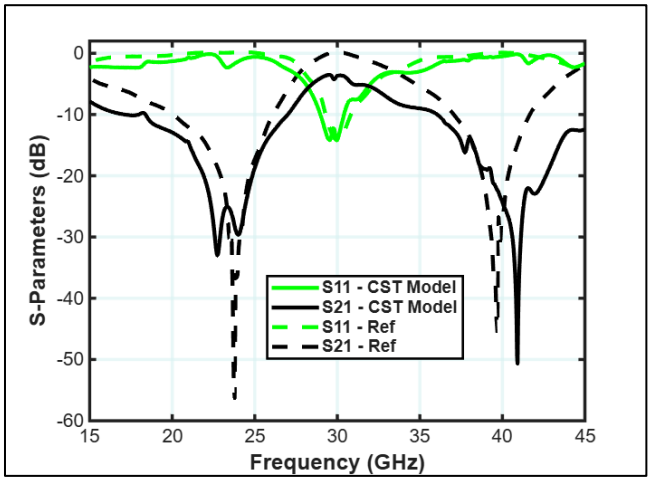
วิเคราะห์ผลการทดสอบ

1. การวิเคราะห์พารามิเตอร์การกระเจิง (S-parameter Analysis)

สำหรับการวิเคราะห์ S-parameter ของแผ่น Full Array ขนาด 10x10 พบว่ากราฟ S11 และ S21 แสดงจุด Resonance ที่ความถี่เป้าหมายทั้ง 3 จุด ได้แก่ 24 GHz, 30 GHz และ 38 GHz ครบถ้วน รูปแบบของกราฟมีความสอดคล้องกับผลที่ได้จากแผ่น 5x5 แสดงให้เห็นว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับจูนนั้นสามารถนำไปใช้กับ array ขนาดใหญ่ขึ้นได้

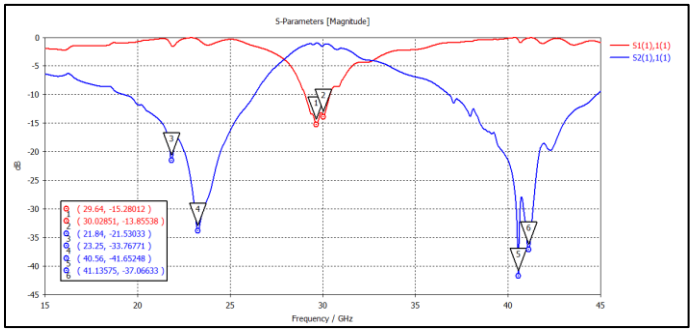
2. การวิเคราะห์พื้นที่ภาคตัดขวางเรดาร์ (RCS Analysis)

ในส่วนของการวิเคราะห์ RCS โดยใช้ Plane Wave เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณภายใต้เงื่อนไข TE-Polarization ที่มุมตกกระทบ theta = 0 ผลการจำลองปรากฏว่ามีค่าสูงสุด (Peak) อยู่ที่มุม 0 องศา ในทุกความถี่เป้าหมาย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแผ่นสะท้อนสามารถสะท้อนสัญญาณความถี่เรโซแนนซ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่น 5x5 พบว่าค่า Main lobe magnitude มีขนาดใหญ่ขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และ Angular width มีความแคบลง แสดงถึง Directivity ที่ดีขึ้นตามขนาดของ array ที่เพิ่มขึ้น

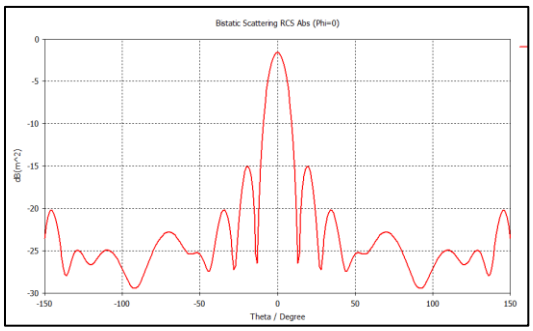


รูปที่ 43 กราฟเปรียบเทียบผลอ้างอิง [1]

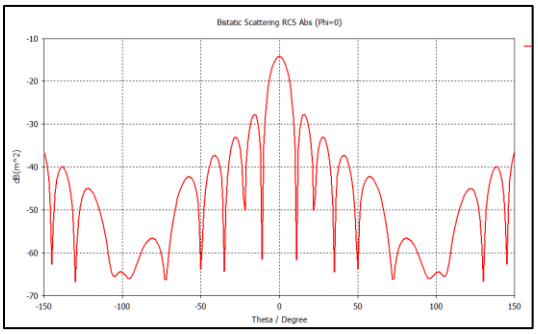
3.5 ผลการจำลองแบบ Full Array ขนาด 16x16



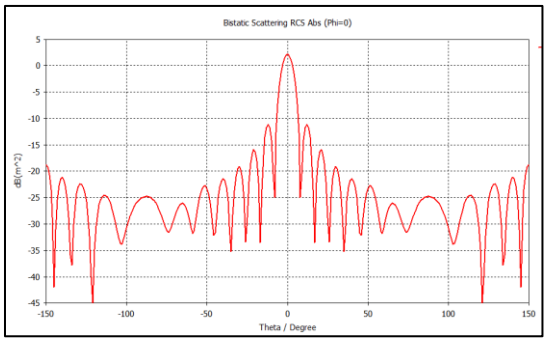
รูปที่ 44 S-parameter



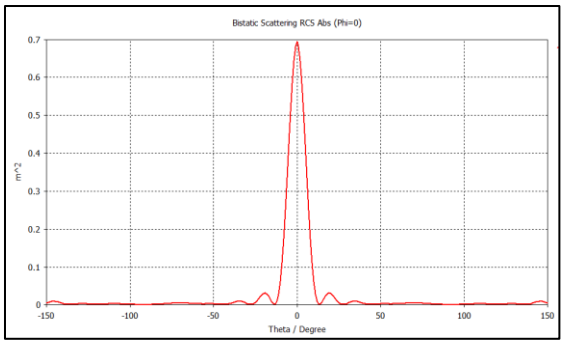
รูปที่ 45 RCS (dB) ที่ความถี่ 24 GHz



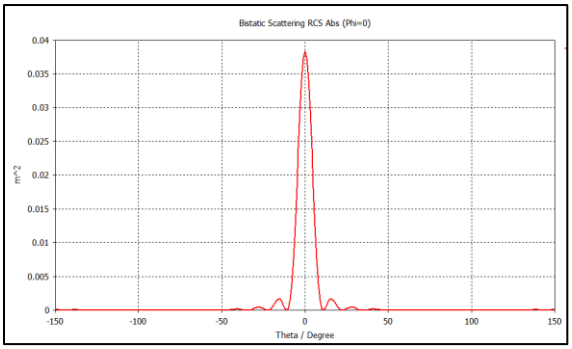
รูปที่ 46 RCS (dB) ที่ความถี่ 30 GHz



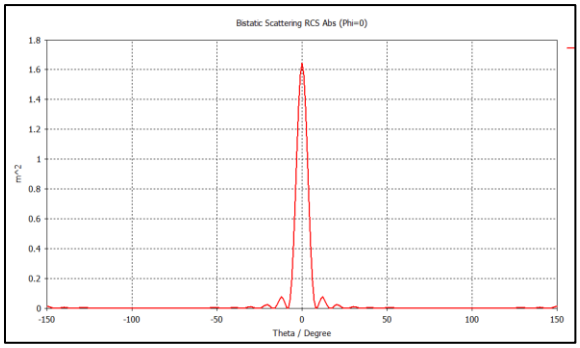
รูปที่ 47 RCS (dB) ที่ความถี่ 38 GHz



รูปที่ 48 RCS (m^2) ที่ความถี่ 24 GHz



รูปที่ 49 RCS (m^2) ที่ความถี่ 30 GHz



รูปที่ 50 RCS (m^2) ที่ความถี่ 38 GHz

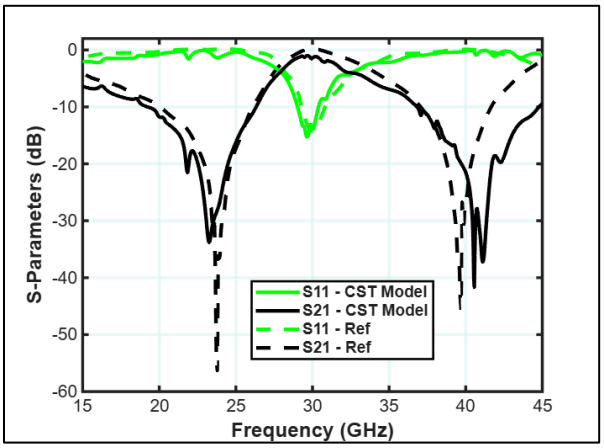
วิเคราะห์ผลการทดสอบ

1. การวิเคราะห์พารามิเตอร์การกระเจิง (S-parameter Analysis)

สำหรับการวิเคราะห์ S-parameter ของแผ่น Full Array ขนาด 16x16 พบว่ากราฟ S11 และ S21 ยังคงแสดงจุด Resonance ที่ความถี่เป้าหมายทั้ง 3 จุด ได้แก่ 24 GHz, 30 GHz และ 38 GHz ครบถ้วน แสดงให้เห็นว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับจูนมีความเสถียรและสามารถ scale ได้กับ array ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

2. การวิเคราะห์พื้นที่ภาคตัดขวางเรดาร์ (RCS Analysis)

ในส่วนของการวิเคราะห์ RCS โดยใช้ Plane Wave เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณภายใต้เงื่อนไข TE-Polarization ที่มุมตกกระทบ theta = 0 ผลการจำลองปรากฏว่ามีค่าสูงสุด (Peak) อยู่ที่มุม 0 องศา ในทุกความถี่เป้าหมายเช่นเดียวกัน ซึ่งยืนยันว่าแผ่นสะท้อนสามารถสะท้อนสัญญาณความถี่เรโซแนนซ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับแผ่น 10x10 พบว่าค่า Main lobe magnitude มีขนาดใหญ่ขึ้นอีก และ Angular width แคบลงอย่างชัดเจน บ่งบอกถึง Directivity ที่สูงขึ้นตามขนาด array ที่เพิ่มขึ้น ผลลัพธ์ดังกล่าวมีความสอดคล้องกับคุณลักษณะที่คาดไว้และแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการสะท้อนที่ดีที่สุดในบรรดา array ทั้งสามขนาด



รูปที่ 51 กราฟเปรียบเทียบผลอ้างอิง [1]

สิ่งที่ได้เรียนรู้

- การเพิ่มขนาดของ Full Array ส่งผลโดยตรงต่อค่า Main lobe magnitude ของ RCS ที่เพิ่มสูงขึ้น และ Angular width ที่แคบลง ซึ่งสอดคล้องกับหลักการของ array antenna ที่ Directivity จะเพิ่มขึ้นตามขนาดของ aperture
- รูปแบบกราฟ S-parameter ของ array ขนาด 10x10 และ 16x16 ยังคงแสดงจุด Resonance ที่ความถี่เป้าหมายครบทั้ง 3 จุด แสดงให้เห็นว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับจูนใน 5x5 นั้นสามารถนำไปใช้กับ array ขนาดใหญ่ขึ้นได้โดยไม่ต้องปรับค่าพารามิเตอร์เพิ่มเติม