

บทที่ 4

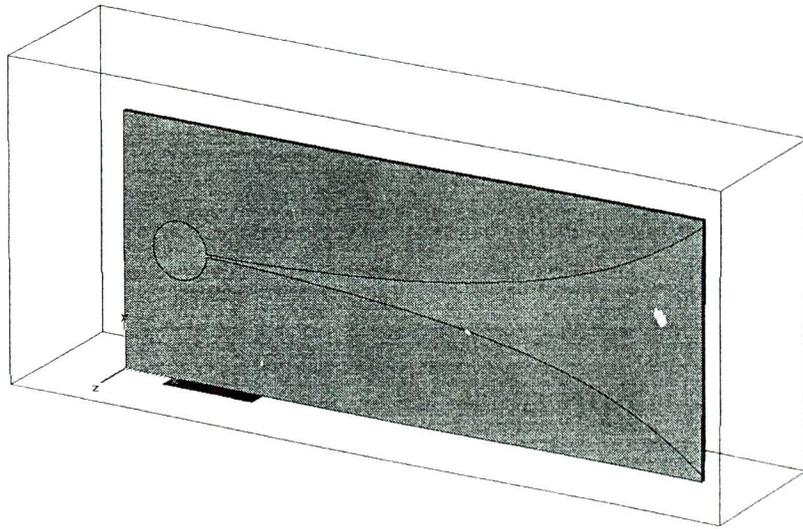
การวิเคราะห์และออกแบบสายอากาศ

ในบทนี้จะนำเสนอการวิเคราะห์และออกแบบสายอากาศแถวลำดับวงกลมโดยใช้ร่องแบบเรียวด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป CST เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของสายอากาศแถวลำดับวงกลมโดยใช้ร่องแบบเรียวสำหรับการประยุกต์ใช้งานเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย โดยในขั้นตอนแรกได้ทำการออกแบบและจำลองผลสายอากาศร่องแบบเรียวเพียงหนึ่งอิลิเมนต์ เพื่อให้ได้สายอากาศที่มีความกว้างแถบที่สามารถรองรับระบบการสื่อสารแบบไร้สายตามมาตรฐาน IEEE 802.11 a/b/g ได้ จากนั้นนำสายอากาศร่องแบบเรียวมาทำการจัดแถวลำดับแบบวงกลมเพื่อให้ได้ความกว้างลำคลื่นในระนาบอะซิมูทที่กว้างขึ้นและมีอัตราขยายของสายอากาศเพิ่มขึ้น

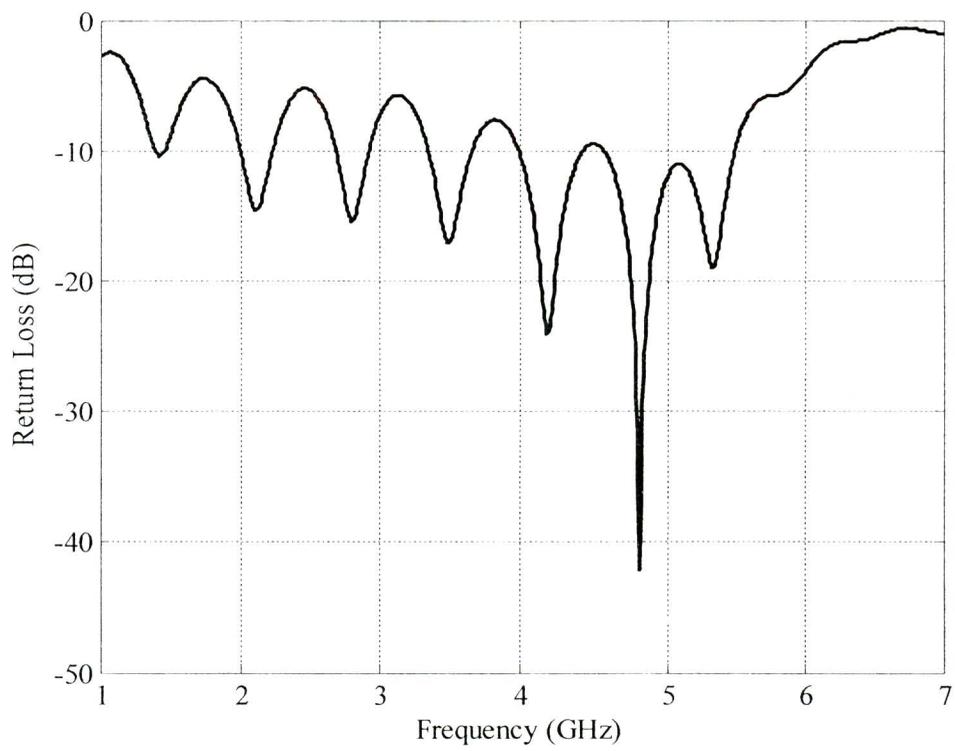
4.1 ศึกษาความเป็นไปได้ในการออกแบบและจำลองสายอากาศร่องแบบเรียวด้วย

โปรแกรมสำเร็จรูป CST

จากบทที่ 3 สามารถคำนวณหาค่าพารามิเตอร์อ้างอิงต่าง ๆ ของสายอากาศร่องแบบเรียวได้ดังตารางที่ 3.1 ซึ่งเป็นค่าอ้างอิงในการออกแบบสายอากาศร่องแบบเรียว จะได้ผลจากการจำลองด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป CST เป็นแบบจำลองสายอากาศร่องแบบเรียวและค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ (S_{11}) ดังรูปที่ 4.1(ก) และ (ข) ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ในการออกแบบ ดังนั้นจึงได้ทำการปรับค่าที่เหมาะสม เพื่อให้ได้สายอากาศร่องแบบเรียวที่มีความกว้างแถบครอบคลุมช่วงความถี่ปฏิบัติการตั้งแต่ 2 GHz ถึง 6 GHz โดยมีค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการปรับค่าที่เหมาะสม ได้แก่ ความยาวของสายอากาศ (antenna length : A_l) ความกว้างของร่อง (flared slotline width : F_w) ความยาวชดเชยด้านหลังสตัป (backwall offset : L_g) อัตราความโค้งของร่องเรียวเอกซ์โพเนนเชียล (exponential opening rate : R_a) การปรับมาตราส่วนของสายอากาศร่องแบบเรียว และความสูงของวัสดุฐานรอง (substrate height : H) ซึ่งจะพิจารณาการปรับค่าที่เหมาะสมจากค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับของสายอากาศ



(ก) แบบจำลองสายอากาศ

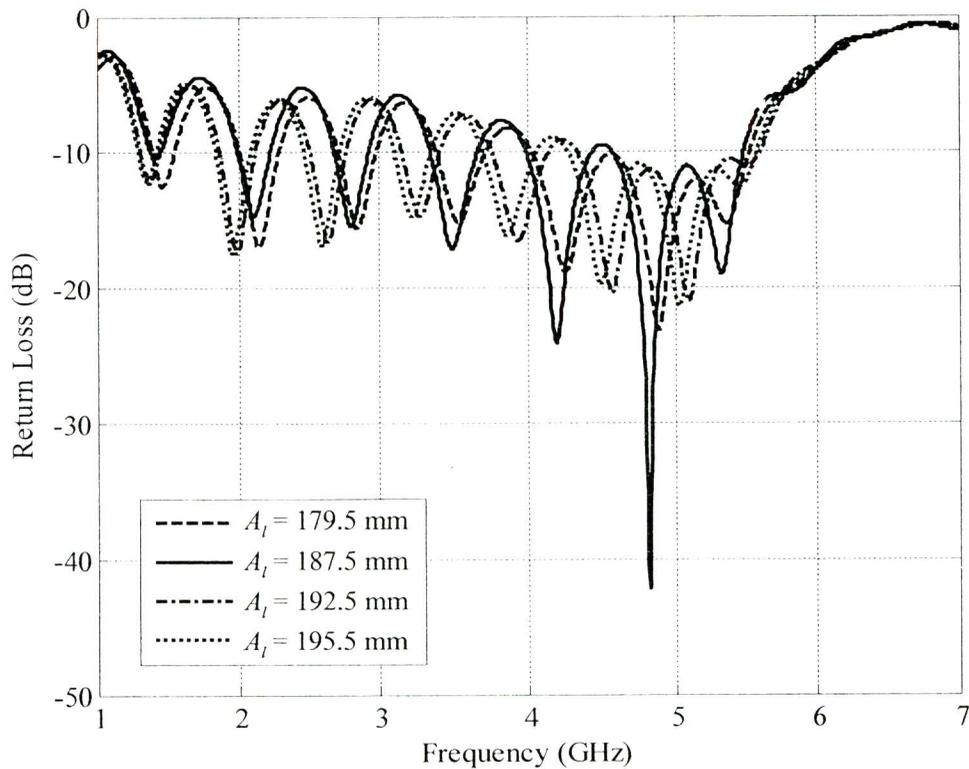


(ข) ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ

รูปที่ 4.1 ผลจากการจำลองสายอากาศร่องแบบเรียวด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป CST

4.1.1 ความยาวของสายอากาศ

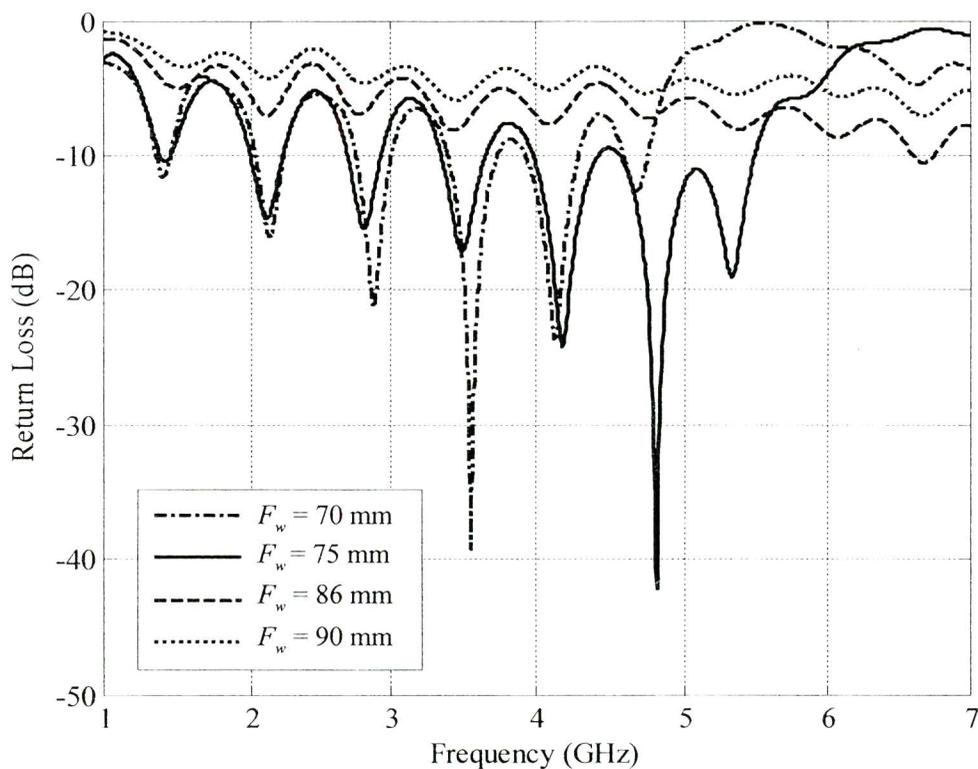
เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่าความยาวของสายอากาศ หรือ A_l คือ ให้ A_l เท่ากับ 179.5 มิลลิเมตร 187.5 มิลลิเมตร 192.5 มิลลิเมตร และ 195.5 มิลลิเมตร โดยให้ค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ มีค่าคงที่ จากการจำลองผลพบว่าเมื่อสายอากาศร่องแบบรีขวยมีความยาวเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ มีจำนวนของการแกว่ง (oscillation) ที่เพิ่มขึ้นแสดงได้ดังรูปที่ 4.2 ดังนั้นจึงเลือกค่าความยาวของสายอากาศเท่ากับค่าอ้างอิงเดิมคือ 187.5 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.2 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับของสายอากาศ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า A_l

4.1.2 ความกว้างของร่อง

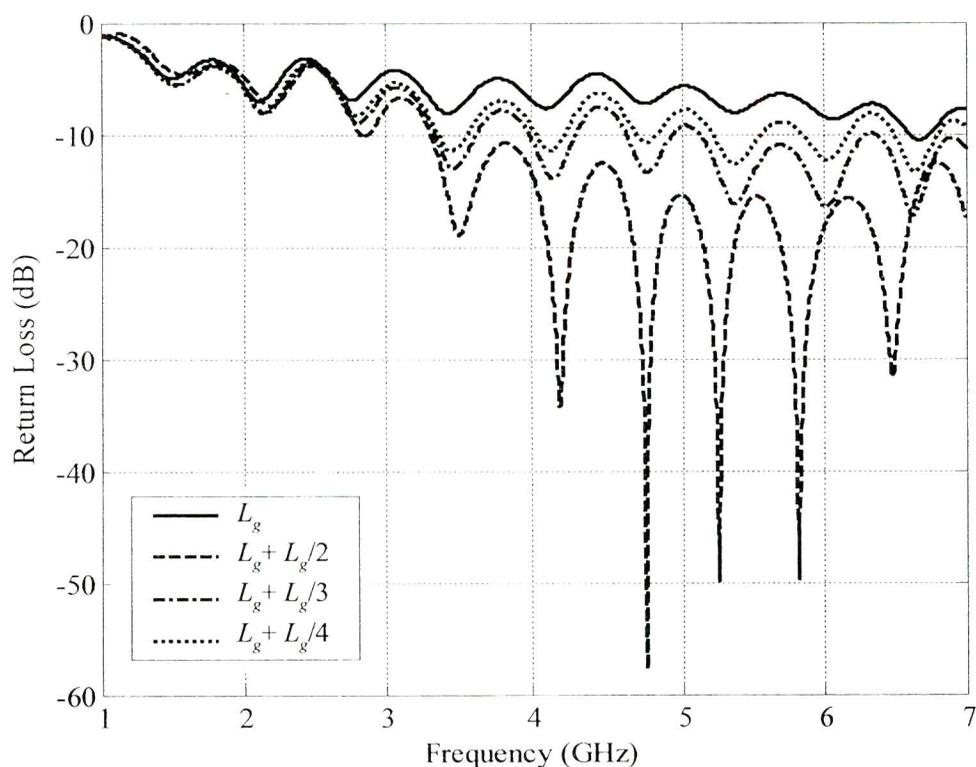
เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่าความกว้างของร่อง หรือ F_w คือ ให้ F_w เท่ากับ 70 มิลลิเมตร 75 มิลลิเมตร 86 มิลลิเมตร และ 90 มิลลิเมตร โดยให้ค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ มีค่าคงที่ พบว่าเมื่อค่า F_w เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับดีขึ้นเนื่องจากการเพิ่มพื้นที่ในการแผ่กระจายพลังงาน แต่ถ้า F_w เพิ่มมากขึ้นจะพบว่าความถี่ปฏิบัติการในช่วงความถี่กลางจะเลื่อน ไปยังความถี่ที่สูงขึ้น (Amena Syeda, 2006) แต่จากการจำลองผลจะเห็นได้ว่าเมื่อ F_w เท่ากับ 75 มิลลิเมตร มีผลของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับที่ดีที่สุด แสดงดังรูปที่ 4.3 แต่เมื่อนำค่า F_w เท่ากับ 75 มิลลิเมตร ไปทำการปรับหาค่าความยาวซดเซยด้านหลังสลับ พบว่าได้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับที่ไม่ดี จึงได้ทำการเลือกค่า F_w เท่ากับ 86 มิลลิเมตร มาทำการปรับหาค่าความยาวซดเซยด้านหลังสลับ พบว่าได้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับที่ดีขึ้น ซึ่งจะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป ดังนั้นจึงเลือกค่า F_w เท่ากับ 86 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับของสายอากาศ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า F_w

4.1.3 ความยาวขดเชยด้านหลังสตัป

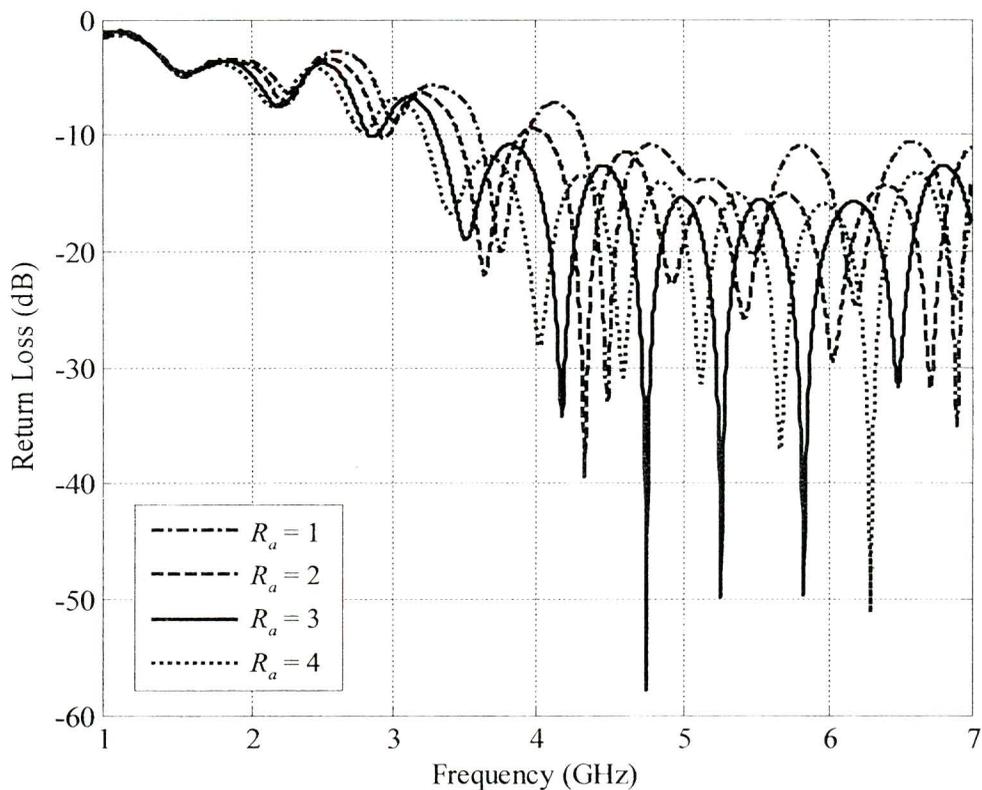
เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่าความยาวขดเชยด้านหลังสตัป หรือ L_g คือ ให้ L_g เท่ากับ 9.82 มิลลิเมตร (L_g) 12.28 มิลลิเมตร ($L_g + (L_g / 4)$) 13.09 มิลลิเมตร ($L_g + (L_g / 3)$) และ 14.73 มิลลิเมตร ($L_g + (L_g / 2)$) โดยให้ค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ มีค่าคงที่ จากการจำลองผล พบว่าเมื่อค่า L_g เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับดีขึ้นที่ความถี่ปฏิบัติการ ช่วงความถี่ต่ำ แต่ถ้า L_g เพิ่มมากขึ้นจะพบว่าความถี่ปฏิบัติการในช่วงความถี่กลางจะเลื่อนไปยังความถี่ที่สูงขึ้นแสดงดังรูปที่ 4.4 ดังนั้นเลือกค่า L_g เท่ากับ 14.73 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับของสายอากาศ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า L_g

4.1.4 อัตราความโค้งของร่องเรียวเอกซ์โพเนนเชียล

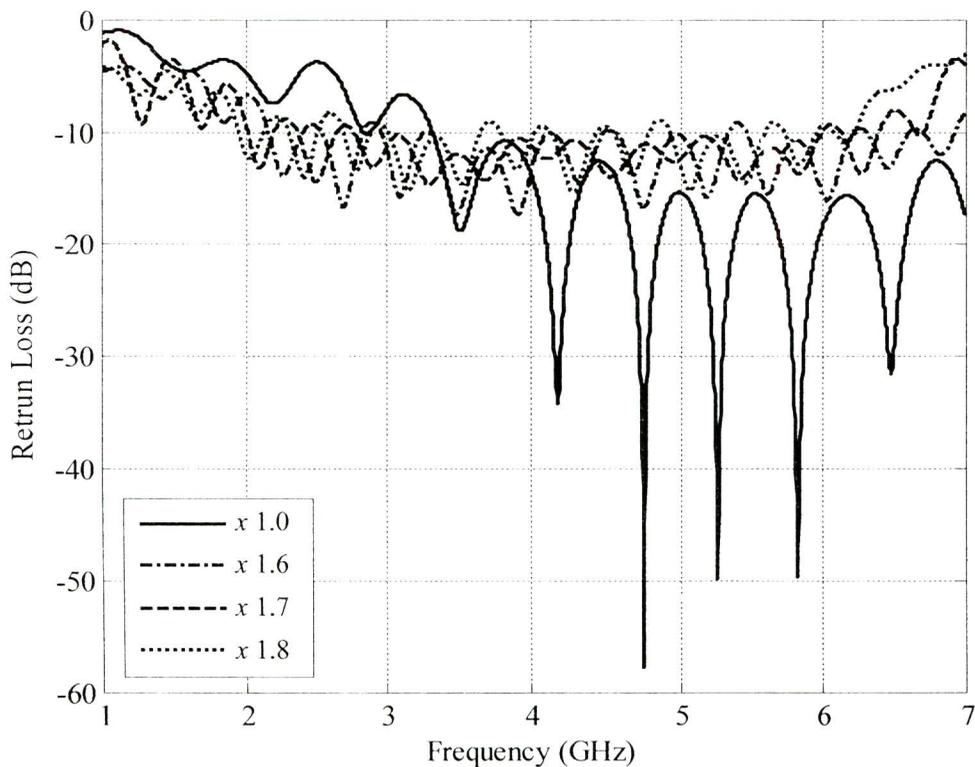
เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราความโค้งของร่องเรียวแบบเอกซ์โพเนนเชียล หรือ R_a คือ ให้ R_a เท่ากับ 1 2 3 และ 4 โดยให้ค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ มีค่าคงที่ จากการจำลองผลพบว่า เมื่อค่า R_a เพิ่มขึ้น ทำให้ความถี่ปฏิบัติการช่วงความถี่ต่ำลดลง และช่วงความถี่กลางมีการแมตช์ที่ไม่ดี จากรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่าที่ค่า R_a เท่ากับ 3 จะให้ผลของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับที่ดีที่สุด เมื่อ R_a น้อยกว่า 3 พบว่าได้ความถี่ปฏิบัติการที่ช่วงความถี่ต่ำมากกว่า 3 GHz และเมื่อ R_a มากกว่า 3 พบว่าความถี่ปฏิบัติการที่ช่วงความถี่กลางมีการแมตช์ที่ไม่ดี มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับมากกว่า -10 dB ดังนั้นเลือกค่า R_a เท่ากับ 3



รูปที่ 4.5 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับของสายอากาศ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า R_a

4.1.5 การปรับมาตราส่วนของสายอากาศ

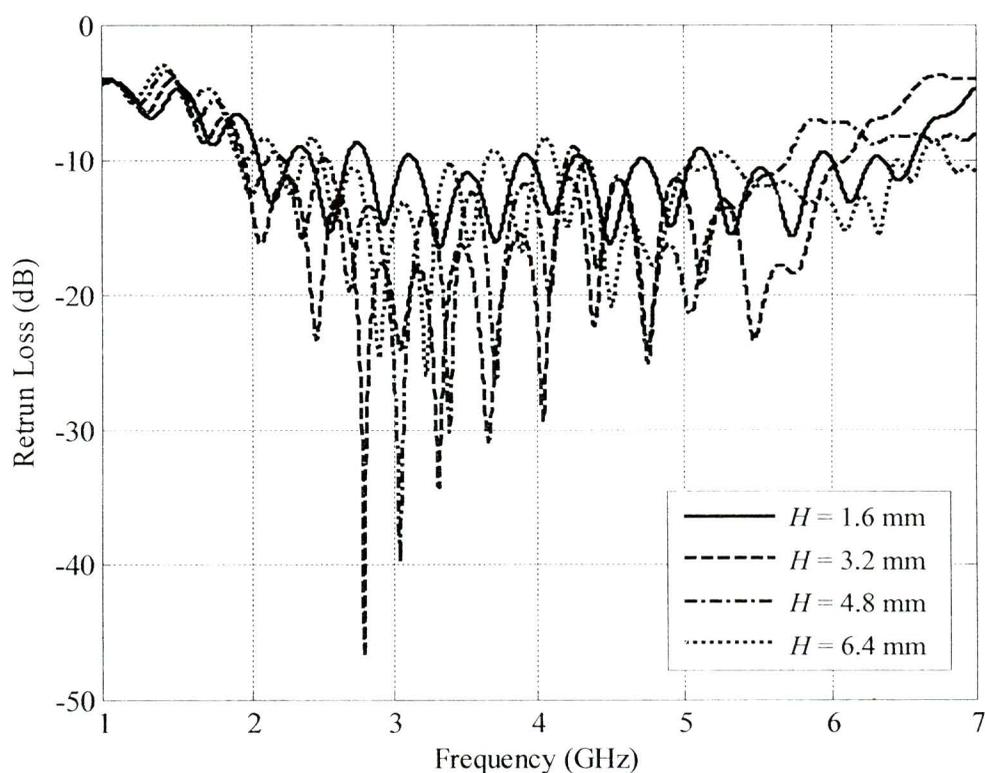
จากผลการจำลองสายอากาศร็องแบบเรียลจะเห็นว่าเมื่อทำการปรับค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมแล้ว ผลของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับยังมีความกว้างแถบไม่ครอบคลุมช่วงความถี่ปฏิบัติการ 2 GHz ถึง 6 GHz ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ใช้เทคนิคในการปรับมาตราส่วนของสายอากาศ ซึ่งทำการปรับมาตราส่วนของสายอากาศให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเนื่องจากผลการจำลองที่ได้มีความถี่ปฏิบัติการในช่วงความถี่สูง โดยนำค่าคงที่ ได้แก่ 1.6 1.7 และ 1.8 มาคูณเข้ากับพารามิเตอร์ของสายอากาศ พบว่าค่าคงที่ 1.7 ให้ผลของความกว้างแถบครอบคลุมช่วงความถี่ปฏิบัติการ 2 GHz ถึง 6 GHz ตรงตามวัตถุประสงค์ในการออกแบบ แสดงได้ดังรูปที่ 4.6 ซึ่งกราฟเส้นทึบจะเป็นค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับของผลการจำลองสายอากาศร็องแบบเรียลที่มีการปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ แล้วแต่ยังไม่ได้มีการคูณค่าคงที่เข้ากับพารามิเตอร์ของสายอากาศ และจะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับที่ได้มีการแมตซ์ที่ไม่ดี ดังนั้นในขั้นตอนต่อไปจึงได้ทำการปรับค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับให้มีการแมตซ์ที่ดีขึ้น โดยการปรับหาค่าความสูงของวัสดุฐานรอง



รูปที่ 4.6 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับของสายอากาศ เมื่อทำการปรับมาตราส่วนของสายอากาศ

4.1.6 ความสูงของวัสดุฐานรอง

เมื่อทำการเปลี่ยนแปลงค่าความสูงของวัสดุฐานรองหรือ H คือ ให้ H เท่ากับ 1.6 มิลลิเมตร 3.2 มิลลิเมตร 4.8 มิลลิเมตร และ 6.4 มิลลิเมตร โดยให้ค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ มีค่าคงที่ เมื่อค่า H เพิ่มขึ้น ทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับที่มีการแมตซ์ดีขึ้น จากการจำลองผลพบว่า H มีค่าเท่ากับ 3.2 มิลลิเมตร มีผลการแมตซ์ที่ดีที่สุด แสดงดังรูปที่ 4.7 ดังนั้น เลือกค่า H เท่ากับ 3.2 มิลลิเมตร



รูปที่ 4.7 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับของสายอากาศ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่า H

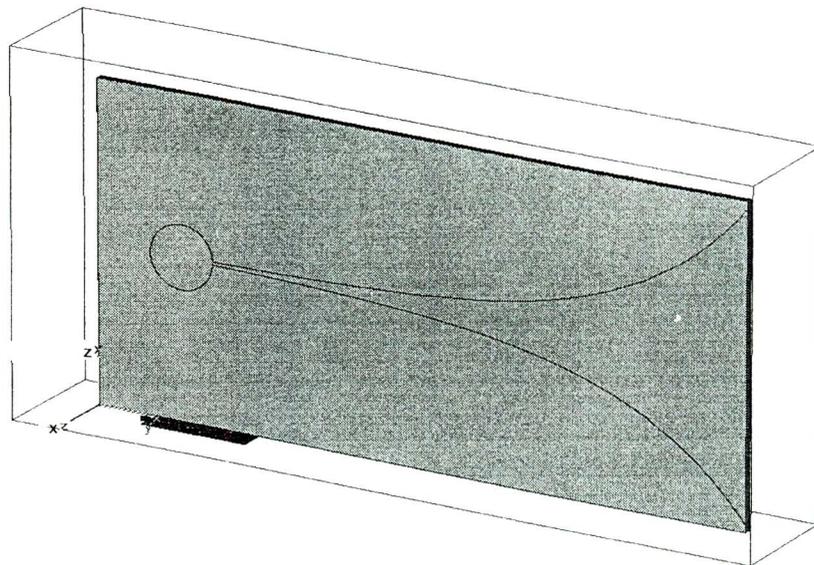
จากการปรับหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะได้ผลการจำลองสายอากาศ ร่องแบบเรียวตันแบบที่มีความกว้างแถบครอบคลุมช่วงความถี่ปฏิบัติการตั้งแต่ 2 GHz ถึง 6 GHz แสดงค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศร่องแบบเรียวตันแบบดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.8 แสดงผลการจำลองสายอากาศร่องแบบเรียวตันแบบ จะเห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับมีค่าน้อยกว่า -10 dB ครอบคลุมช่วงความถี่ตั้งแต่ 2 GHz ถึง 6 GHz ดังรูปที่ 4.8(ข) อัตราส่วนคลื่นนิ่งมีค่าต่ำกว่า 2 ครอบคลุมช่วงความถี่ตั้งแต่ 2 GHz ถึง 6 GHz เช่นกัน แสดงได้ดังรูปที่ 4.8(ค) สำหรับแบบรูปการแผ่พลังงานทั้งในระนาบสนามไฟฟ้าและระนาบสนามแม่เหล็กแสดงดังรูปที่ 4.8(ง) และ (จ) ตามลำดับ ซึ่งมีแบบรูปการแผ่พลังงานเป็นแบบเจาะจงทิศทาง โดยผลการจำลองที่ได้มีอัตราขยายดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์ของสายอากาศร่องแบบเรียวตันแบบ

พารามิเตอร์ของสายอากาศร่องแบบเรียว	ขนาด (mm)
A_l : ความยาวของสายอากาศ	318.8
A_w : ความกว้างของสายอากาศ	153
F_l : ความยาวของร่อง	271.7
F_w : ความกว้างของร่อง	146.2
R_a : อัตราความโค้งของร่องเรียวเอกซ์โพเนนเชียล	3
L_g : ความยาวชดเชยด้านหลังสตัป	25.04
L_t : ความยาวของส่วนที่เป็นเส้นตรงของร่อง	16.69
H : ความสูงของวัสดุฐานรอง	3.2
D_s : เส้นผ่าศูนย์กลางวงกลมของสตัป	30.4
W_{st} : ความกว้างของเส้นไมโครสตริป	5.13

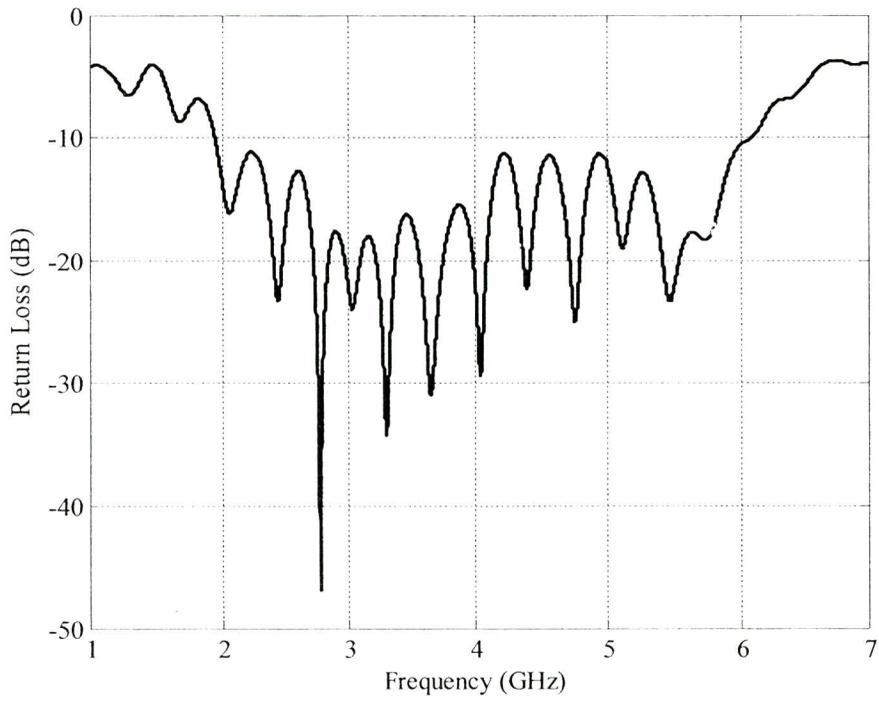
ตารางที่ 4.2 ค่าอัตราขยายจากผลการจำลองสายอากาศร่องแบบเรียวต้นแบบ

ความถี่ (GHz)	อัตราขยาย (dB)
2.45	11
5.25	8.35
5.80	7.37

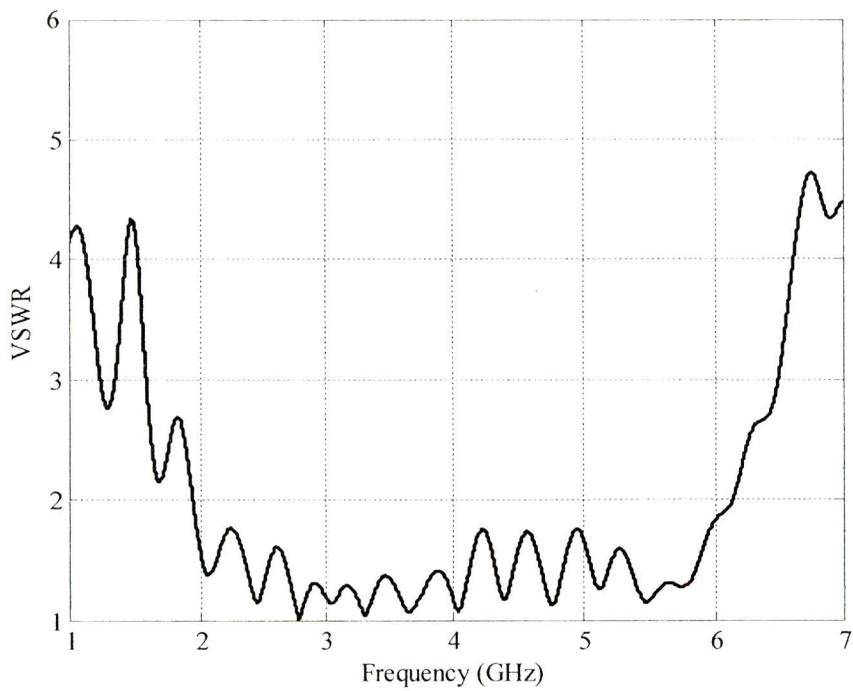


(ก) แบบจำลองสายอากาศต้นแบบ

รูปที่ 4.8 ผลจากการจำลองสายอากาศร่องแบบเรียวต้นแบบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป CST

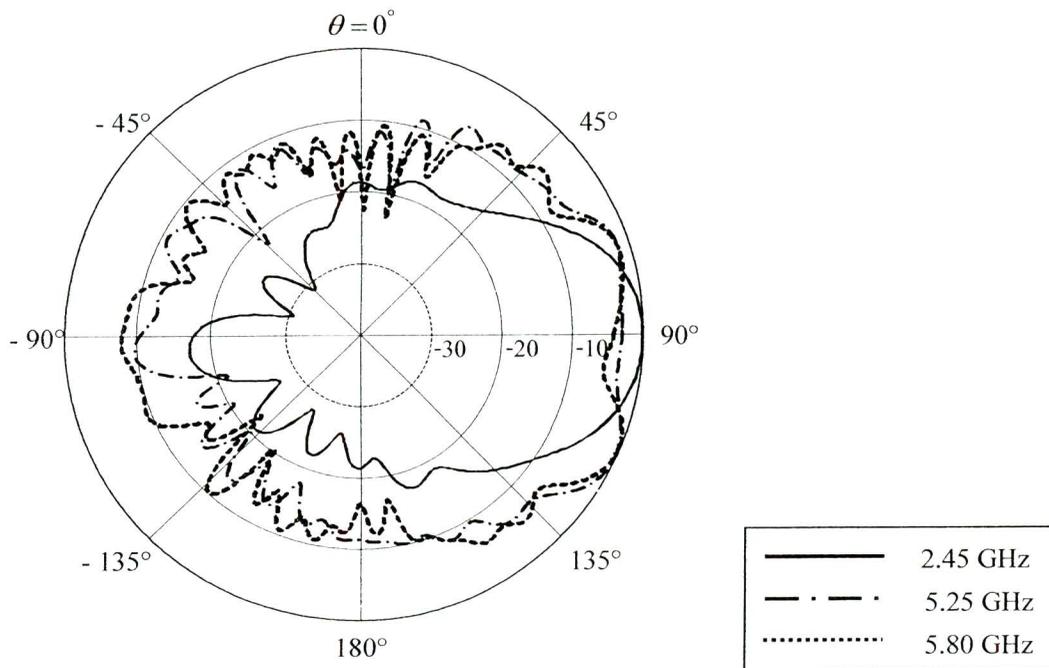


(ข) ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ

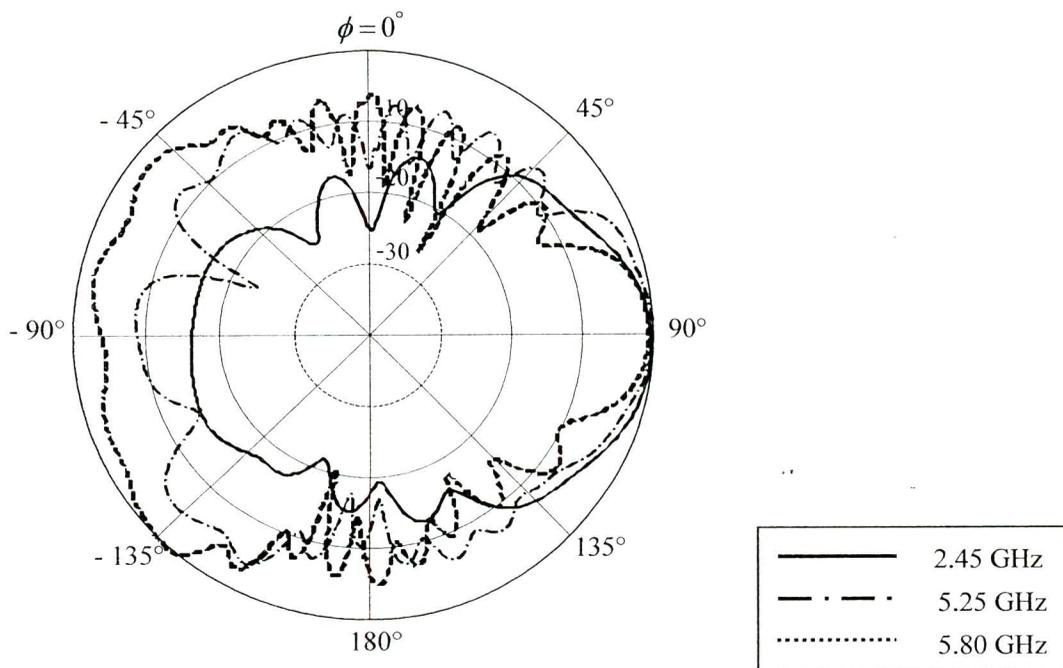


(ค) อัตราส่วนคลื่นนิ่ง

รูปที่ 4.8 ผลจากการจำลองสายอากาศร่องแบบเรียวตันแบบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป CST (ต่อ)



(ง) แบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามไฟฟ้า



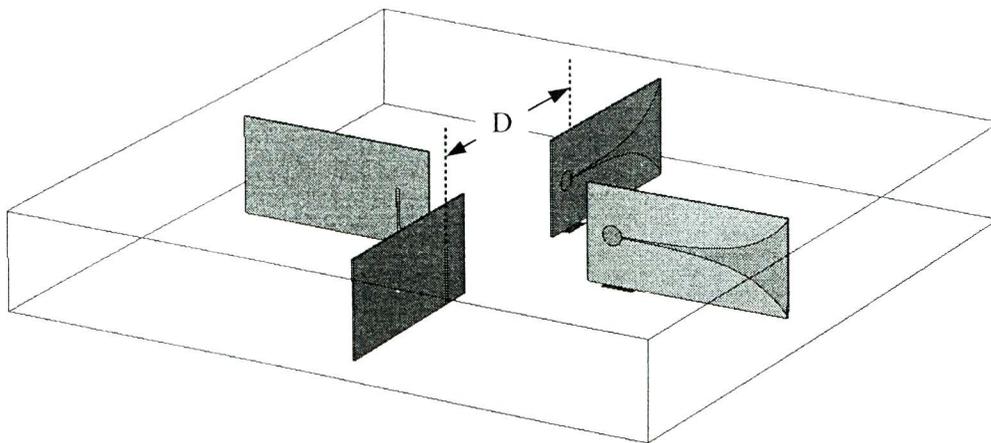
(จ) แบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามแม่เหล็ก

รูปที่ 4.8 ผลจากการจำลองสายอากาศร่องแบบเรียวตันแบบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป CST (ต่อ)

4.2 ศึกษาความเป็นไปได้ในการออกแบบและจำลองสายอากาศแถวลำดับวงกลม

โดยใช้ร่องแบบเรียบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป CST

เมื่อได้สายอากาศร่องแบบเรียบต้นแบบแล้ว ในขั้นตอนต่อไป คือ การออกแบบและจำลองผลสายอากาศแถวลำดับวงกลม งานวิจัยนี้ได้ทำการจัดแถวลำดับแบบวงกลมโดยใช้สายอากาศร่องแบบเรียบจำนวน 4 อิลิเมนต์ แสดงได้ดังรูปที่ 4.9 ทำการปรับระยะ (distance : D) ที่เหมาะสมในการจัดแถวลำดับแบบวงกลม เพื่อให้สายอากาศแถวลำดับวงกลมที่มีแบบรูปการแผ่แบบรอบตัวในระนาบอะซิมุท สำหรับการประยุกต์ใช้งานในเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สายซึ่งมีความกว้างแถบครอบคลุมช่วงความถี่ตั้งแต่ 2 GHz ถึง 6 GHz สามารถรองรับระบบการสื่อสารแบบไร้สายตามมาตรฐาน IEEE 802.11 a/b/g ได้ จากนั้นได้วิเคราะห์หารูปปร่างของตัวสะท้อน (reflector) อะลูมิเนียมที่เหมาะสม เพื่อทำหน้าที่ในการลดคลื่นพหุหลัง(back lobe) ซึ่งได้ทำการจำลองผลสายอากาศแถวลำดับวงกลมที่มีตัวสะท้อนอะลูมิเนียมรูปทรงกระบอก สี่เหลี่ยม และสี่เหลี่ยมเอียง 45° และได้วิเคราะห์หาอัตราขยายสูงสุดของสายอากาศแถวลำดับวงกลมโดยการนำแผ่นอะลูมิเนียมปิดด้านบนและด้านล่างของสายอากาศแถวลำดับวงกลม



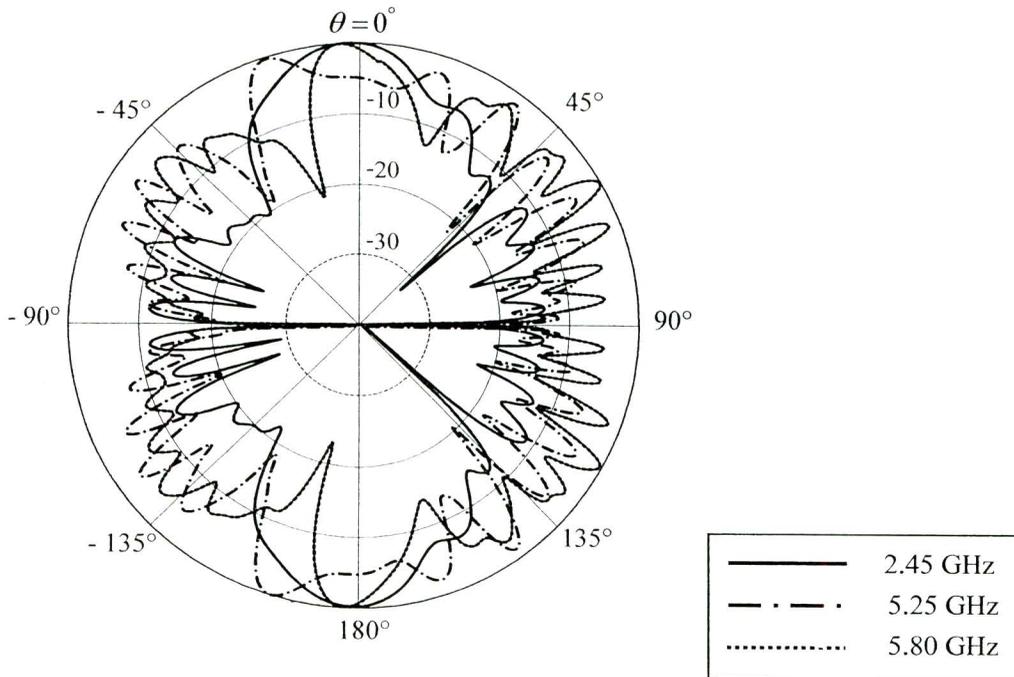
รูปที่ 4.9 แบบจำลองสายอากาศแถวลำดับวงกลม

4.2.1 การปรับหาระยะที่เหมาะสมในการจัดแถวลำดับ

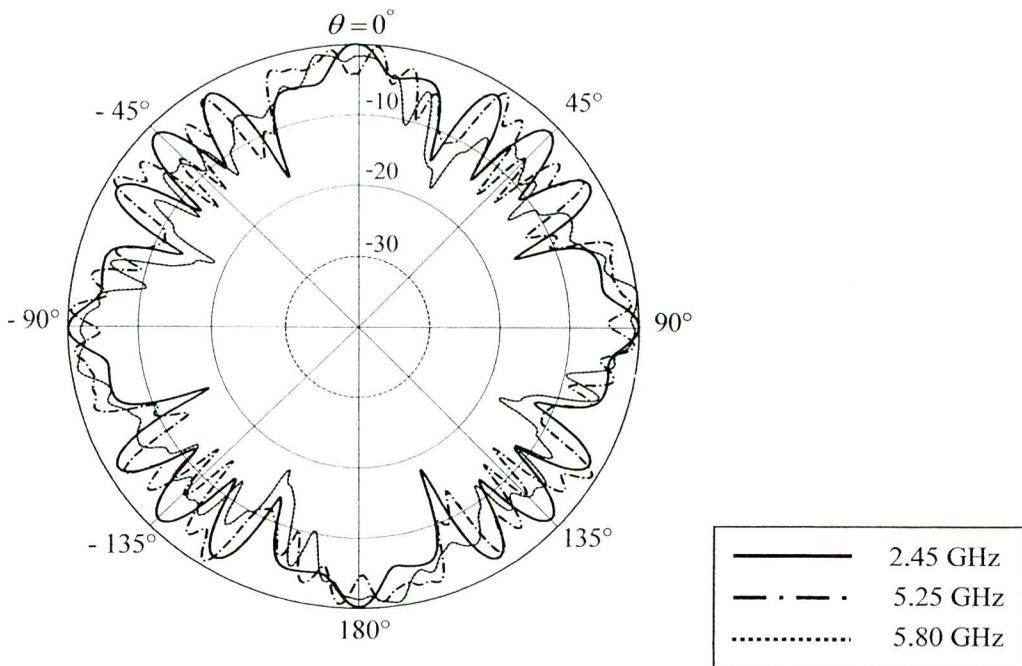
สำหรับการปรับหาระยะที่เหมาะสมในการจัดแถวลำดับแบบวงกลม โดยกำหนดให้ระยะในการจัดแถวลำดับ หรือ D เท่ากับ 122.45 มิลลิเมตร (λ) 183.67 มิลลิเมตร (1.5λ) 244.9 มิลลิเมตร (2λ) และ 306.12 มิลลิเมตร (2.5λ) จากผลการจำลองพบว่าระยะในการจัดแถวลำดับที่เปลี่ยนไปไม่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับและอัตราส่วนคลื่นนิ่ง แต่ระยะในการจัดแถวลำดับที่เปลี่ยนไปจะมีผลต่ออัตราขยายและแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศแถวลำดับวงกลม ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้เลือกระยะในการจัดแถวลำดับเท่ากับ 183.67 มิลลิเมตร เนื่องจากให้อัตราขยายในทุก ๆ ช่วงความถี่ใช้งานสูงสุด แสดงดังตารางที่ 4.3 รูปที่ 4.10(ก) และ (ข) แสดงแบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามไฟฟ้าและระนาบสนามแม่เหล็กของสายอากาศแถวลำดับวงกลมที่มีระยะในการจัดแถวลำดับเท่ากับ 183.67 มิลลิเมตร จากการจำลองผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป CST ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 ค่าอัตราขยายจากผลการจำลองสายอากาศแถวลำดับวงกลม

ความถี่ (GHz)	อัตราขยาย (dB)
2.45	7.47
5.25	6.16
5.80	5.27



(ก) แบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามไฟฟ้า



(ข) แบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามแม่เหล็ก

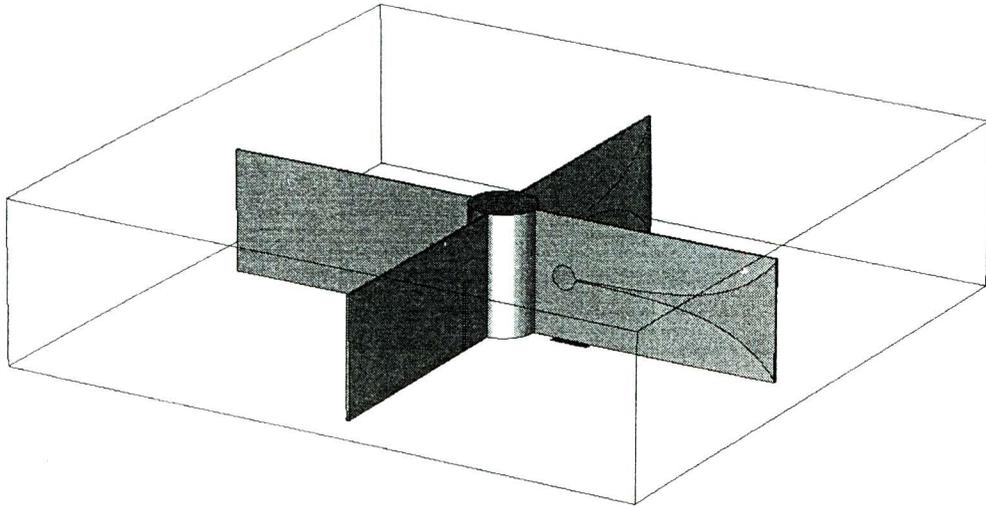
รูปที่ 4.10 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศแถวลำดับวงกลมที่มีระยะในการจัดแถวลำดับเท่ากับ 183.67 มิลลิเมตร จากการจำลองผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป CST

4.2.2 การเพิ่มตัวสะท้อนอะลูมิเนียมรูปร่างที่เหมาะสมของสายอากาศ แถวลำดับ

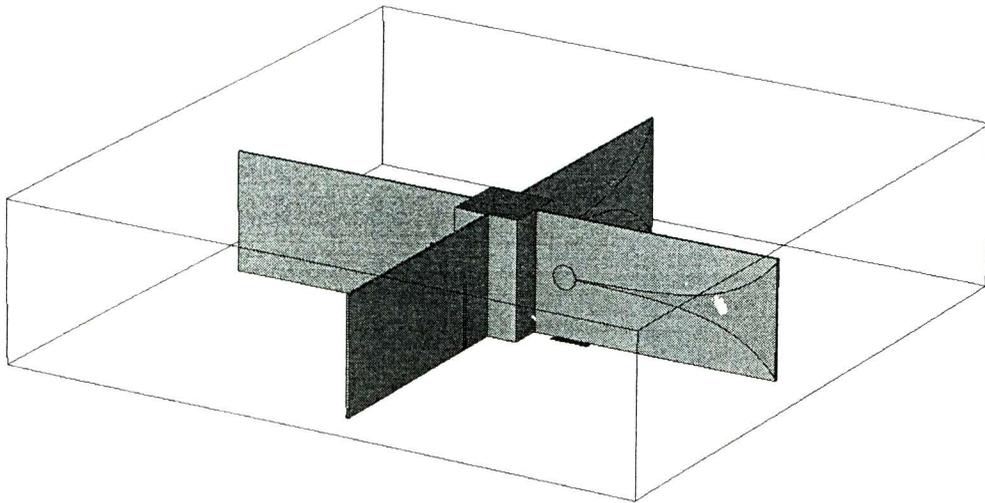
ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเพิ่มตัวสะท้อนอะลูมิเนียมที่ตำแหน่งแกนกลางของสายอากาศแถวลำดับวงกลม ซึ่งจะทำหน้าที่ในการสะท้อนคลื่นพูลงให้ไปเสริมกับลำคลื่นด้านหน้า ทำให้สายอากาศแถวลำดับมีอัตราขยายที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งได้ทำการจำลองผลสายอากาศแถวลำดับวงกลมที่มีตัวสะท้อนอะลูมิเนียมรูปร่างต่าง ๆ ได้แก่ (1) รูปร่างระบอบอก (2) รูปร่างสี่เหลี่ยม และ (3) รูปร่างสี่เหลี่ยมเอียง 45° แสดงดังรูปที่ 4.11(ก) (ข) และ(ค) ตามลำดับ จากผลการจำลองพบว่าตัวสะท้อนอะลูมิเนียมรูปร่างต่าง ๆ ที่เปลี่ยนไปไม่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับและอัตราส่วนคลื่นนิ่ง แต่จะมีผลต่ออัตราขยายและแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศแถวลำดับวงกลม ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้เลือกตัวสะท้อนอะลูมิเนียมรูปร่างระบอบอกในการทำหน้าที่ลดคลื่นพูลงเนื่องจากให้อัตราขยายในทุก ๆ ช่วงความถี่ใช้งานโดยเฉลี่ยสูงสุด แสดงดังตารางที่ 4.4 รูปที่ 4.12(ก) และ (ข) แสดงแบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามไฟฟ้าและระนาบสนามแม่เหล็กของสายอากาศแถวลำดับวงกลมที่มีตัวสะท้อนอะลูมิเนียมรูปร่างระบอบอกจากการจำลองผลด้วย โปรแกรมสำเร็จรูป CST ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 ค่าอัตราขยายจากผลการจำลองสายอากาศแถวลำดับวงกลมที่มีตัวสะท้อนอะลูมิเนียมรูปร่างต่าง ๆ

ความถี่ (GHz)	อัตราขยาย (dB)		
	รูปร่างระบอบอก	รูปร่างสี่เหลี่ยม	รูปร่างสี่เหลี่ยมเอียง 45°
2.45	7.81	7.00	6.97
5.25	5.95	6.23	6.09
5.80	5.58	4.96	5.59

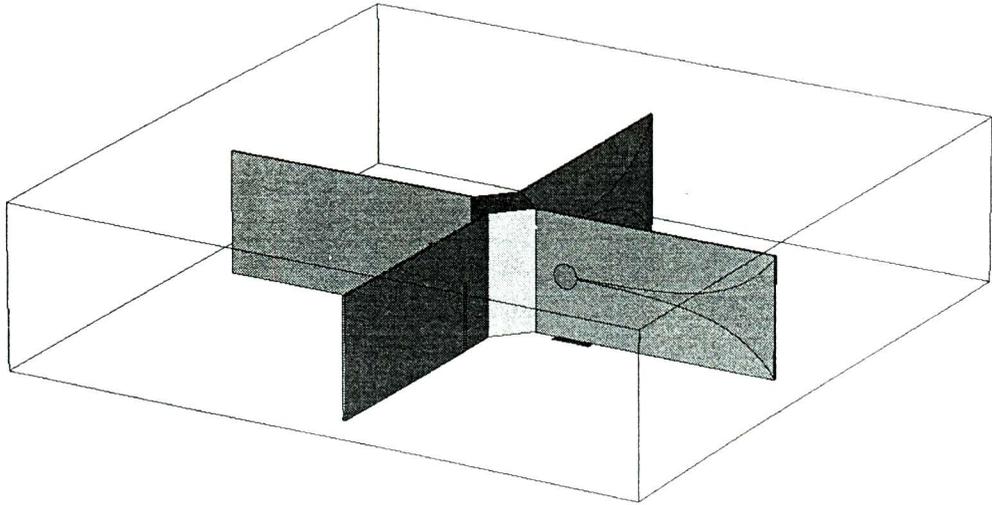


(ก) ตัวสะท้อนอะลูมิเนียมรูปทรงกระบอก



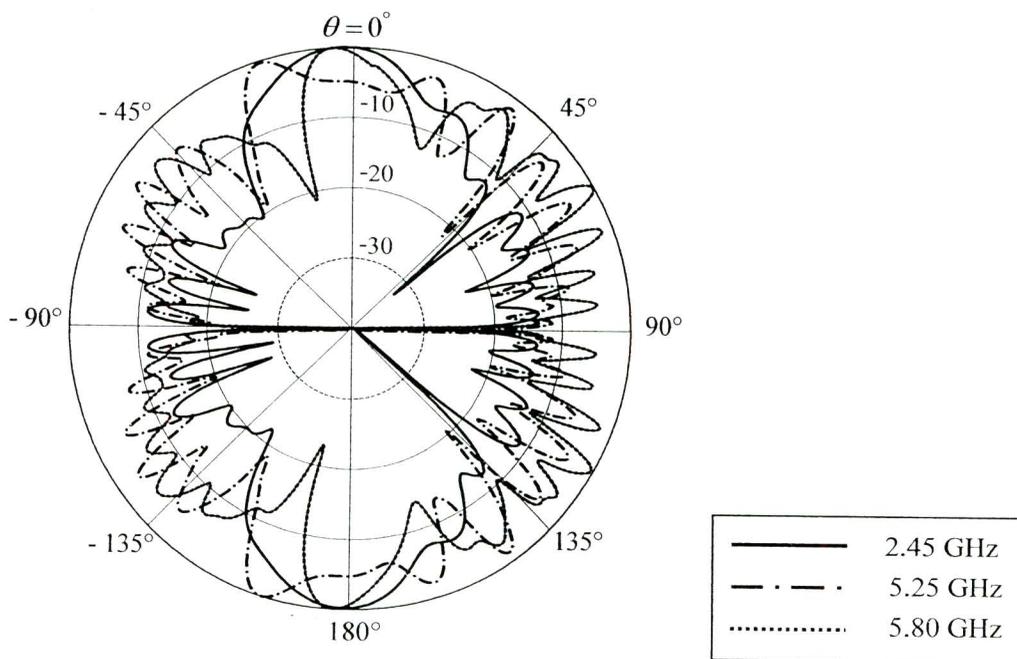
(ข) ตัวสะท้อนอะลูมิเนียมรูปทรงสี่เหลี่ยม

รูปที่ 4.11 สายอากาศแถวลำดับวงกลมที่มีตัวสะท้อนอะลูมิเนียมรูปทรงต่าง ๆ

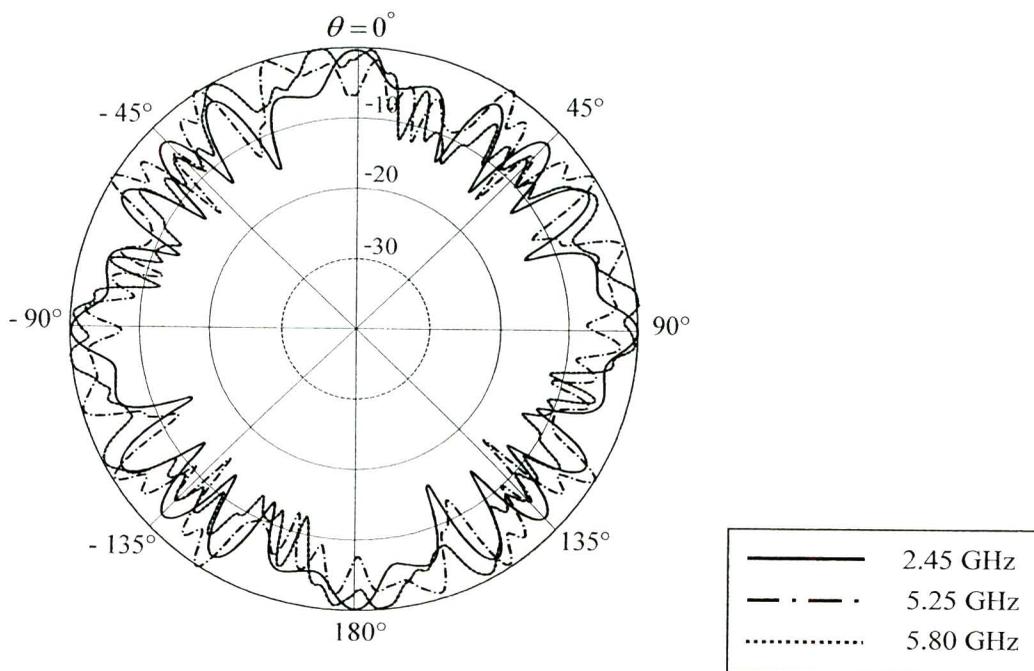


(ค) ตัวสะท้อนอะลูมิเนียมรูปทรงสี่เหลี่ยมเอียง 45°

รูปที่ 4.11 สายอากาศแถวลำดับวงกลมที่มีตัวสะท้อนอะลูมิเนียมรูปทรงต่างๆ (ต่อ)



(ค) แบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามไฟฟ้า



(ง) แบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามแม่เหล็ก

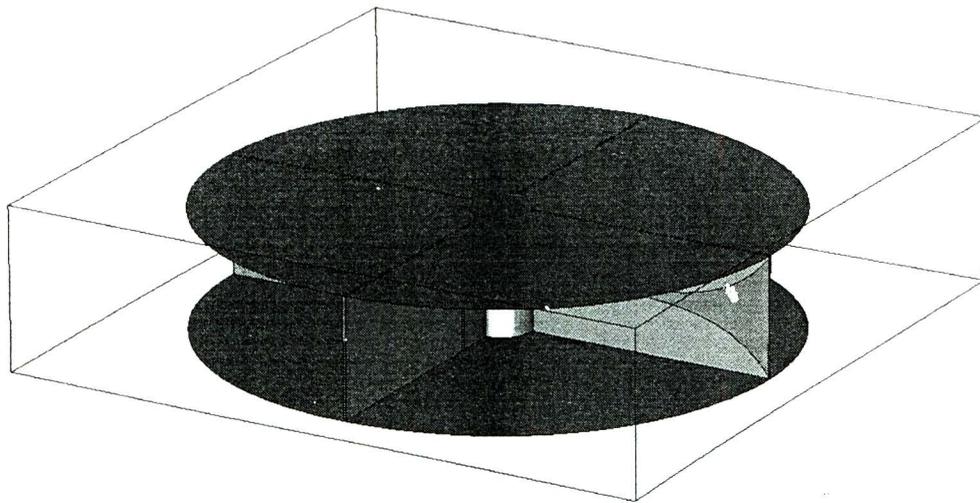
รูปที่ 4.12 แบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศแถวลำดับวงกลมที่มีตัวสะท้อนอะลูมิเนียม
รูปทรงกระบอกจากการจำลองผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป CST

4.2.3 การเพิ่มอัตราขยายของสายอากาศแฉวลำดับ

ในการเพิ่มอัตราขยายของสายอากาศแฉวลำดับวงกลมนั้น งานวิจัยนี้ได้ใช้แผ่นอะลูมิเนียมปิดด้านบนและล่างของสายอากาศแฉวลำดับวงกลม โดยแผ่นอะลูมิเนียมจะทำหน้าที่ในการบีบลำคลื่นทั้งด้านบนและล่างให้เสริมกับลำคลื่นด้านหน้าและหลัง ทำให้มีแบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบอะซิมุทที่มีระดับสัญญาณไม่แตกต่างกันในแต่ละมุมมองฯ ส่งผลให้ได้ลำคลื่นที่ครอบคลุมพื้นที่ในแนวราบกว้างมากขึ้น และมีอัตราขยายของสายอากาศแฉวลำดับวงกลมมากขึ้นด้วยการเพิ่มแผ่นอะลูมิเนียมปิดด้านบนและล่างของสายอากาศแฉวลำดับวงกลมนี้ ไม่มีผลต่อแถบความกว้างและอิมพีแดนซ์ด้านเข้าของสายอากาศ แต่จะส่งผลโดยตรงต่ออัตราขยาย และแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศแฉวลำดับวงกลม และการเพิ่มตัวสะท้อนอะลูมิเนียมที่ตำแหน่งแกนกลางของสายอากาศแฉวลำดับวงกลม ซึ่งจะทำหน้าที่ในการสะท้อนคลื่นพูลังให้ไปเสริมกับลำคลื่นด้านหน้า ทำให้ได้อัตราขยายที่เพิ่มสูงขึ้น โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการจำลองผลสายอากาศแฉวลำดับวงกลมที่มีแผ่นอะลูมิเนียมปิดด้านบนและล่าง และตัวสะท้อนอะลูมิเนียมรูปทรงต่างๆ ได้แก่ (1) รูปทรงกระบอก (2) รูปทรงสี่เหลี่ยม และ (3) รูปทรงสี่เหลี่ยมเอียง 45° แสดงดังรูปที่ 4.1:(ก) (ข) และ (ค) ตามลำดับ จากผลการจำลองพบว่าสายอากาศแฉวลำดับวงกลมที่มีแผ่นอะลูมิเนียมปิดด้านบนและล่างจะมีอัตราขยายที่สูงกว่า และสายอากาศแฉวลำดับวงกลมที่ใช้ตัวสะท้อนอะลูมิเนียมรูปทรงกระบอกจะมีอัตราขยายสูงสุด แสดงดังตารางที่ 4.5 ซึ่งสอดคล้องกับผลที่ได้จากตารางที่ 4.4 ดังนั้นจะทำให้ได้สายอากาศแฉวลำดับวงกลมต้นแบบ คือ สายอากาศแฉวลำดับวงกลมที่มีที่มีระยะในการจัดแฉวลำดับเท่ากับ 183.67 มิลลิเมตร ใช้ตัวสะท้อนอะลูมิเนียมรูปทรงกระบอกและมีแผ่นอะลูมิเนียมปิดด้านบนและล่างของสายอากาศ จากรูปที่ 4.14 แสดงผลการจำลองสายอากาศแฉวลำดับวงกลมต้นแบบ ซึ่งได้แก่ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับดังรูปที่ 4.14(ก) อัตราส่วนคลื่นนิ่งดังรูปที่ 4.14(ข) แบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามไฟฟ้าและระนาบสนามแม่เหล็กดังรูปที่ 4.14(ค) และ (ง) ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่าสายอากาศแฉวลำดับวงกลมต้นแบบมีแบบรูปการแผ่พลังงานแบบรอบตัวในระนาบเดี่ยวที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้งานในเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย และมีอัตราขยายของสายอากาศที่สูง

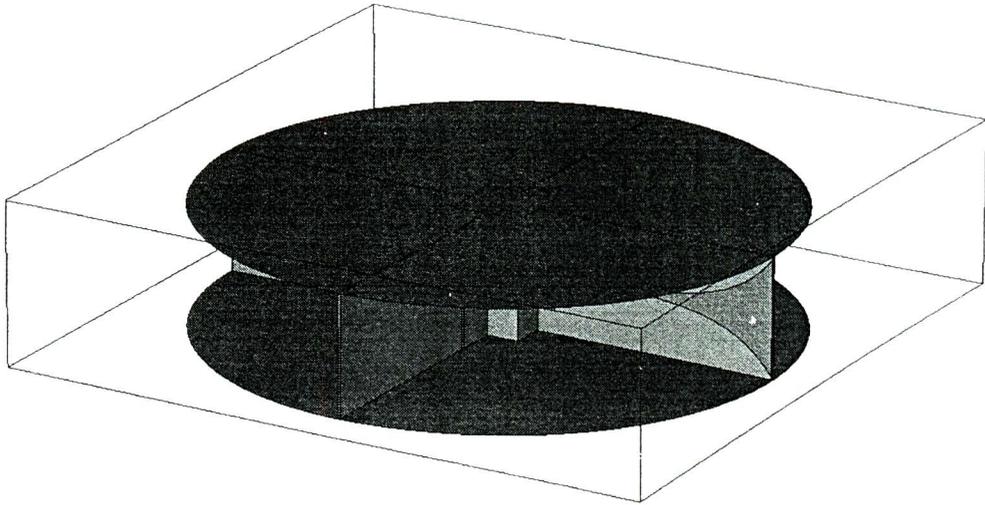
ตารางที่ 4.5 ค่าอัตราขยายจากการจำลองสายอากาศแกลวลำดับวงกลมที่มีแผ่นอะลูมิเนียมปิดด้านบนและล่าง และมีตัวสะท้อนอะลูมิเนียมรูปทรงต่าง ๆ

ความถี่ (GHz)	อัตราขยาย (dB)		
	รูปทรงกระบอก	รูปทรงสี่เหลี่ยม	รูปทรงสี่เหลี่ยมเอียง 45°
2.45	12.31	11.80	11.69
5.25	10.03	9.66	8.90
5.80	8.32	8.59	7.32

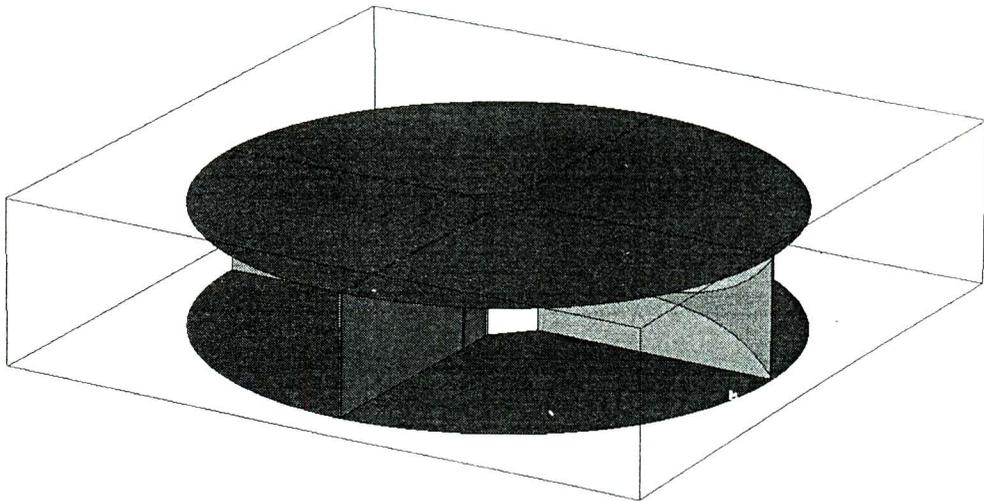


(ก) ตัวสะท้อนอะลูมิเนียมรูปทรงกระบอก

รูปที่ 4.13 แบบสายอากาศแกลวลำดับวงกลมที่มีแผ่นอะลูมิเนียมปิดด้านบนและล่าง และตัวสะท้อนอะลูมิเนียมรูปทรงต่าง ๆ

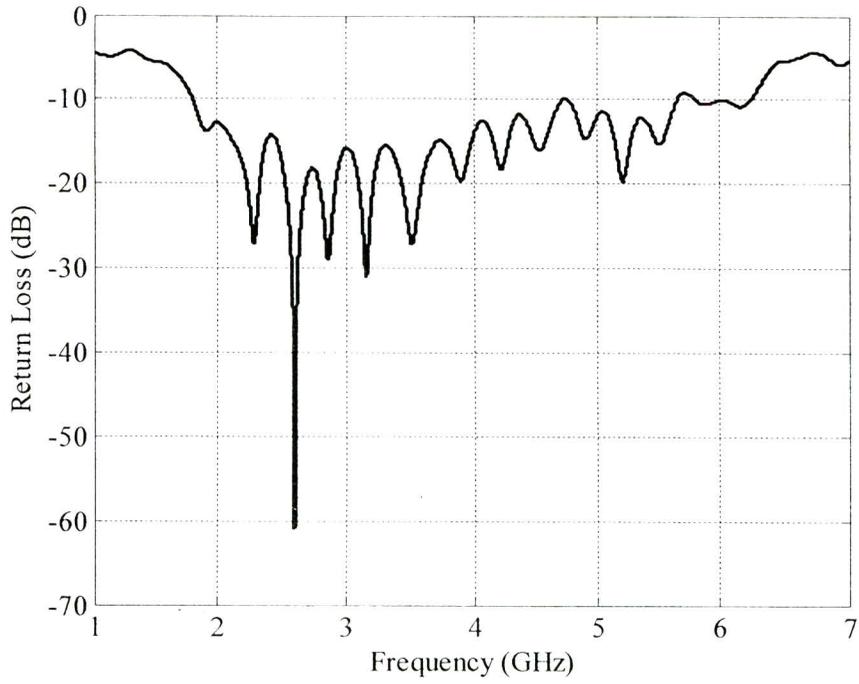


(ข) ตัวสะท้อนอะลูมิเนียมรูปทรงสี่เหลี่ยม

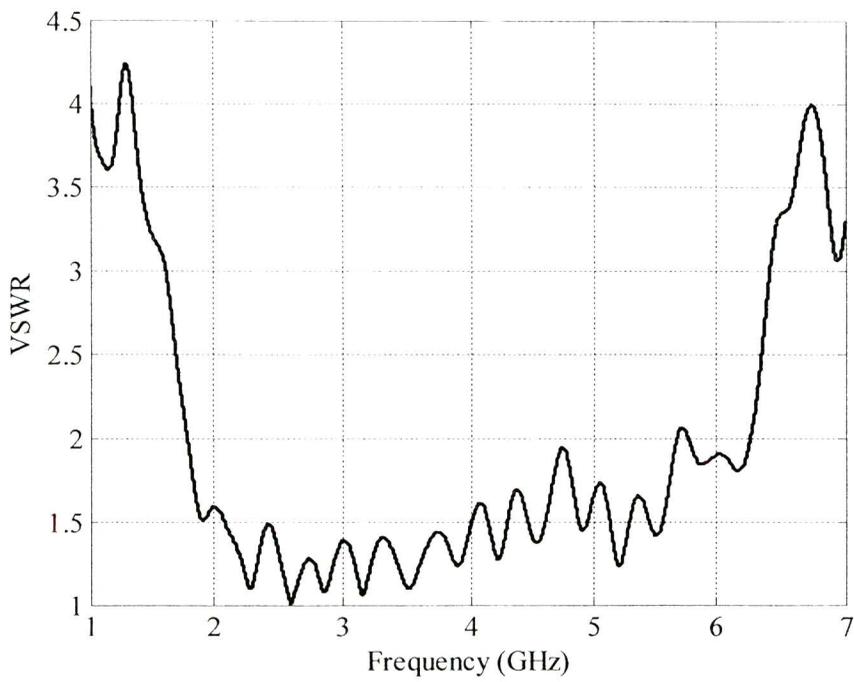


(ค) ตัวสะท้อนอะลูมิเนียมรูปทรงสี่เหลี่ยมเอียง 45°

รูปที่ 4.13 แบบสายอากาศแถวลำดับวงกลมที่มีแผ่นอะลูมิเนียมปิดด้านบนและล่าง
และตัวสะท้อนอะลูมิเนียมรูปทรงต่าง ๆ (ต่อ)

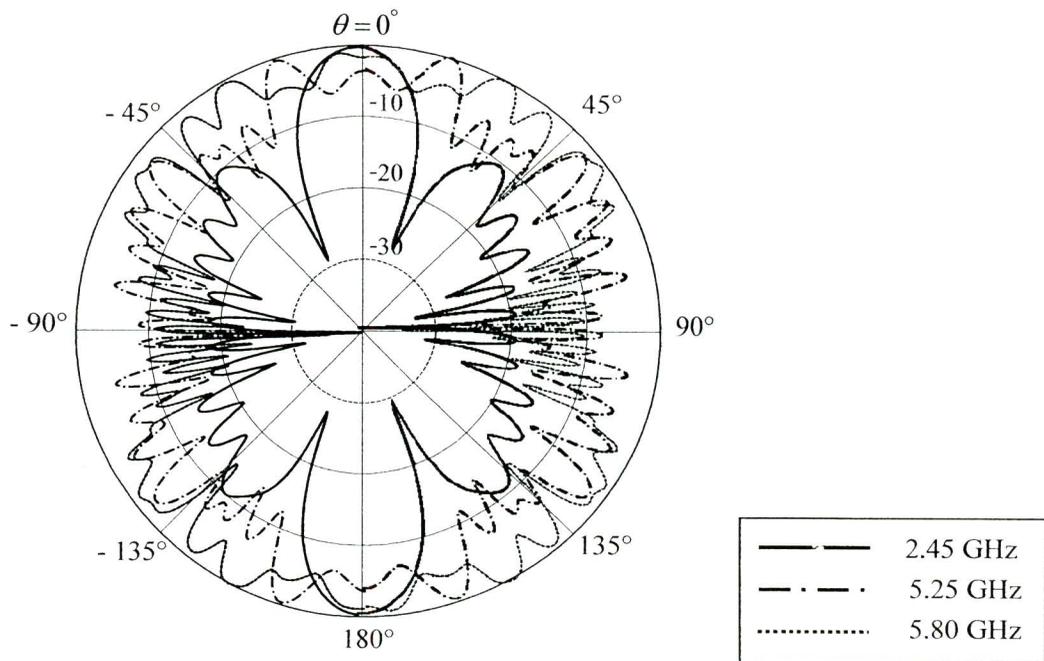


(ก) ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ

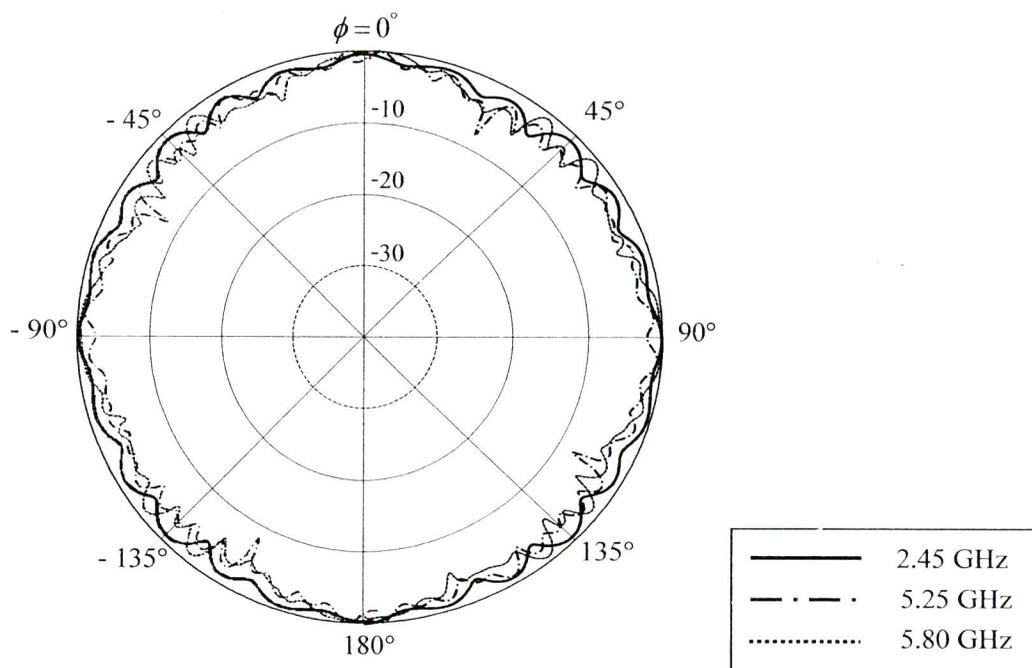


(ข) อัตราส่วนคลื่นนิ่ง

รูปที่ 4.14 ผลการจำลองสายอากาศแถวลำดับวงกลมต้นแบบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป CST



(ค) แบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามไฟฟ้า



(ง) แบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามแม่เหล็ก

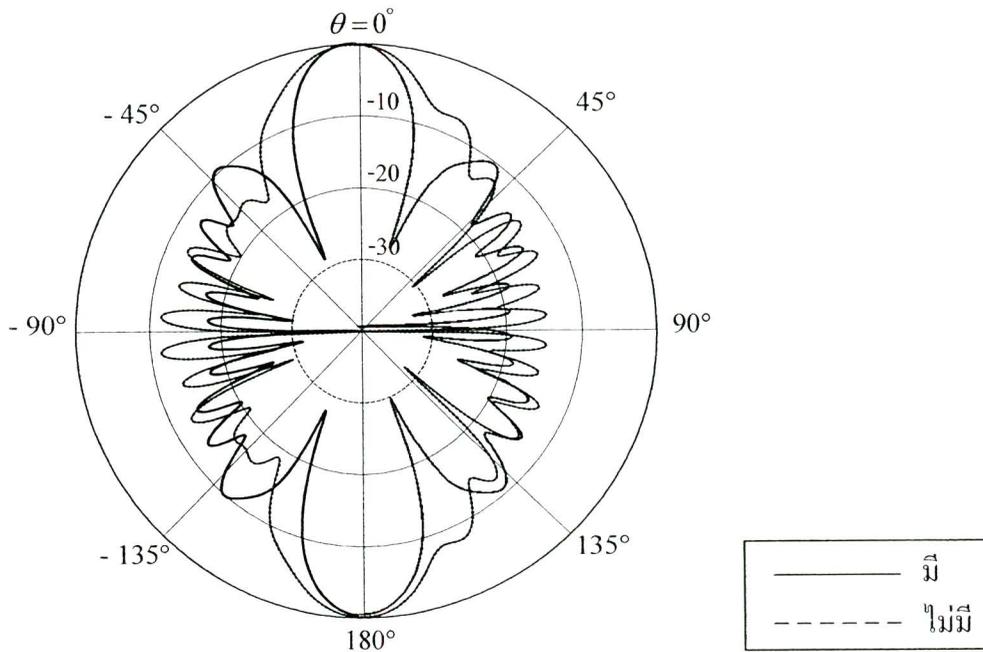
รูปที่ 4.14 ผลการจำลองสายอากาศแฉวลำดับวงกลมค้นแบบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป CST (ต่อ)

จากการออกแบบและจำลองผลสายอากาศแถวลำดับวงกลมต้นแบบด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป CST จะเห็นว่าแบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามไฟฟ้าที่ความถี่ 2.45 GHz มีตำแหน่งของระดับสัญญาณที่ต่ำสุดเกิดขึ้น ณ ตำแหน่งที่มุม $\theta = \pm 23^\circ$ และ $\theta = \pm 157^\circ$ ทั้งนี้เนื่องมาจากผลของการใส่แผ่นอะลูมิเนียมปิดด้านบนและล่างของสายอากาศ และเมื่อทำการเปรียบเทียบผลการจำลองสายอากาศแถวลำดับวงกลมที่มีตัวสะท้อนอะลูมิเนียมรูปทรงกระบอกระหว่างมีและไม่มีแผ่นอะลูมิเนียมปิดด้านบนและล่าง จะเห็นได้ว่าอัตราขยายของสายอากาศแถวลำดับวงกลมที่มีแผ่นอะลูมิเนียมปิดด้านบนและล่างจะมีอัตราขยายที่สูงกว่า แสดงดังตารางที่ 4.6 และยังมีแบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบอะซิมุท หรือระนาบสนามแม่เหล็กที่มีระดับของสัญญาณเฉลี่ยไม่แตกต่างกันมากในแต่ละมุมทั้ง 3 แถบความถี่ รูปที่ 4.15 แสดงกราฟเปรียบเทียบแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศแถวลำดับวงกลมที่มีตัวสะท้อนอะลูมิเนียมรูปทรงกระบอกระหว่างมีและไม่มีแผ่นอะลูมิเนียมปิดด้านบนและล่าง โดยรูปที่ 4.15(ก) (ค) และ (จ) แสดงแบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามไฟฟ้าที่ความถี่ 2.45 GHz 5.25 GHz และ 5.8 GHz ตามลำดับ และรูปที่ 4.15(ข) (ง) และ (ฉ) แสดงแบบรูปการแผ่พลังงานในระนาบสนามแม่เหล็กที่ความถี่ 2.45 GHz 5.25 GHz และ 5.8 GHz ตามลำดับ

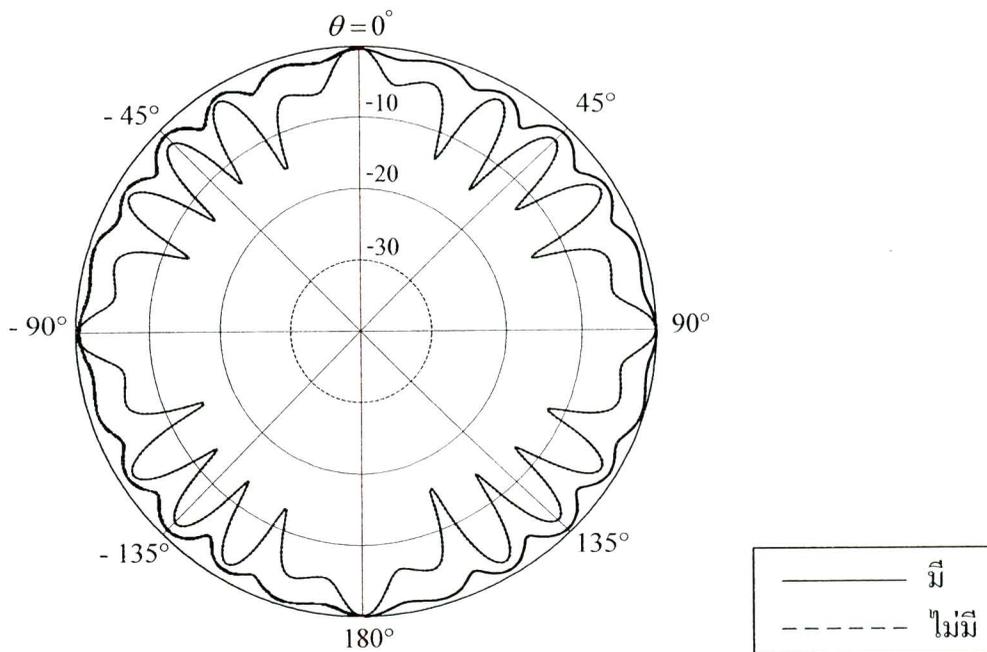
ตารางที่ 4.6 ค่าอัตราขยายจากผลการจำลองของสายอากาศแถวลำดับวงกลมที่มีตัวสะท้อน

อะลูมิเนียมรูปทรงกระบอกระหว่างมีและไม่มีแผ่นอะลูมิเนียมปิดด้านบนและล่าง

ความถี่ (GHz)	สายอากาศแถวลำดับวงกลมไม่มี แผ่นอะลูมิเนียมปิดด้านบนและล่าง	สายอากาศแถวลำดับวงกลมมีแผ่น อะลูมิเนียมปิดด้านบนและล่าง
	อัตราขยาย (dB)	อัตราขยาย (dB)
2.45	7.81	12.31
5.25	5.95	10.03
5.80	5.58	8.32

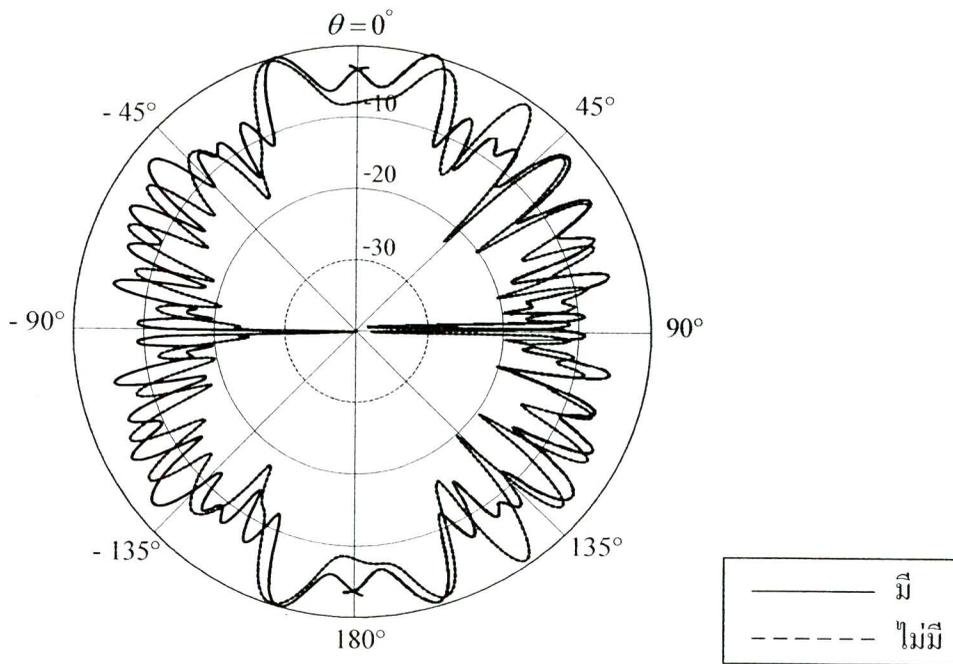


(ก) ระนาบสนามไฟฟ้าที่ความถี่ 2.45 GHz

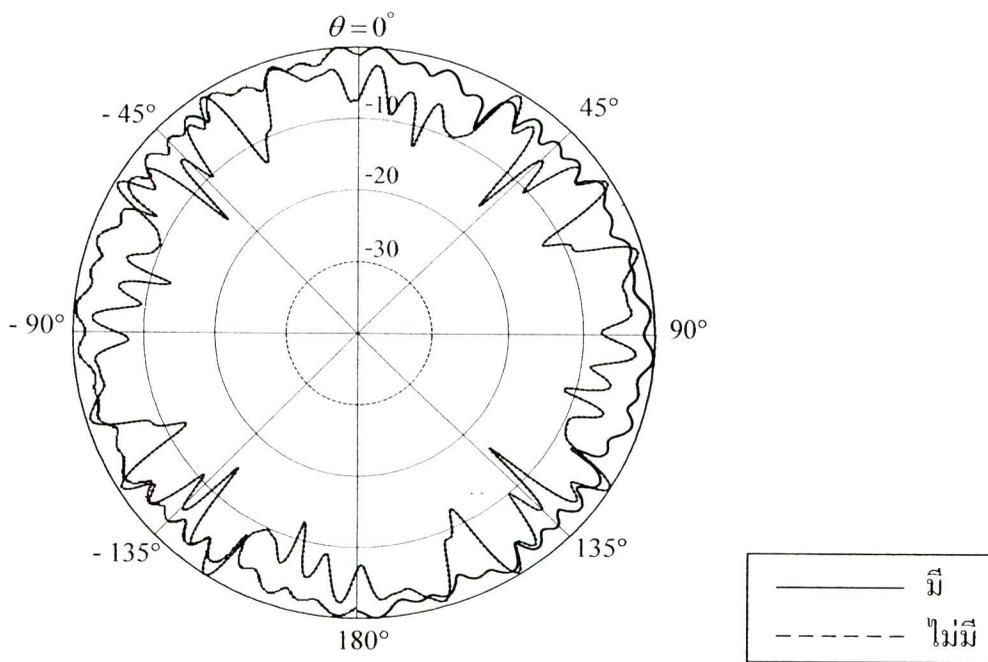


(ข) ระนาบสนามแม่เหล็กที่ความถี่ 2.45 GHz

รูปที่ 4.15 ผลจากการจำลองแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศแถวลำดับวงกลม

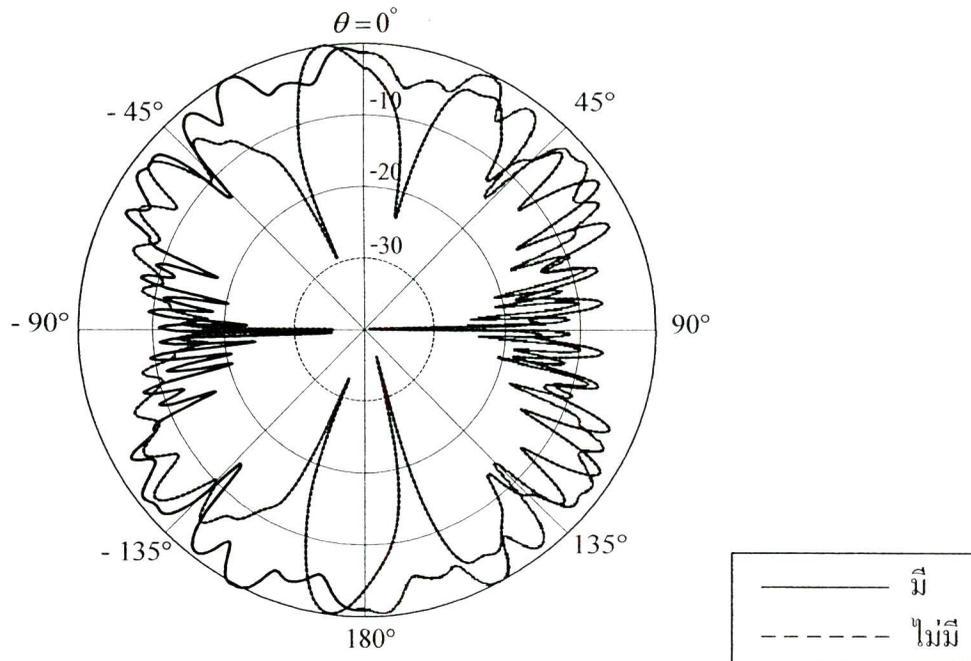


(ค) ระนาบสนามไฟฟ้าที่ความถี่ 5.25 GHz

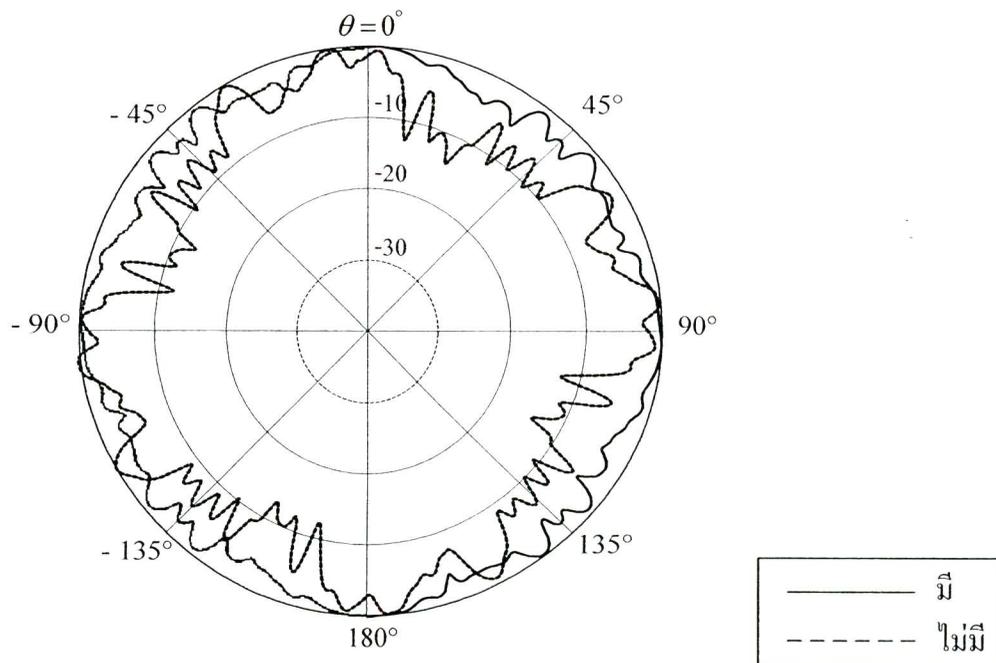


(ง) ระนาบสนามแม่เหล็กที่ความถี่ 5.25 GHz

รูปที่ 4.15 ผลจากการจำลองแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศแถวลำดับวงกลม (ต่อ)



(จ) ระนาบสนามไฟฟ้าที่ความถี่ 5.8 GHz



(ค) ระนาบสนามแม่เหล็กที่ความถี่ 5.8 GHz

รูปที่ 4.15 ผลจากการจำลองแบบรูปการแผ่พลังงานของสายอากาศแฉลว้าค้ำบวงกลม (ต่อ)

4.3 สรุป

สำหรับบทนี้ได้กล่าวถึงขั้นตอนการออกแบบ และวิเคราะห์สายอากาศแถวลำดับวงกลม โดยใช้รื่องแบบเรียว ซึ่งในขั้นแรกได้ทำการศึกษาโครงสร้างของสายอากาศรื่องแบบเรียว จากนั้นทำการวิเคราะห์และออกแบบ เพื่อให้ได้สายอากาศรื่องแบบเรียวต้นแบบสำหรับการนำมาประยุกต์ใช้ในเครือข่ายท้องถิ่นแบบไร้สาย โดยทำการจัดแถวลำดับแบบวงกลมเพื่อให้สายอากาศมีคุณสมบัติเป็นสายอากาศแบบรอบตัว ที่มีแบบรูปการแผ่พลังงานครอบคลุมพื้นที่กว้างในระนาบอะซิมุท โดยได้มีการเพิ่มตัวสะท้อนอะลูมิเนียมที่ตำแหน่งแกนกลางของสายอากาศแถวลำดับวงกลม เพื่อลดคลื่นพหุหลัง และได้นำแผ่นอะลูมิเนียมมาปิดด้านบนและล่างของสายอากาศแถวลำดับวงกลม เพื่อเพิ่มอัตราขยายของสายอากาศ โดยได้ทำการจำลองผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป CST ก่อน เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของสายอากาศแถวลำดับวงกลมสำหรับการนำไปสร้างสายอากาศแถวลำดับวงกลมต้นแบบต่อไป