

บทที่ 4

การออกแบบสายอากาศอัตรายายเชิงทิศทางสูง

โดยใช้สตริปไดโพลโค้งบนแผ่นตัวนำ

บทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบสายอากาศอัตรายายเชิงทิศทางสูงโดยใช้สตริปไดโพลโค้งบนแผ่นตัวนำสำหรับตัวอ่านและบันทึกข้อมูลของระบบอาร์เอฟไอดี โดยออกแบบที่ความถี่ปฏิบัติการ 2.45 GHz สายอากาศที่ออกแบบแล้วจะถูกจำลองผลในโปรแกรม CST Microwave Studio 2009 เพื่อดูค่าการสูญเสียย้อนกลับ รูปแบบการแผ่พลังงานสนามระยะใกล้ และอัตรายายของสายอากาศซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

4.1 การศึกษาสายอากาศสตริปไดโพลโค้ง

จากบทที่ 3 ทฤษฎีสายอากาศไดโพลสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการนำมาคำนวณเพื่อหาหรัสมิความโค้งของสายอากาศสตริปไดโพลโค้ง(α) จากทฤษฎีความยาวของสายอากาศไดโพล

$$L = \lambda/2 \quad (4.1)$$

และความยาวเส้นรอบวงของครึ่งวงกลม

$$L = \pi a \quad (4.2)$$

ดังนั้นเมื่อแทนสมการ (4.2) ใน (4.1) จะได้

$$a = (\lambda/2)/\pi \quad (4.3)$$

การคำนวณหาค่าพารามิเตอร์อ้างอิงต่างๆ ของสายอากาศสตริปไดโพลโค้ง แสดงดังต่อไปนี้ เมื่อกำหนดให้มีความถี่ปฏิบัติการคือ 2.45 GHz และป้อนกำลังงานด้วยสายส่ง 50 โอห์ม

ความยาวของสายอากาศไดโพล หรือ L หาได้จาก

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{2.45 \times 10^9 \text{ Hz}} = 122.45 \text{ mm}$$

$$\text{ดังนั้น } L = \frac{\lambda}{2} = \frac{122.45}{2} = 61.225 \text{ mm}$$

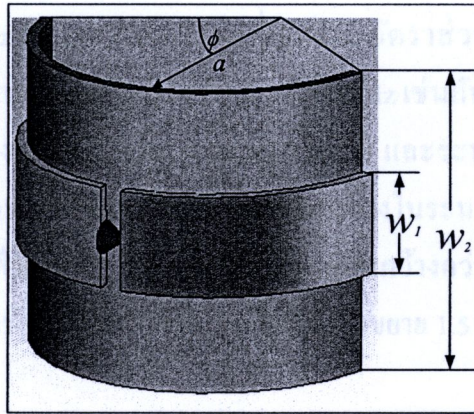
รัศมีความโค้งของสายอากาศสตริปไดโพลโค้ง หรือ a หาได้จาก

$$a = \frac{\lambda/2}{\pi} = \frac{61.225}{3.14} = 19.48 \text{ mm} = 0.16 \lambda$$

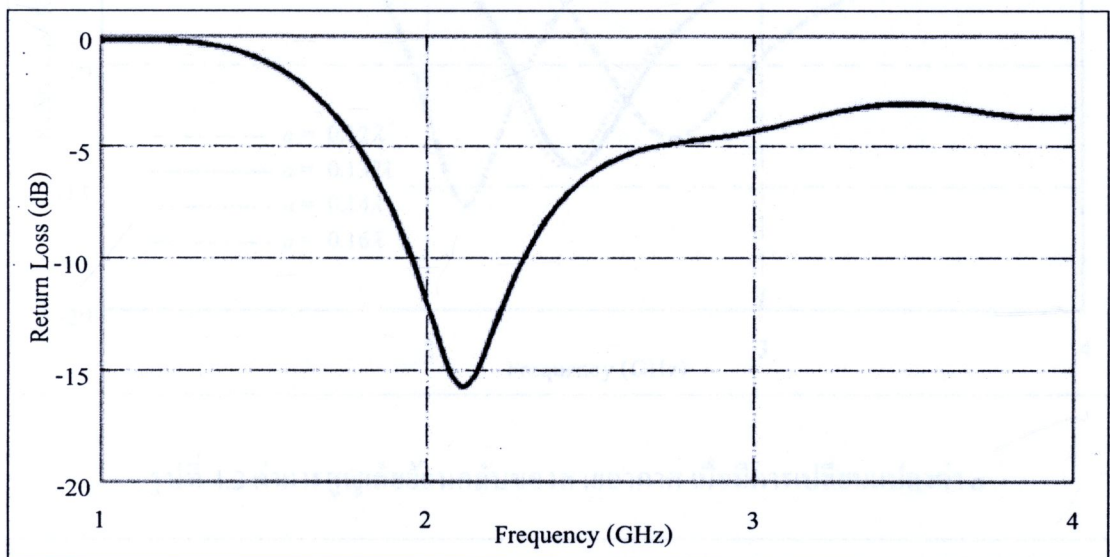
ซึ่งใช้เป็นค่าอ้างอิงในการออกแบบสายอากาศสตริปไดโพลโค้ง โดยเริ่มต้นจากการจำลองด้วยโปรแกรม CST Microwave Studio 2009 ในการจำลองแบบสายอากาศสตริปไดโพลโค้ง ซึ่งถูกวางบนไดอิเล็กทริก (polyvinyl chloride: PVC) ซึ่งมีค่าสภาพยอมทางไฟฟ้า (ϵ_r) เท่ากับ 3.4 โดยป้อนสัญญาณที่บริเวณกึ่งกลางของสายอากาศสตริปไดโพล ($\phi = \pi/2$) และค่าการสูญเสียย้อนกลับ (S_{11}) แสดงดังรูปที่ 4.1 (ก) และ (ข) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่ามีการสูญเสียย้อนกลับไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ในการออกแบบ ดังนั้นจึงทำการปรับค่าที่เหมาะสม เพื่อให้ได้สายอากาศสตริปไดโพลโค้งที่มีความกว้างแถบครอบคลุมความถี่ปฏิบัติการที่ 2.45 GHz โดยมีค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการปรับค่าที่เหมาะสม คือ รัศมีความโค้งของสายอากาศ (dipole radius: a) ซึ่งมีความสอดคล้องกับความยาวของสายอากาศ (curved strip dipole length: L) โดยค่า L จะมีขนาดน้อยกว่า 0.5λ

เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่ารัศมีความโค้งของสายอากาศสตริปไดโพลโค้ง คือให้ a เท่ากับ 0.12λ 0.137λ 0.14λ และ 0.16λ ตามลำดับ ซึ่งจะส่งผลต่อความยาวของสายอากาศ จากการจำลองพบว่าเมื่อสายอากาศสตริปไดโพลโค้งมีความยาวน้อยลงจะส่งผลทำให้ค่าการสูญเสียย้อนกลับ มีค่าเปลี่ยนไปดังรูปที่ 4.2 ดังนั้นจึงพิจารณาเพื่อเลือกค่ารัศมีความโค้งของสายอากาศ ลดลงจากเดิมเป็น 0.137λ

จากนั้นทำการเปลี่ยนแปลงค่าความกว้างของสายอากาศสตริปไดโพลโค้ง คือให้ w เท่ากับ 0.016λ 0.032λ 0.049λ 0.016λ 0.065λ 0.081λ และ 0.098λ ตามลำดับ ซึ่งจะส่งผลต่อค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จากการจำลองพบว่าเมื่อสายอากาศสตริปไดโพลโค้งมีความกว้างเท่ากับ 0.081λ จะส่งผลต่อค่าการสูญเสียย้อนกลับมากที่สุด โดยค่า S_{11} เท่ากับ -15.23 dB ที่ความถี่เรโซแนนซ์ แสดงดังรูปที่ 4.3.



(ก) แบบจำลองสายอากาศ

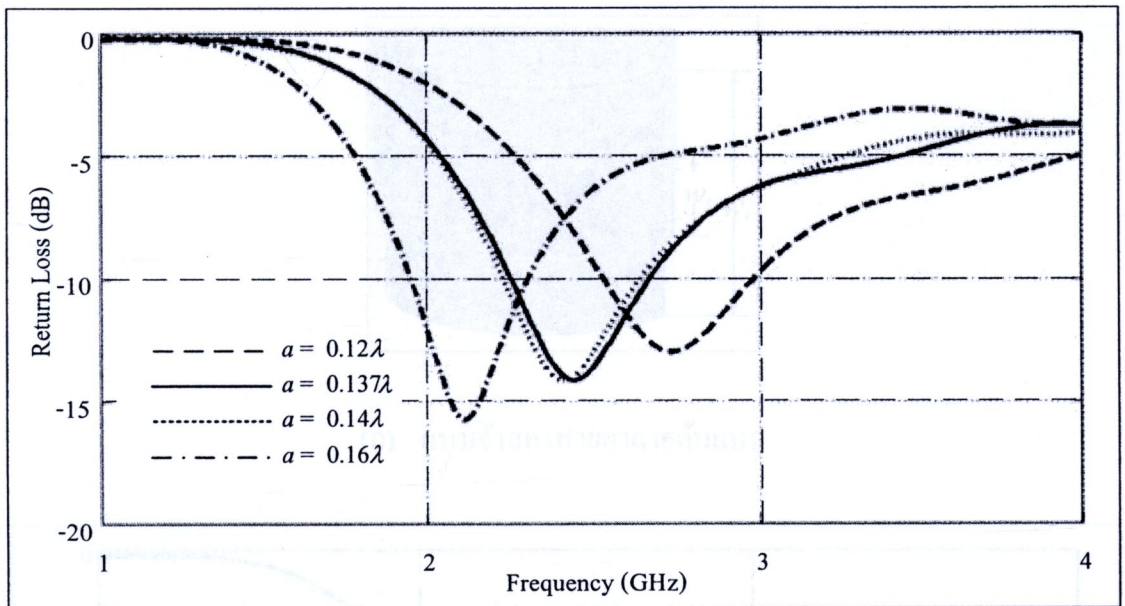


(ข) ค่าการสูญเสียย้อนกลับ

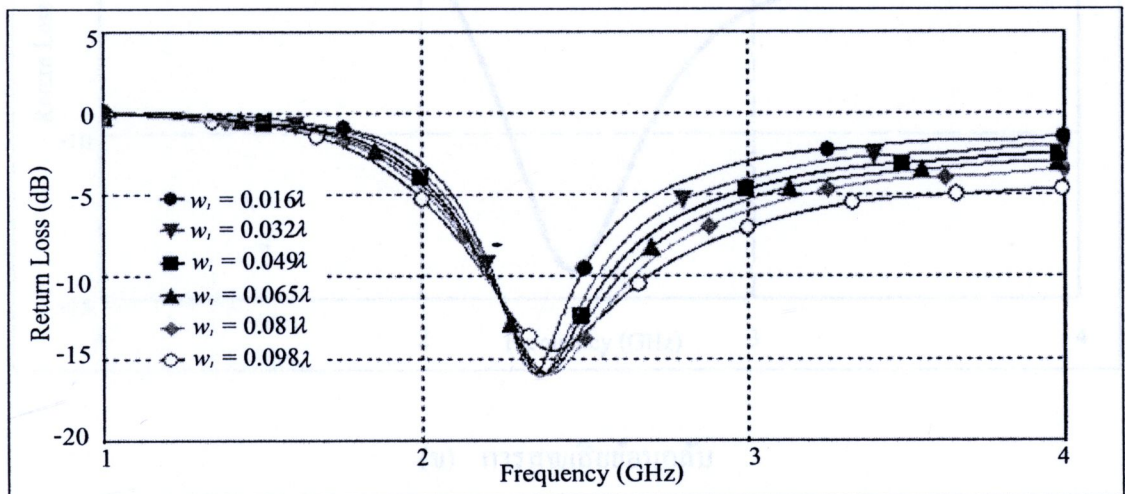
รูปที่ 4.1 ผลจากการจำลองสายอากาศสทริปไดโพลโค้งด้วยโปรแกรม CST Microwave Studio 2009

จากการปรับค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะได้ผลการจำลองสายอากาศสทริปไดโพลโค้งที่สามารถทำงาน ที่ความถี่ปฏิบัติการ 2.45 GHz แสดงค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศสทริปไดโพลโค้งต้นแบบแสดงดังตาราง 4.1 และรูปที่ 4.4 (ก) แสดงผลการจำลองสายอากาศสทริปไดโพลโค้งต้นแบบ จะเห็นว่าค่าการสูญเสียย้อนกลับมีค่าน้อยกว่า -10 dB สามารถครอบคลุม

ช่วงความถี่ตั้งแต่ 2.26 GHz ถึง 2.67 GHz ดังรูปที่ 4.4 (ข) อัตราส่วนคลื่นนิ่งมีค่าต่ำกว่า 2 และสามารถครอบคลุมช่วงความถี่ตั้งแต่ 2.26 GHz ถึง 2.67 GHz เช่นกัน แสดงได้ดังรูปที่ 4.4 (ค) สำหรับแบบรูปการแผ่พลังงานทั้งในระนาบสนามไฟฟ้า และระนาบสนามแม่เหล็กแสดงดังรูปที่ 4.4 (ง) ซึ่งมีแบบรูปการแผ่พลังงานเป็นแบบรอบทิศทางในระนาบเดียว และมีความกว้างครึ่งกำลังของระนาบสนามไฟฟ้าเท่ากับ 95.3 องศา ซึ่งมีค่าคลื่นกว้างกว่าความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลังของสายอากาศไดโพลเส้นตรง โดยผลการจำลองที่ได้มีอัตราขยาย 1.5 dB



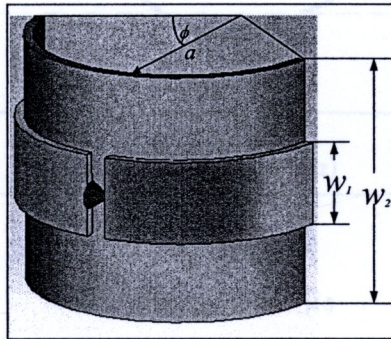
รูปที่ 4.2 ค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า a



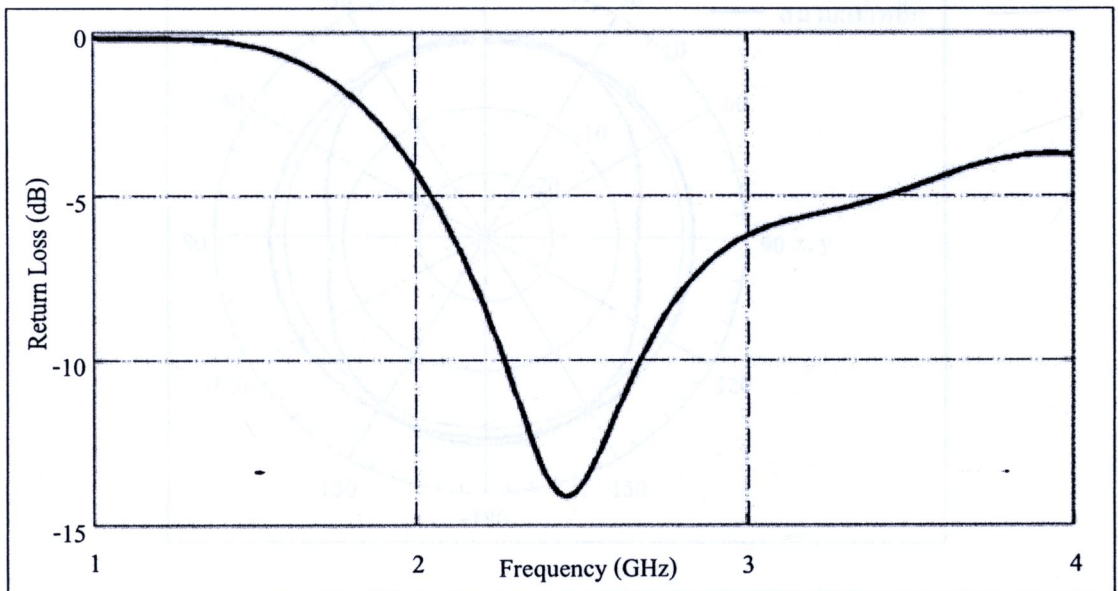
รูปที่ 4.3 ค่าการสูญเสียย้อนกลับของสายอากาศ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า w ,

ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศสตริปไดโพลโค้งต้นแบบ

พารามิเตอร์ของสายอากาศสตริปไดโพลโค้ง	ขนาด (λ)
a : รัศมีความโค้งของสายอากาศ	0.137
L : ความยาวของสายอากาศ	0.4
w_1 : ความกว้างของสตริปไดโพล	0.081
w_2 : ความกว้างของท่อนีวี่	0.25



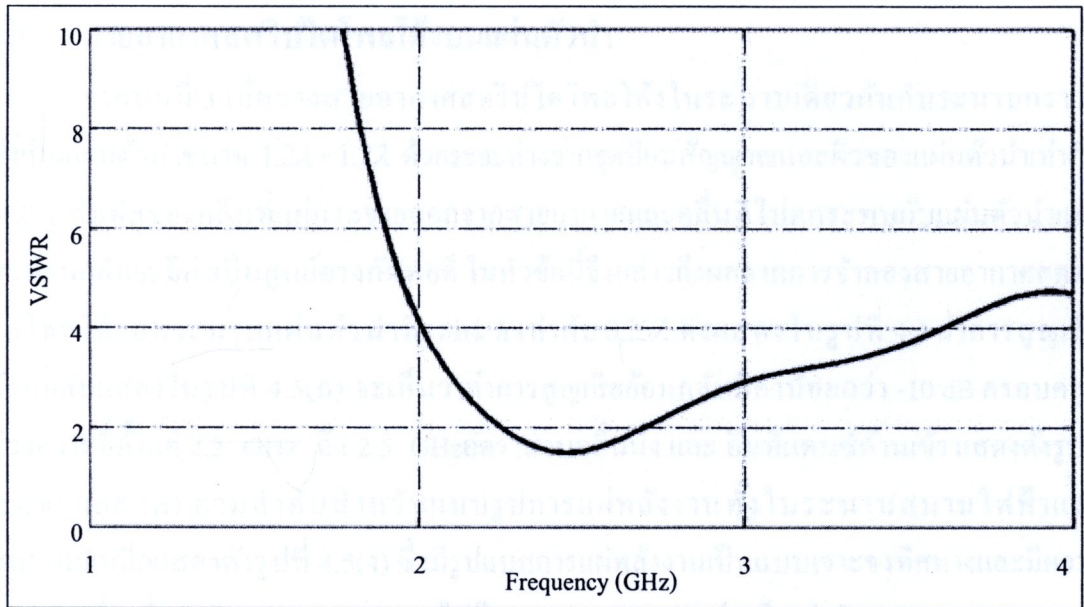
(ก) แบบจำลองสายอากาศต้นแบบ



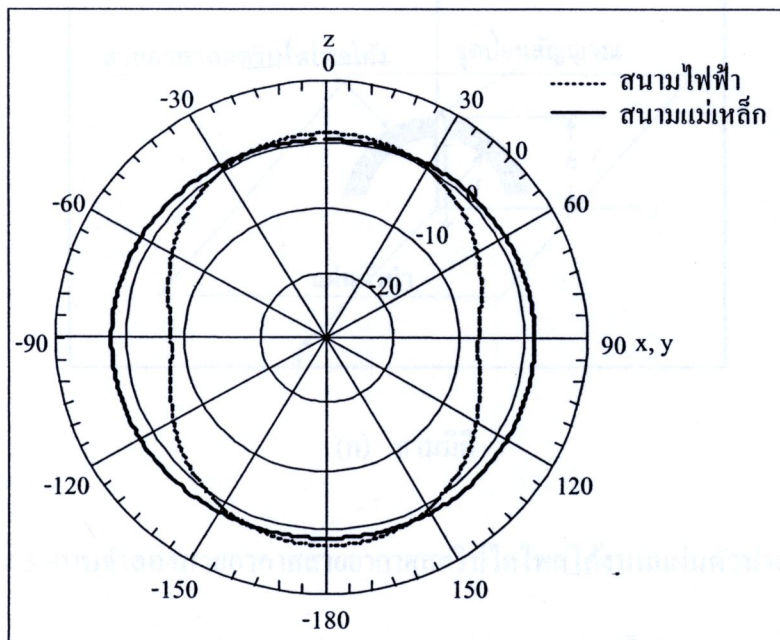
(ข) การสูญเสียย้อนกลับ

รูปที่ 4.4 ผลจากการจำลองสายอากาศสตริปไดโพลโค้งด้วยโปรแกรม

CST Microwave Studio 2009 หลังจากปรับค่า a และ w_1



(ค) อัตราส่วนคลื่นนิ่ง



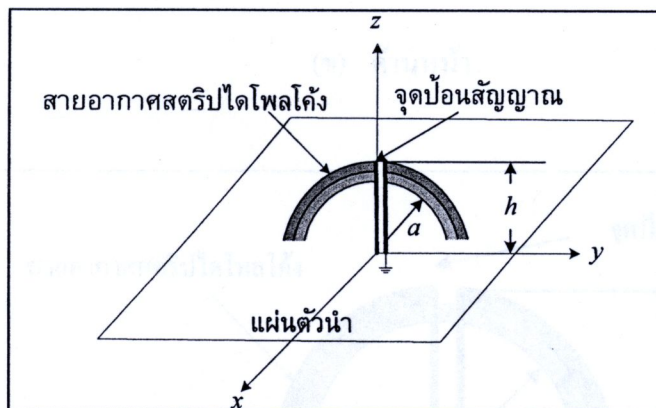
(ง) รูปแบบการแผ่พลังงาน

รูปที่ 4.4 ผลจากการจำลองสายอากาศสตริปไดโพลโค้งด้วยโปรแกรม

CST Microwave Studio 2009 หลังจากปรับค่า a และ w , (ต่อ)

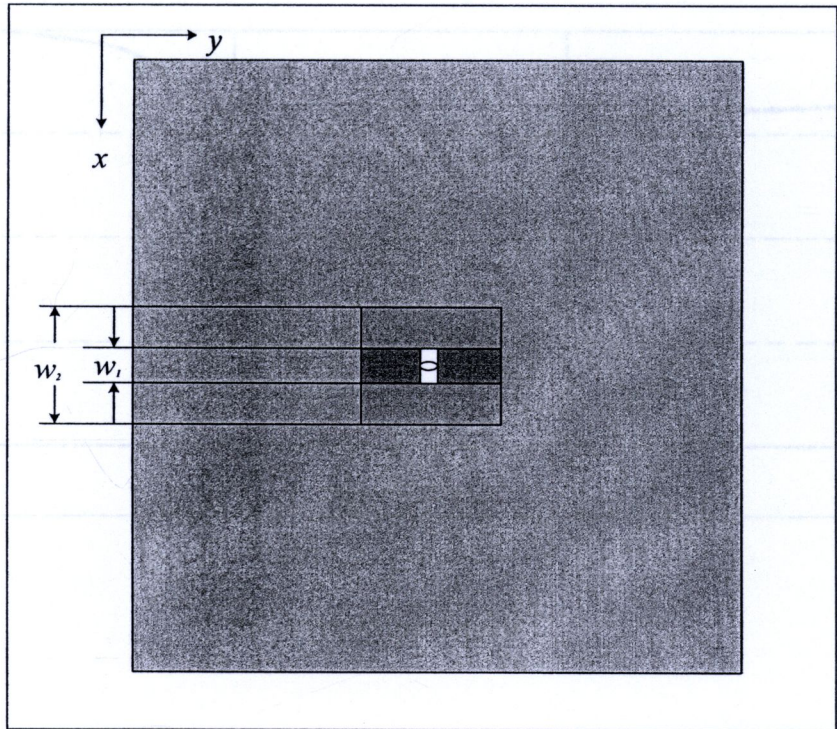
4.2 สายอากาศสตริปไดโพลโค้งบนแผ่นตัวนำ

จากบทที่ 3 เมื่อวางสายอากาศสตริปไดโพลโค้งในระนาบเดียวกันกับระนาบกราวด์ ซึ่งเป็นแผ่นตัวนำขนาด $1.2\lambda \times 1.2\lambda$ ด้วยระยะห่างจากจุดป้อนสัญญาณและผิวของแผ่นตัวนำเท่ากับ 0.25λ ค่าเฟสของคลื่นที่แผ่กระจายออกจากสายอากาศและคลื่นที่ไปตกกระทบกับแผ่นตัวนำแล้วสะท้อนกลับจะมีค่าเป็นศูนย์ตรงกันพอดี ในหัวข้อนี้จึงกล่าวถึงผลจากการจำลองสายอากาศสตริปไดโพลโค้งบนระนาบแผ่นตัวนำที่ระยะ h เท่ากับ 0.25λ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 ค่าการสูญเสียย้อนกลับแสดงในรูปที่ 4.5(ก) จะเห็นว่าค่าการสูญเสียย้อนกลับมีค่าน้อยกว่า -10 dB ครอบคลุมช่วงความถี่ตั้งแต่ 2.2 GHz ถึง 2.5 GHz อัตราส่วนคลื่นนิ่ง และ อิมพีแดนซ์ด้านเข้า แสดงดังรูปที่ 4.5(ข) และ (ค) ตามลำดับสำหรับแบบรูปการแผ่พลังงานทั้งในระนาบสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กแสดงดังรูปที่ 4.5(ง) ซึ่งมีรูปแบบการแผ่พลังงานเป็นแบบเจาะจงทิศทางและมีความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลังของระนาบสนามไฟฟ้าและระนาบสนามแม่เหล็กเท่ากับ 71.3 องศา และ 97.8 องศา ตามลำดับ โดยการจำลองที่ได้มีอัตราขยาย 7.3 dB

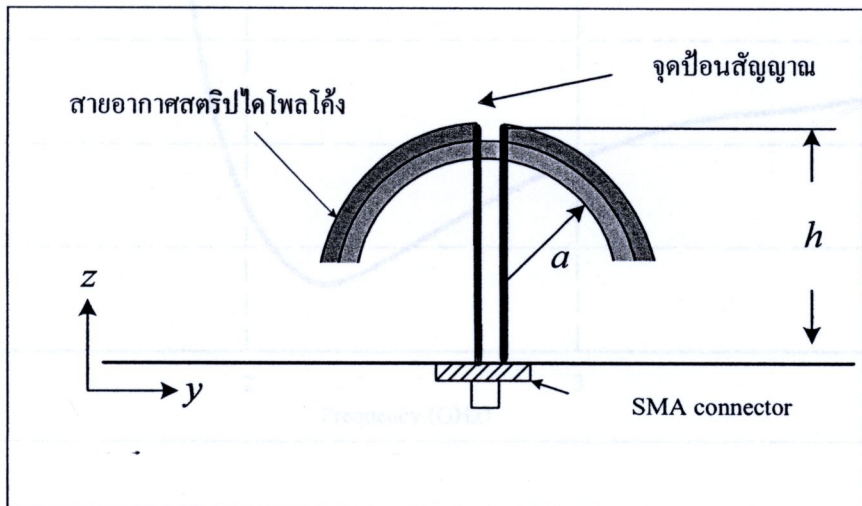


(ก) สามมิติ

รูปที่ 4.5 แบบจำลองสายอากาศสายอากาศสตริปไดโพลโค้งบนแผ่นตัวนำคั่นแบบ

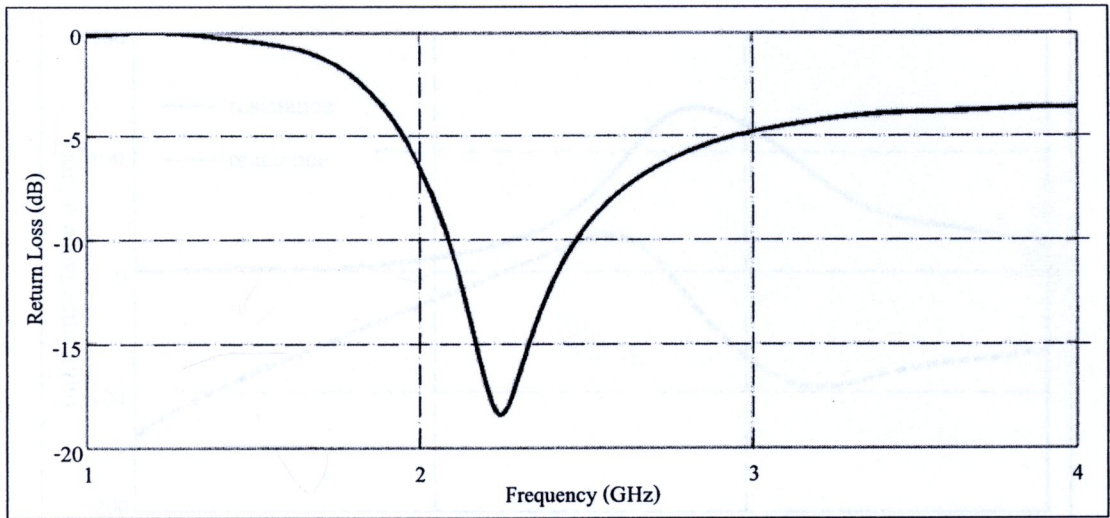


(ข) ด้านหน้า

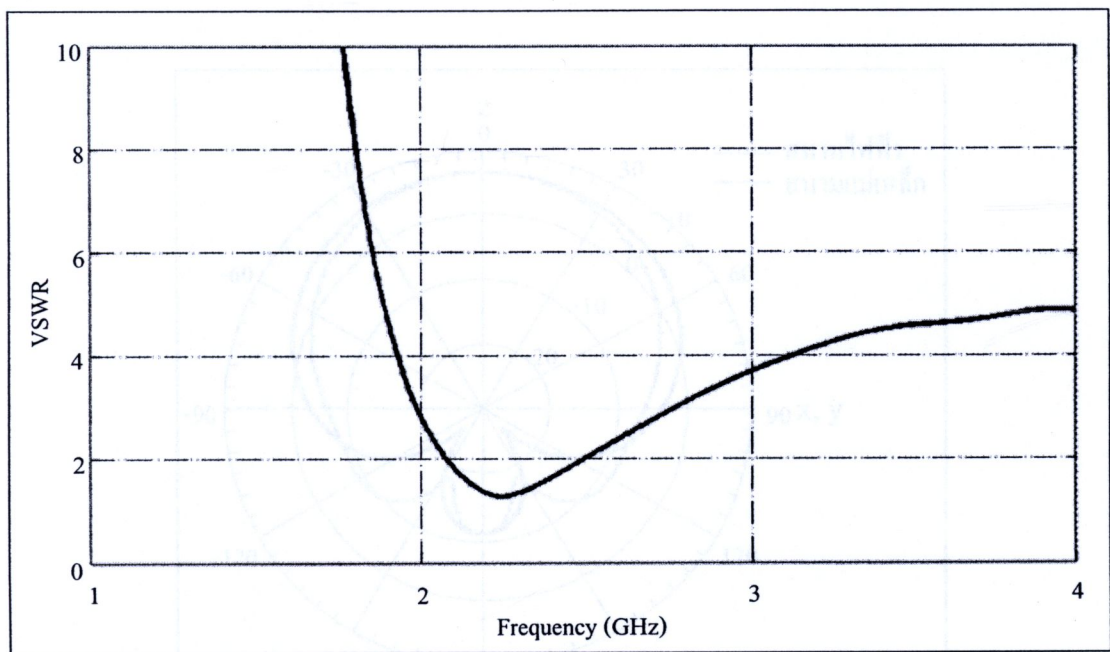


(ค) ด้านข้าง

รูปที่ 4.5 แบบจำลองสายอากาศสายอากาศสตริปไดโพล โค้งบนแผ่นตัวนำตันแบบ (ต่อ)

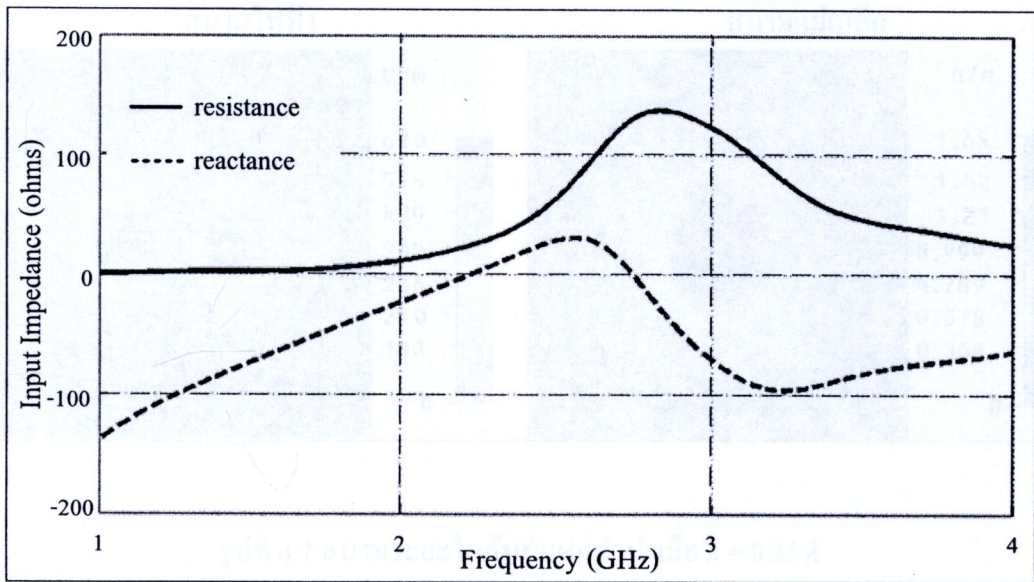


(ก) การสูญเสียย้อนกลับ

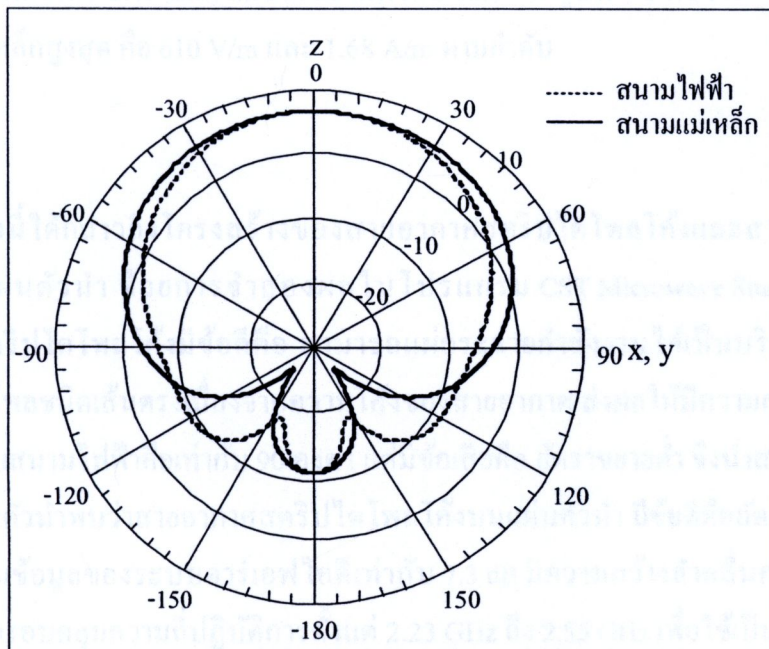


(ข) อัตราส่วนคลื่นนิ่ง

รูปที่ 4.6 ผลการจำลองสายอากาศสตริปไดโพลโค้งบนแผ่นตัวนำ

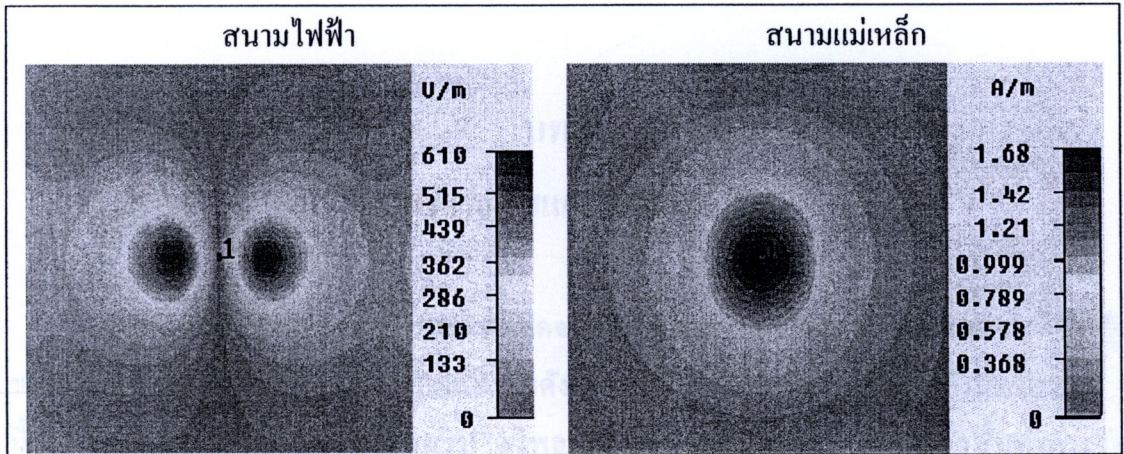


(ค) อิมพีแดนซ์ด้านเข้า



(ง) แบบรูปการแผ่พลังงาน

รูปที่ 4.6 ผลการจำลองสายอากาศสตริปไดโพลโค้งบนแผ่นตัวนำ
ด้วยโปรแกรม CST Microwave Studio 2009 (ต่อ)



รูปที่ 4.7 สนามระยะใกล้บนแผ่นตัวนำเมื่อ $h = 0.25 \lambda$

จากการจำลองสายอากาศสตริปไดโพลโค้งบนแผ่นตัวนำสามารถนำมาพิจารณาสนามระยะใกล้ (near-field) ที่เกิดบริเวณผิวด้านบนของแผ่นตัวนำ ในรูปของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่มีความถี่ 2.45 GHz เมื่อระยะ h เท่ากับ 0.25λ ดังรูปที่ 4.6 พบว่าค่าของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กสูงสุด คือ 610 V/m และ 1.68 A/m ตามลำดับ

4.3 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงโครงสร้างของสายอากาศสตริปไดโพลโค้งและสายอากาศสตริปไดโพลบนแผ่นตัวนำ ด้วยการจำลองผลใน โปรแกรม CST Microwave Studio 2009 พบว่าสายอากาศสตริปไดโพลโค้งมีข้อดีคือ สามารถแผ่กระจายกำลังงานได้เป็นบริเวณที่กว้างกว่าสายอากาศไดโพลชนิดเส้นตรงเนื่องจากความโค้งของสายอากาศ ส่งผลให้มีความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลังในระบบสนามไฟฟ้าคือเท่ากับ 90 องศา แต่มีข้อเสียคือ อัตราขยายต่ำ จึงนำสายอากาศชนิดนี้มาวางบนแผ่นตัวนำพบว่าสายอากาศสตริปไดโพลโค้งบนแผ่นตัวนำ มีข้อดีคืออัตราขยายเพียงพอสำหรับตัวอ่านข้อมูลของระบบอาร์เอฟไอดีเท่ากับ 7.3 dB มีความกว้างลำคลื่นครึ่งกำลังที่กว้างเพียงพอ และครอบคลุมความถี่ปฏิบัติการตั้งแต่ 2.23 GHz ถึง 2.85 GHz เพื่อใช้เป็นสายอากาศของตัวอ่านและบันทึกข้อมูลในเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีสำหรับเก็บค่าผ่านทางด่วนที่กำลังเป็นที่น่าจับตามองในปัจจุบัน