

การพัฒนาย่านทดสอบสายอากาศแบบกระชับ
สำหรับความถี่ 8 – 40 จิกะเฮิรตซ์(ปีที่ ๓)

โดย

ฉัตรชัย ไวยาพัฒนกร Ph.D. (London, QMC)
ทับทิม อ่างแก้ว D.Eng. (Osaka)

โครงการวิจัยเลขที่ 59G-EE-2544
ทุนงบประมาณแผ่นดินปี 2544

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรุงเทพมหานคร
กุมภาพันธ์ 2551

บทคัดย่อ

ย่านทดสอบแบบกระชับที่ใช้โครงสร้างแบบตัวสะท้อนเดี่ยวอสมมาตรจะมีปัญหาเรื่องระดับโพลาริเซชันไขว้ที่สูง ปัญหานี้เป็นผลจากความไม่สมมาตรของการจัดตัวสะท้อนเพื่อตัดหน้าคลื่น การลดโพลาริเซชันไขว้สามารถทำได้โดยการใช้โครงสร้างแบบตัวสะท้อนคู่ ตัวสะท้อนรองที่เพิ่มเข้าไปมีผลให้การสาดส่องกำลังคลื่นบนตัวสะท้อนหลักมีความสมมาตรเพิ่มขึ้น ผลการศึกษาทั้งการจำลองสถานการณ์และการทดลองพบว่า การปรับมุมการวางตัวของตัวสะท้อนรองสามารถช่วยลดระดับระลอกของภาพการแจกแจงวิถีภาคของสนามในบริเวณทดสอบได้ และทำให้ระดับโพลาริเซชันไขว้ลดลงได้ประมาณ ๓-๕ dB

การสะท้อนเชิงพหุพันธ์ในย่านทดสอบแบบกระชับเป็นปัญหาที่น่าสนใจ เนื่องจากขนาดของตัวสะท้อนของย่านทดสอบมีขนาดใหญ่ และทั้งสององค์ประกอบนี้ยังจัดวางอยู่ไม่ห่างจากกันเท่าใดนัก ผลการศึกษาทั้งด้วยการจำลองสถานการณ์และการทดลองทั้งในอาณาจักรเวลาและอาณาจักรความถี่พบว่า ทั้งกรณีโครงสร้างย่านทดสอบเป็นแบบตัวสะท้อนเดี่ยวและกรณีโครงสร้างย่านทดสอบเป็นแบบตัวสะท้อนคู่มีการสะท้อนเชิงพหุพันธ์เกิดขึ้นในระดับที่ไม่น่าวิตกกังวล



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Abstract

In the single reflector compact antenna test range, there is high level of cross polarization. This is due to the asymmetry of the offset reflector configuration adopted for wavefront modification. Reduction of cross polarization is achievable via the use of dual reflector configuration. The added subreflector results in more symmetric illumination on the main reflector. Both simulation and experimental results show that the adjustment of the subreflector alignment helps reduce the test zone field ripple amplitude and the cross polarization level is decreased by 3 – 5 dB.

Multiple reflection in the compact antenna test range is an interesting problem. This is because of the large dimension of both the range reflector and the antenna under test. Also both components are placed not far apart from each other. Results from both simulation and experiments in both the time and frequency domains show no sign of any worrying consequence of multiple reflection in both the single and dual reflectors configuration.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง การพัฒนาย่านทดสอบสายอากาศแบบกระชับสำหรับความถี่ 8 – 40 จิกะเฮิรตซ์(ปีที่ ๓) หากขาดกำลังกายและกำลังใจในการปฏิบัติหน้าที่ผู้ช่วยวิจัยของบุคคลผู้มีรายนามดังต่อไปนี้ ดร.ศุภเชษฐ์ เพิ่มพูนวัฒนาสุข นายสุรเชษฐ กอสิริขจร นายคทา สุวรรณวัฒน์ นายรชฎ ถาวรศิริ นายกุลธวัช ภูมิวงศ์พิทักษ์ และนายประเสริฐ จันวดี ทั้งหมดได้ร่วมกับผู้วิจัยผ่านอุปสรรคแปลก ๆ ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งโครงการลุล่วง หลายท่านมีส่วนร่วมในช่วงต้นจนถึงตอนกลาง หลายท่านช่วยเงินจากช่วงกลางจนเกือบปลายทาง ประเสริฐ จันวดี นับเป็นไม้สุดท้ายที่ทำให้ทุกอย่างรวมเล่มเป็นรายงานฉบับนี้ได้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

กิตติกรรมประกาศ

บทที่ ๑ บทนำ.....	๑
๑.๑ การลดระดับองค์ประกอบในแนวสนามไขว้และปรากฏการณ์สะท้อนเชิงพหุพันธ์ ..	๑
๑.๒ วิธีดำเนินการวิจัย	๒
๑.๓เค้าโครงของรายงานฉบับนี้	๒
บทที่ ๒ การลดองค์ประกอบในแนวสนามไขว้	๓
๒.๑ การเกิดองค์ประกอบสนามไขว้ในย่านทดสอบแบบกระชับ.....	๓
๒.๒ การตัดหน้าคลื่นด้วยระบบตัวสะท้อนคู่สมมาตร	๕
๒.๓ การลดโพลาริเซชันไขว้ของระบบตัวสะท้อนคู่สมมาตร.....	๑๐
๒.๔ ผลการจำลองสถานการณ์	๑๗
๒.๔.๑ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามไฟฟ้าโพลาริเซชันร่วม	๑๗
๒.๔.๒ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามไฟฟ้าโพลาริเซชันไขว้.....	๔๑
๒.๕ ผลการทดลองลดระดับโพลาริเซชันด้วยตัวสะท้อนรอง	๕๔
บทที่ ๓ การศึกษาการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ภายในย่านทดสอบแบบกระชับ.....	๖๖
๓.๑ การสะท้อนเชิงพหุพันธ์ในย่านทดสอบแบบกระชับ.....	๖๖
๓.๒ การศึกษาปัญหาการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ในย่านทดสอบแบบกระชับ	๖๗
๓.๓ การจำลองสถานการณ์	๖๗
๓.๔ การศึกษาเชิงทดลอง	๗๐
บทที่ ๔ สรุปและข้อเสนอแนะ	๘๒
สรุป	๘๒
ปัญหาและอุปสรรค.....	๘๒
ข้อเสนอแนะ	๘๒

รายการอ้างอิง



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ ๑

บทนำ

ย่านทดสอบแบบกระชับเป็นวิธีการทดสอบสายอากาศที่จำลองการรับส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ย่านสนามไกล โดยอาศัยการตัดหน้าคลื่นของคลื่นทรงกลมจากตัวป้อนของย่านทดสอบให้เป็นคลื่นระนาบในบริเวณทดสอบ ปัญหาใหญ่นอกจากผลกระทบจากการเลี้ยวเบนที่ขอบซึ่งมีนัยสำคัญมากในช่วงความถี่ปฏิบัติการที่ต่ำ และปัญหาการผิดรูปของผิวตัวสะท้อนคลื่นซึ่งทำให้ความสามารถในการตัดหน้าคลื่นลดลง และนำไปสู่ขีดจำกัดบนของความถี่ปฏิบัติการของย่านทดสอบแล้ว ยังมีปัญหาเกี่ยวกับระดับองค์ประกอบในแนวสนามไขว้และปัญหาการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ที่มีผลกระทบต่อสมรรถนะของย่านทดสอบเช่นเดียวกัน

ในย่านทดสอบแบบกระชับที่พึ่งพาโครงสร้างของตัวสังเคราะห์คลื่นระนาบชนิดตัวสะท้อนเดี่ยวอสมมาตร เกิดปัญหาระดับโพลาไรเซชันไขว้ เนื่องจากความไม่สมมาตรในการสาดส่องกำลังคลื่นบนตัวสะท้อน ระดับโพลาไรเซชันไขว้ที่สูงนี้มีผลต่อความแม่นยำในการวัดลักษณะสมบัติการแผ่พลังงานภายในย่านทดสอบ การแก้ปัญหานี้จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจและสมควรกระทำ ส่วนกรณีปัญหาการสะท้อนเชิงพหุพันธ์มีความน่าสนใจ เนื่องจากขนาดของตัวสังเคราะห์คลื่นระนาบและขนาดของสายอากาศทดสอบ ที่มีนัยสำคัญต่อการสะท้อนไปมาในระยะที่ทั้งสององค์ประกอบอยู่ใกล้กันมากทีเดียว หากการสะท้อนไปมาดังกล่าวมีปริมาณน้อยปัญหาที่เกิดขึ้นก็ไม่น่าวิตกกังวล

๑.๑ การลดระดับองค์ประกอบในแนวสนามไขว้และปรากฏการณ์สะท้อนเชิงพหุพันธ์

เมื่อพิจารณาสนามในบริเวณทดสอบของย่านทดสอบโดยคำนึงถึงแนวการวางตัวของสนามจะสามารถแบ่งได้เป็น สนามในแนวโพลาไรเซชันร่วม และสนามในแนวโพลาไรเซชันไขว้ (สนามไขว้) สนามในแนวโพลาไรเซชันร่วมคือ สนามในแนวการวางตัวตามที่ต้องการ ส่วนสนามในแนวโพลาไรเซชันไขว้คือ สนามที่มีแนวการวางตัวตั้งฉากกับแนวที่ต้องการ สนามโพลาไรเซชันไขว้ที่เกิดขึ้นมักเป็นผลจากความไม่สมมาตรของโครงสร้างการสะท้อน ทำให้กระแสองค์ประกอบที่แผ่พลังงานเป็นสนามโพลาไรเซชันไขว้หักล้างกันไม่หมด จึงยังคงปรากฏมีสนามโพลาไรเซชันไขว้อยู่ การแก้ปัญหานี้ทำได้โดยเพิ่มตัวสะท้อนรองเพื่อช่วยปรับความสมมาตรของการสาดส่องกำลังคลื่นบนตัวสะท้อนหลัก

การสะท้อนเชิงพหุพันธ์ หมายถึง การสะท้อนไปมาภายในอาณาบริเวณที่สนใจ กรณีของย่านทดสอบแบบกระชับการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ คือ การสะท้อนไปมาในอาณาบริเวณที่

ประกอบด้วยตัวสะท้อนหลักของย่านทดสอบและสายอากาศทดสอบ เนื่องจากขนาดขององค์ประกอบทั้งสองนี้ใหญ่พอสมควร และยังวางตัวอยู่ไม่ห่างจากกันมากนัก การสะท้อนไปมาระหว่างองค์ประกอบทั้งสองจึงอาจมีนัยสำคัญมากทีเดียว

๑.๒ วิธีดำเนินการวิจัย

โครงการฯ ดำเนินงานโดยมีระเบียบวิธีในการปฏิบัติงานวิจัยดังนี้

1. รวบรวมความรู้โดยการศึกษาจากเอกสารต่างๆ
2. ศึกษาประเด็นปัญหาที่สนใจโดยการจำลองสถานการณ์
3. ศึกษาประเด็นปัญหาที่สนใจโดยการทดลองและเปรียบเทียบกับผลจากข้อ 2
4. สรุปผลที่ได้จากข้อ 2 และข้อ 3 แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของย่านทดสอบ

แผนการดำเนินงานปีที่ 3 ของโครงการฯ มีดังนี้

- ก. วิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์โดยเน้นที่การศึกษาวิธีการลดผลขององค์ประกอบในแนวสนามไขว้ที่เกิดขึ้น
- ข. ศึกษาเชิงทดลองเกี่ยวกับวิธีการลดผลขององค์ประกอบในแนวสนามไขว้ที่เกิดขึ้น
- ค. วิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์โดยเน้นที่การศึกษาผลกระทบจากการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ที่เกิดขึ้นภายในย่านทดสอบแบบกระชับ
- ง. ศึกษาเชิงทดลองเกี่ยวกับผลกระทบจากการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ที่เกิดขึ้นภายในย่านทดสอบแบบกระชับ
- จ. ปรับปรุงย่านทดสอบให้มีสมรรถนะดีขึ้นตามผลการศึกษาที่ได้จากข้อ ก และข้อ ข
- ฉ. ประเมินสมรรถนะของย่านทดสอบและสรุปผลการวิจัยประจำปี ที่ 3

๑.๓ เคำโครงของรายงานฉบับนี้

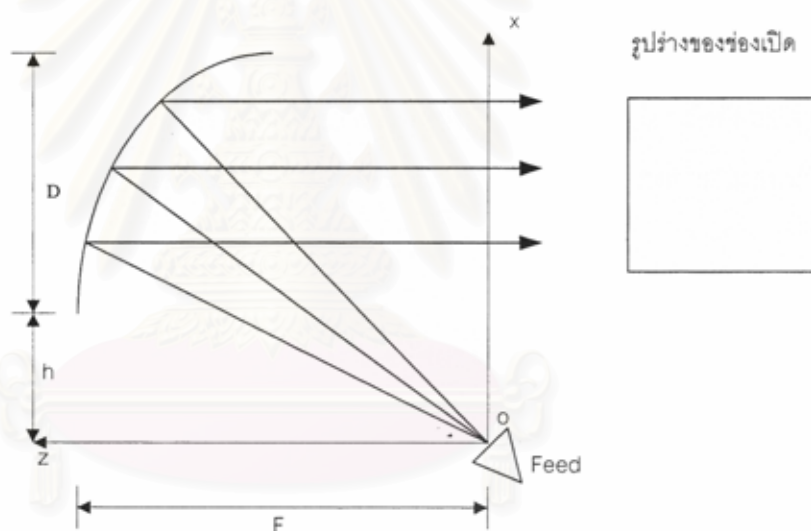
นอกจากบทนำแล้วรายงานฉบับนี้นำเสนอเรื่องการลดระดับโพลาริเซชันไขว้ในบทที่ ๒ และในบทที่ ๓ กล่าวถึงปัญหาการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ในย่านทดสอบ ส่วนของบทสรุปและข้อเสนอแนะมีรวบรวมไว้ในบทที่ ๔

บทที่ ๒

การลดองค์ประกอบในแนวสนามไขว้

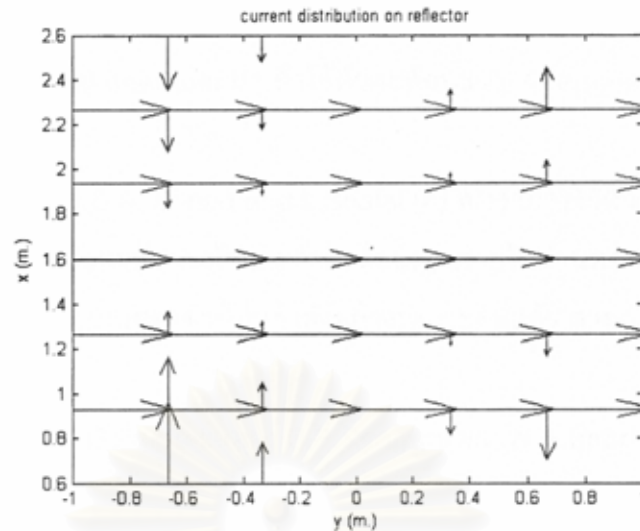
องค์ประกอบในแนวสนามไขว้เป็นสิ่งไม่พึงประสงค์ที่เกิดขึ้นในย่านทดสอบที่มีโครงสร้างแบบตัวสะท้อนเดี่ยวอสมมาตร การลดองค์ประกอบแนวสนามไขว้ได้จะช่วยเพิ่มขีดความสามารถของย่านทดสอบ โครงการนี้เลือกใช้ตัวสะท้อนรองเพื่อช่วยลดระดับองค์ประกอบแนวสนามไขว้หรือโพลาไรเซชันไขว้ ก่อนจะกล่าวรายละเอียดเกี่ยวกับการลดองค์ประกอบในแนวสนามไขว้สมควรกล่าวถึงการเกิดองค์ประกอบสนามไขว้ในย่านทดสอบเป็นอันดับแรกดังนี้

๒.๑ การเกิดองค์ประกอบสนามไขว้ในย่านทดสอบแบบกระชับ



รูปที่ ๑ โครงสร้างเชิงเรขาคณิตของย่านทดสอบแบบกระชับที่มีโครงสร้างแบบตัวสะท้อนเดี่ยวอสมมาตร

โครงสร้างเชิงเรขาคณิตโดยทั่วไปของย่านทดสอบแบบกระชับดังรูปที่ ๑ มีลักษณะเช่นเดียวกับสายอากาศจานสะท้อนเดี่ยวอสมมาตร ปัญหาสำคัญประการหนึ่งของย่านทดสอบแบบกระชับจึงสืบเนื่องจากความไม่สมมาตรของโครงสร้าง ปัญหานี้คือการปรากฏมีองค์ประกอบในแนวสนามไขว้หรือโพลาไรเซชันไขว้นั่นเอง โพลาไรเซชันไขว้ที่ปรากฏเป็นผลจากการหักล้างกันไม่สมบูรณ์ของสนามที่เกิดจากกระแสเหนี่ยวนำบนผิวจานสะท้อนดังรูปที่ ๒ โพลาไรเซชันไขว้ที่เกิดขึ้นมีผลต่อสมรรถนะของย่านทดสอบดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องหาทางลดหรือกำจัดปัญหานี้



รูปที่ ๒ การแจกแจงกระแสบนผิวตัวสะท้อนของย่านทดสอบแบบกระชับ

วิธีการหนึ่งที่สามารถลดโพลาไรเซชันไขว้ได้คือการใช้ตัวสะท้อนรอง ตัวสะท้อนรองจะช่วยให้การแจกแจงกระแสเหนี่ยวนำในส่วนที่ก่อให้เกิดโพลาไรเซชันไขว้มีความสมมาตรมากขึ้น และสามารถหักล้างกันได้มากขึ้น ดังนั้นระดับโพลาไรเซชันไขว้จะลดลง อย่างไรก็ตามการกำจัดโพลาไรเซชันไขว้ให้หมดไปอย่างสมบูรณ์เป็นสิ่งที่ไม่สามารถทำได้เนื่องจากความไม่สมมาตรของระบบตัวสะท้อนยังมีอยู่

รายละเอียดโดยสรุปเกี่ยวกับการศึกษาการใช้ตัวสะท้อนรองลดระดับโพลาไรเซชันไขว้ในย่านทดสอบแบบกระชับมีดังนี้

ปี ค.ศ. 1985 M.S.A. Sanad and L.Shafai [1] ได้กล่าวถึงการใช้ dual cylindrical parabolic ในย่านทดสอบแบบกระชับว่า สามารถลดระดับโพลาไรเซชันไขว้ได้มากกว่าการใช้ตัวสะท้อนแบบ offset paraboloid เพียงตัวเดียว นอกจากนี้ยังสามารถลดความผิดพลาดที่เกิดจากการสร้างผิวของตัวสะท้อนได้

ปี ค.ศ. 1987 C.W.I. Pistorius, G.C.Clerici and W.D.Burnside [2] ได้กล่าวถึงโครงสร้างของย่านทดสอบแบบกระชับว่า สามารถแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 จะติดตั้งเฉพาะตัวสะท้อนหลักและบริเวณทดสอบ ส่วนที่ 2 จะติดตั้งเฉพาะตัวสะท้อนรองและตัวป้อนกำลัง โดยทั้งสองส่วนจะถูกกันด้วยตัวดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งโครงสร้างของห้องย่านทดสอบแบบกระชับดังกล่าว สามารถลดระดับโพลาไรเซชันไขว้ได้ นอกจากนี้ยังสามารถลด amplitude taper และ ripple ได้เช่นกัน

ปี ค.ศ. 1989 C.W.I. Pistorius, G.C.Clerici and W.D.Burnside [3] ได้กล่าวถึงตัวสะท้อนรองในระบบ dual chamber ว่า ถ้าใช้ตัวสะท้อนแบบ Gregorian จะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าแบบ Cassegrain

ปี ค.ศ. 1990 M.S.A. Sanad and L.Shafai [4] พบว่าการใช้ตัวสะท้อนแบบ Parabolic Cylindrical ทั้งส่วนของตัวสะท้อนหลักและตัวสะท้อนรองภายในย่านทดสอบแบบกระชับ ร่วมกับการปรับตำแหน่งและปรับมุมของตัวป้อนกำลังอย่างเหมาะสมแล้ว สามารถที่จะลดระดับโพลาไรเซชันไขว้ได้

ปี ค.ศ. 1991 V.Galindo-Isreal, S.R.Rengarajan, W.A.Imbriale and Raj Mittra [5] ได้ประยุกต์ใช้ offset reflector เป็นตัวสะท้อนหลักในการออกแบบย่านทดสอบแบบกระชับ กรณีที่ใช้ dual chamber

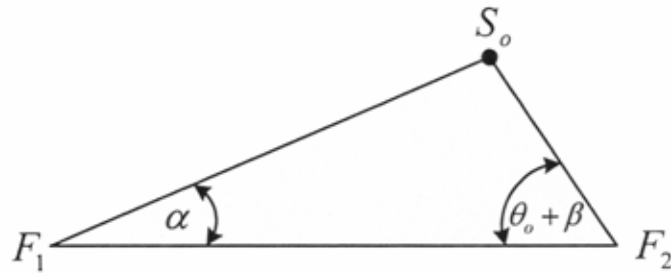
ปี ค.ศ. 1991 I.J.Gupta and P.A.Beyerle [6] ได้กล่าวถึงย่านทดสอบแบบ dual chamber ที่มีการเพิ่มเติม resistive edge ให้กับตัวสะท้อนรองแบบ Gregorian เพื่อลดการเลี้ยวเบนที่เกิดจากตัวสะท้อนรอง ผลปรากฏว่าเมื่อเพิ่ม resistive edge ให้กับตัวสะท้อนรองแล้ว สนามในบริเวณทดสอบมีคุณภาพหน้าคลื่นที่ดียิ่งขึ้น

ปี ค.ศ. 1997 D.-C.Chang, C.-C.Yang and S.-Y.Yang [7] ได้ออกแบบย่านทดสอบแบบกระชับที่ใช้ตัวสะท้อนหลักแบบ spherical reflector กับ shaped subreflector ผลทดสอบในช่วงความถี่ 8-39.5 GHz ปรากฏว่าเกิด amplitude ripple $\pm 0.4^\circ$ และ phase ripple $\pm 5^\circ$ ทัวทั้งพื้นที่ 70 % ของพื้นที่ภาพฉายของตัวสะท้อนหลักบนพื้นที่บริเวณทดสอบ

งานวิจัยนี้เลือกใช้ระบบตัวสะท้อนคู่สมมาตรแบบแคสซิกเกรนและปรับมุมของการจัดวางตัวสะท้อนรองเพื่อลดระดับของโพลาไรเซชันไขว้ แนวทางนี้มีความเหมาะสมในแง่ของการจัดสร้างระบบตัวสะท้อนภายในประเทศด้วยต้นทุนที่ไม่สูงเกินไป และยังเป็นการริเริ่มเพื่อการศึกษาแนวทางอื่น ๆ ที่อาจเป็นไปได้ในอนาคต

๒.๒ การตัดหน้าคลื่นด้วยระบบตัวสะท้อนคู่สมมาตร

โครงการวิจัยนี้อิงแนวทางที่นำเสนอใน[๘] คือเลือกใช้ระบบตัวสะท้อนคู่สมมาตรแบบแคสซิกเกรนดังรูปที่ ๓ เพื่อการตัดหน้าคลื่นและควบคุมระดับองค์ประกอบในแนวสนามไขว้ ระบบตัวสะท้อนคู่สมมาตรแบบแคสซิกเกรนเป็นแบบที่นิยมใช้กันทั่วไปในงานสายอากาศ ย่านทดสอบของโครงการวิจัยนี้ก็มีโครงสร้างเหมือนสายอากาศสมรรถนะสูงทั่วไป การใช้ระบบตัว



รูปที่ ๔ กรณีที่ป้อนกำลังคลื่นไปยังจุดตัดของรังสีออกจาก F_1 กับตัวสะท้อนรองไปยังกึ่งกลางของตัวสะท้อนหลัก

พิจารณารูปที่ ๔ จุด F_1 เป็นจุดตัดของรังสีที่ตั้งฉากกับระนาบหน้าช่องเปิดและ S_0 เป็นจุดบนผิวตัวสะท้อนหลัก $\overline{F_1S_0}$ และ $\overline{F_1F_2}$ ทำมุมกัน α โดยที่จุด F_2 เป็นจุดบนตัวสะท้อนรองซึ่ง $\overline{F_1S_0}$ ทำมุม β กับ $\overline{F_2S_0}$ สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \left|\frac{e-1}{e+1}\right| \tan\left(\frac{\theta_0 + \beta}{2}\right) \quad (4)$$

เมื่อ β คือมุมที่บิดของตัวสะท้อนรอง (tilted subreflector axis) เป็นค่าที่กำหนดเพื่อพิจารณาผลกระทบที่มีต่อการลดโพลาไรเซชันไขว้

เมื่อพิจารณาระบบตัวสะท้อนคู่ในรูปของสายอากาศจานสะท้อนพาราโบลอยด์สมมูล (equivalent paraboloid) พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างมุม α กับ β ที่ทำให้มีการสูญเสียจากการล้นจานหรือการล้นตัวสะท้อนน้อยที่สุด (minimum spillover loss) คือ

$$\tan\left(\frac{\beta}{2}\right) = \left(\frac{e-1}{e+1}\right)^2 \tan\left(\frac{\theta_0 + \beta}{2}\right) \quad (5)$$

ถ้ากำหนดค่า β และคำนวณ θ_0 จะได้ค่า e (eccentricity) ดังนี้

$$\left|\frac{e-1}{e+1}\right| = \sqrt{\frac{\tan\left(\frac{\theta_0 + \beta}{2}\right)}{\tan\left(\frac{\beta}{2}\right)}} \quad (6)$$

จะได้
$$\tan\left(\frac{\alpha + \theta_E}{2}\right) = \left|\frac{e-1}{e+1}\right| \tan\left(\frac{\theta_U + \beta}{2}\right) \quad (8)$$

เนื่องจาก $\tan\left(\frac{\theta_U}{2}\right) = \frac{d_o + (D/2)}{2F}$ จะได้ $\theta_U = 2 \tan^{-1}\left(\frac{d_o + (D/2)}{2F}\right)$

เมื่อแทน θ_U ในสมการ (8) จะได้

$$\theta_E = 2 \tan\left(\left|\frac{e-1}{e+1}\right| \tan\left(\frac{\theta_U + \beta}{2}\right)\right) - \alpha \quad (9)$$

ในทำนองเดียวกัน $\tan\left(\frac{\theta_L}{2}\right) = \frac{d_o - (D/2)}{2F}$ จะได้ $\theta_L = 2 \tan^{-1}\left(\frac{d_o - (D/2)}{2F}\right)$

จะพบจากรูปที่ ๕ ว่า

$$V_S = X_U - X_L \quad (10)$$

และเนื่องจาก $X_U = \rho_U \sin \theta_U$, $X_L = \rho_L \sin \theta_L$

และ
$$\rho_U = \frac{\left(\frac{c}{e}\right)(e^2 - 1)}{e \cos(\theta_U + \beta) + 1} \quad (11)$$

$$\rho_L = \frac{\left(\frac{c}{e}\right)(e^2 - 1)}{e \cos(\theta_L + \beta) + 1} \quad (12)$$

แทนสมการ (11) และสมการ (12) ในสมการ (10) จะได้ความสัมพันธ์ระหว่าง V_S กับ c เมื่อกำหนด V_S ก็สามารถคำนวณค่า c ได้

พิจารณารูปที่ ๑ จะได้

$$\rho_F = \frac{\left(\frac{c}{e}\right)(e^2 - 1)}{e \cos \theta_1 - 1} \quad (13)$$

และได้

$$\rho_s = \frac{\left(\frac{c}{e}\right)(e^2 - 1)}{-e(\hat{R} \cdot \hat{z}_s) + 1} \quad (14)$$

พิจารณารูปที่ ๓ เมื่อ $\hat{R} = \frac{x_p \hat{x} + y_p \hat{y} + z_p \hat{z}}{\sqrt{x_p^2 + y_p^2 + z_p^2}}$ และ $\hat{z}_s = \cos \beta \hat{z} + \sin \beta \hat{x}$ (15)

เมื่อพิจารณา จุด S เป็นจุดใดๆ บนตัวสะท้อนรองพบว่า

$$\vec{\rho}_s = x_s \hat{x} + y_s \hat{y} + z_s \hat{z} = \rho_s \hat{R} \quad (16)$$

จะได้ $x_s = \frac{\rho_s x_p}{R}$, $y_s = \frac{\rho_s y_p}{R}$, $z_s = \frac{\rho_s z_p}{R}$

ดังนั้นเวกเตอร์หนึ่งหน่วยที่ตั้งฉากกับระนาบที่สัมผัสพื้นผิวตัวสะท้อนรองมีค่า

$$\hat{N}_s = \frac{x_s \hat{x} + y_s \hat{y} + (z_s + c)(e^2 - 1) \hat{z}}{\sqrt{x_s^2 + y_s^2 + (z_s + c)^2 (e^2 - 1)^2}} \quad (17)$$

และเวกเตอร์หนึ่งหน่วยที่ตั้งฉากกับระนาบที่สัมผัสพื้นผิวตัวสะท้อนหลัก มีค่าเป็น

$$\hat{N}_m = \frac{x_p \hat{x} + y_p \hat{y} + 2Fz_p \hat{z}}{\sqrt{x_p^2 + y_p^2 + 4F^2}} \quad (18)$$

เมื่อพิจารณา p เป็นจุดใดๆ บนตัวสะท้อนหลัก โดย

$$\begin{aligned} x_p &= \left(\frac{D}{2}\right) + h + \left(\frac{D}{2}\right) \cos \phi_a \\ y_p &= \left(\frac{D}{2}\right) \sin \phi_a \\ z_p &= \frac{x_p^2 + y_p^2}{4F} - F \end{aligned} \quad (19)$$

การคำนวณข้างต้นเป็นการหาค่าปัจจัยทางเรขาคณิตของระบบตัวสะท้อนคู่สมมาตร ซึ่งเป็นค่าที่จำเป็นต้องนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาค่าของสนามต่อไป

๒.๓ การลดโพลาไรเซชันไขว้ของระบบตัวสะท้อนคู่สมมาตร

ระบบตัวสะท้อนคู่โดยทั่วไปมีสองแบบคือ แบบเกรโกเรียน และแบบแคสเช็กเกรน ในงานด้านสายอากาศนิยมใช้แบบแคสเช็กเกรน โครงการวิจัยนี้ก็เลือกใช้แบบแคสเช็กเกรนเช่นกัน

การวิเคราะห์ระบบตัวสะท้อนคู่สมมาตร สามารถทำได้หลายวิธี โครงการวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีทัศนศาสตร์เรขาคณิตและทฤษฎีการเลี้ยวเบนเชิงเรขาคณิต ระเบียบวิธีทั้งสองนี้มีความเหมาะสมกับกรณีที่ขนาดทางไฟฟ้าของระบบตัวสะท้อนที่วิเคราะห์มีขนาดใหญ่ในระดับมากกว่า 2λ เท่าของความยาวคลื่น ณ ความถี่ปฏิบัติการที่สนใจ หัวข้อนี้นำเสนอแนวทางการวิเคราะห์เพื่อศึกษาการลดโพลาริเซชันไขว้ของระบบตัวสะท้อนคู่สมมาตร ดังนี้

สายอากาศป้อนกำลังคลื่นเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของระบบตัวสะท้อนคู่สมมาตร เนื่องจากเป็นแหล่งกำเนิดชั้นปฐมภูมิ ที่กำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาตกกระทบพื้นผิวตัวสะท้อนแล้วเดินทางต่อออกไปยังบริเวณทดสอบ สายอากาศที่ใช้เป็นสายอากาศป้อนกำลังคลื่นในระบบตัวสะท้อนคู่สมมาตร มีหลายชนิด โครงการนี้เลือกใช้สายอากาศที่มีโพลาริเซชันเชิงเส้นชนิดโคไซน์ยกกำลังต่างๆ (raised cosine) เป็นสายอากาศป้อนกำลังคลื่น ทั้งนี้เพราะสายอากาศป้อนที่ใช้งานจริงในทางปฏิบัติสามารถจำลองได้ด้วยฟังก์ชันโคไซน์ยกกำลังต่างๆ ปกติตัวสะท้อนจะวางอยู่ในย่านสนามไกลของสายอากาศป้อนกำลังคลื่น ดังนั้นสนามที่แผ่พลังงานออกจากสายอากาศป้อนกำลังคลื่นพิจารณาได้จากแบบรูปการแผ่พลังงานย่านสนามไกลของสายอากาศนั้น

ในบริเวณย่านสนามไกลของสายอากาศใด ๆ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกจากสายอากาศเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามขวาง ที่ไม่มีองค์ประกอบของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กในทิศที่คลื่นเคลื่อนที่ สนามตกกระทบจากสายอากาศป้อนมายังตัวสะท้อนจะเป็น

$$\bar{E}_f(\theta_f, \phi_f) = [E_{\theta_f}(\theta_f, \phi_f)\hat{\theta}_f + E_{\phi_f}(\theta_f, \phi_f)\hat{\phi}_f] \frac{e^{-jk\rho_f}}{\rho_f} \quad (20)$$

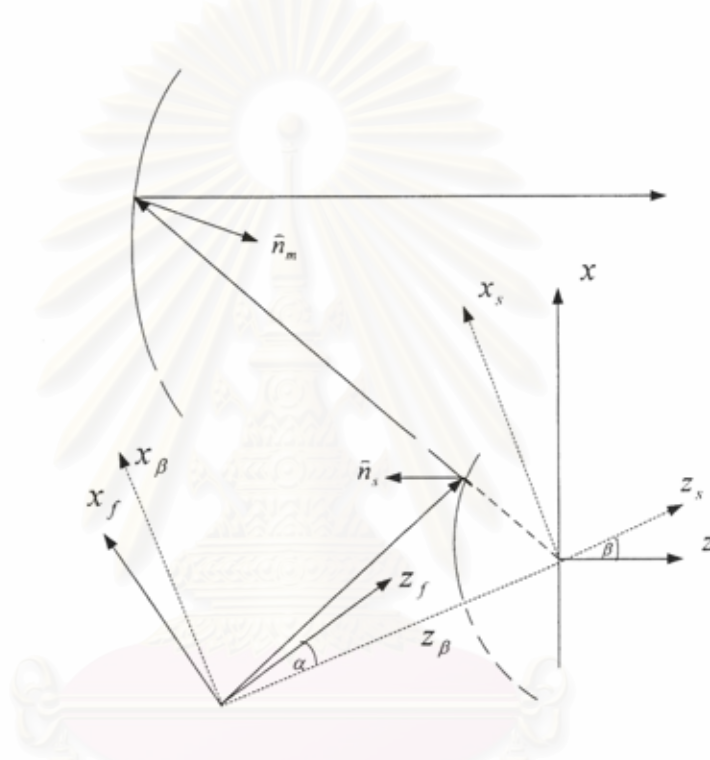
และพิจารณาเป็นสายอากาศป้อนที่มีโพลาริเซชันแบบเชิงเส้นในแนวแกน x ทำให้สนามจากสายอากาศป้อน เขียนอยู่ในพิกัดทรงกลมได้ดังนี้

$$\bar{E}_f(\theta_f, \phi_f) = [E_{\theta_f}(\theta_f, \phi_f)\cos\phi_f\hat{\theta}_f + E_{\phi_f}(\theta_f, \phi_f)\sin\phi_f\hat{\phi}_f] \frac{e^{-jk\rho_f}}{\rho_f} \quad (21)$$

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบในระบบพิกัดคาร์ทีเซียน xyz จะได้

$$\begin{aligned}
 E_{fx}(x_f, y_f, z_f) &= [E_{\theta_f} \cos^2 \phi_f \cos \theta_f + E_{\theta_f} \sin^2 \phi_f] \frac{e^{-jk\rho_f}}{\rho_f} \\
 E_{fy}(x_f, y_f, z_f) &= [E_{\theta_f} \cos \phi_f \cos \theta_f \sin \phi_f - E_{\theta_f} \sin \phi_f \cos \phi_f] \frac{e^{-jk\rho_f}}{\rho_f} \\
 E_{fz}(x_f, y_f, z_f) &= [E_{\theta_f} \cos \phi_f \sin \theta_f] \frac{e^{-jk\rho_f}}{\rho_f}
 \end{aligned} \tag{22}$$

รูปที่ ๗ แสดงเรขาคณิตของการวิเคราะห์ระบบตัวสะท้อนคู่สมมาตรแบบแคสซีกรอน



รูปที่ ๗ โครงสร้างของระบบตัวสะท้อนคู่สมมาตรแบบแคสซีกรอน

การเอียงของตัวสะท้อน ทำให้การบ้อนสัญญาณมีลักษณะไม่สมมาตร เพื่อลดปัญหาของการล้น(spillover)บริเวณหน้าช่องเปิดของตัวสะท้อน ทำให้ระบบพิกัดสายอากาศบ่อน x_f, y_f, z_f มีการบิดมุมไปจากแนวพิกัดของตัวสะท้อนรองเป็นมุม α จึงต้องมีการแปลงระบบพิกัด x_f, y_f, z_f ให้เป็นระบบพิกัด $x_\beta, y_\beta, z_\beta$ และเพื่อให้ระบบพิกัดที่พิจารณาเป็นระบบพิกัดเดียวกับระบบพิกัดของตัวสะท้อนหลัก xyz จึงมีการเลื่อนตำแหน่งจากระบบพิกัด $x_\beta, y_\beta, z_\beta$ มาที่ระบบพิกัด x_s, y_s, z_s แล้วแปลงเป็นระบบพิกัด xyz โดยการบิดมุม β ดังนั้นสนามไฟฟ้าในระบบพิกัด x_f, y_f, z_f สามารถเขียนในระบบพิกัดตัวสะท้อนหลัก xyz ได้เป็น

$$\begin{bmatrix} E_{fx}(x, y, z) \\ E_{fy}(x, y, z) \\ E_{fz}(x, y, z) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & 0 & \sin \alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \alpha & 0 & \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \beta & 0 & \sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \beta & 0 & \cos \beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_{fx}(x_f, y_f, z_f) \\ E_{fy}(x_f, y_f, z_f) \\ E_{fz}(x_f, y_f, z_f) \end{bmatrix} \quad (23)$$

นอกจากการแปลงพิกัดตัวสะท้อนแล้ว ยังมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสายอากาศป้อนกำลังคลื่น ในการพิจารณาสมรรถนะของระบบตัวสะท้อนรูปพาราโบลิก คือระดับความเรียบที่ขอบ (edge taper: ET) ของตัวสะท้อน ซึ่งเป็นตัวกำหนดระดับความเข้มของสนามไฟฟ้าจากสายอากาศป้อนกำลังคลื่นที่ขอบของตัวสะท้อนเทียบกับระดับความเข้มของสนามไฟฟ้าจากสายอากาศป้อนกำลังคลื่นในทิศทางตามแนวแกนของสายอากาศป้อนกำลังคลื่นที่จุดกึ่งกลางบนพื้นผิวสะท้อน ค่าความเรียบนี้สามารถคำนวณได้ดังสูตรต่อไปนี้

$$ET(dB) = 20 \log \left(\frac{|\bar{E}_{edge}^{feed}|}{|\bar{E}_{boresight}^{feed}|} \right) \quad (24)$$

\bar{E}_{edge}^{feed} เป็นความเข้มสนามไฟฟ้าที่ขอบตัวสะท้อน

$\bar{E}_{boresight}^{feed}$ เป็นความเข้มสนามไฟฟ้าที่จุดกึ่งกลางบนผิวสะท้อน

เมื่อกำหนดให้ความเรียบมีค่า -10 dB และนำไปแทนในสมการ (23) สามารถคำนวณค่า q_E และ q_H ของสายอากาศป้อนได้

สนามสะท้อนจากตัวสะท้อนรองหาได้จาก

$$\bar{E}'_s(x_s, y_s, z_s) = -\bar{E}_f + 2(\hat{N}_s \cdot \bar{E}_f)\hat{N}_s \quad (25)$$

พิจารณาองค์ประกอบในระบบพิกัดฉาก xyz ได้

$$\begin{bmatrix} E'_{sx} = -E_{fx} + 2(N_{sx}E_{fx} + N_{sy}E_{fy} + N_{sz}E_{fz})N_{sx} \\ E'_{sy} = -E_{fy} + 2(N_{sx}E_{fx} + N_{sy}E_{fy} + N_{sz}E_{fz})N_{sy} \\ E'_{sz} = -E_{fz} + 2(N_{sx}E_{fx} + N_{sy}E_{fy} + N_{sz}E_{fz})N_{sz} \end{bmatrix} \quad (26)$$

สนามตกกระทบตัวสะท้อนหลัก สามารถหาได้จาก ทศนศาสตร์เรขาคณิต ดังนี้

$$E_p^{inc}(x_p, y_p, z_p) = E_s^r(x_s, y_s, z_s) \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{s}{\rho_1}}} \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{s}{\rho_2}}} e^{-jks} \quad (27)$$

E_p^{inc} เป็นสนามตกกระทบบนตัวสะท้อนหลัก

E_s^r เป็นสนามสะท้อนจากตัวสะท้อนรอง

โดย $s = \rho_s + \rho_p$ (เกรโกเรียน), $s = \rho_p - \rho_s$ (แคสเช็กเกรน) และ $\rho_1 = \rho_2 = -\rho_s$ (เกรโกเรียน) $\rho_1 = \rho_2 = \rho_s$ (แคสเช็กเกรน) ทำให้

$$E_p^{inc}(x, y, z) = E_s^r(x, y, z) \sqrt{\frac{-\rho_s}{-\rho_s + (\rho_s + \rho_p)}} \sqrt{\frac{-\rho_s}{-\rho_s + (\rho_s + \rho_p)}} e^{-jk(\rho_p + \rho_s)} \quad (\text{เกรโกเรียน})$$

$$E_p^{inc}(x_p, y_p, z_p) = E_s^r(x_s, y_s, z_s) \sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_s + (\rho_p - \rho_s)}} \sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_s + (\rho_p - \rho_s)}} e^{-jk(\rho_p - \rho_s)} \quad (\text{แคสเช็กเกรน})$$
(28)

หรือ

$$E_p^{inc}(x, y, z) = E_s^r(x, y, z) \frac{\rho_s}{\rho_p} e^{-jk(\rho_p + \rho_s)} \quad (\text{เกรโกเรียน})$$

$$E_p^{inc}(x, y, z) = E_s^r(x, y, z) \frac{\rho_s}{\rho_p} e^{-jk(\rho_p - \rho_s)} \quad (\text{แคสเช็กเกรน})$$
(29)

สนามสะท้อนจากตัวสะท้อนหลักหาได้จาก

$$\bar{E}_p^r(x_p, y_p, z_p) = -\bar{E}_p + 2(\hat{N}_m \cdot \bar{E}_p)\hat{N}_m \quad (30)$$

\bar{E}_p^r เป็นสนามสะท้อนจากตัวสะท้อนหลัก

หลังจากสะท้อนตัวสะท้อนหลักหน้าคลื่นทรงกลมจะเปลี่ยนเป็นหน้าคลื่นระนาบ ซึ่งตัวประกอบกรวดทอนมีค่าเป็น 1 และแพร่กระจายไปยังระนาบหน้าช่องเปิดเป็นระยะ $\rho_p \cos \theta$ ดังนั้นสนามบนระนาบหน้าช่องเปิด (ระนาบที่จุดกำเนิดหรือจุดโฟกัสของตัวสะท้อนหลัก) เป็นสำหรับกรณี แคสเช็กเกรน

$$E_{ogp}(x, y, z) = E_p^r(x, y, z) e^{-jk(\rho_p \cos \theta)} \quad (31)$$

E_{ogp} เป็นสนามบนระนาบหน้าช่องเปิด

สนามที่เกิดจากการเลี้ยวเบนของสนามตกกระทบบนขอบของตัวสะท้อนรองจะเลี้ยวเบนไปยังจุดสังเกต และ/หรือ เกิดการเลี้ยวเบนไปยังตัวสะท้อนหลักแล้วไปยังจุดสังเกต และ/หรือ เกิดการเลี้ยวเบนที่ขอบของตัวสะท้อนหลักไปยังจุดสังเกต (เกิดการเลี้ยวเบนสองครั้ง) สนามอาจตกกระทบยังตัวสะท้อนรอง และสะท้อนสู่ตัวสะท้อนหลักที่ขอบทำให้เกิดการเลี้ยวเบนไปยังจุดสังเกต ค่าของสนามที่ได้เป็น

$$E^d = -E(Q_d) \cdot \tilde{D} \cdot \sqrt{\frac{\rho_d}{s_d(\rho_d + s_d)}} e^{-jks_d} \quad (32)$$

สนามที่เกิดจากการเลี้ยวเบนครั้งแรกไปยังจุดสังเกตเป็น

$$E_{agd}^d = \begin{bmatrix} E_\beta^d \\ E_\phi^d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_s & 0 \\ 0 & D_h \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_\beta^i \\ E_\phi^i \end{bmatrix} \left(\frac{\sqrt{\rho_{d1}}}{s_{d1}} \right) e^{-jks_{d1}} \quad (33)$$

ค่า ρ_{d1} คำนวณได้ดังนี้

$$\frac{1}{\rho_{d1}} = \frac{1}{s_i} - \frac{2(\hat{n} \cdot \hat{n}_e)(\hat{s} \cdot \hat{n})}{R_c \sin^2 \beta_0} \quad (34)$$

โดยที่ R_c คือรัศมีความโค้งของ \hat{s} คือ เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในทิศทางสี่ตกกระทบ \hat{n} และ \hat{n}_e เป็นเวกเตอร์หนึ่งหน่วยที่ตั้งฉากกับพื้นผิวตัวสะท้อนและเวกเตอร์หนึ่งหน่วยที่ตั้งฉากกับขอบที่จุดเลี้ยวเบนและมีทิศทางออกจากศูนย์กลางความโค้ง ตามลำดับ

ค่าสัมประสิทธิ์การเลี้ยวเบนเป็นดังนี้

$$D_{s,h}(\xi, \beta_0) = -\frac{e^{-j\frac{\pi}{4}}}{2\sqrt{2\pi k} \sin \beta_0} \left[\frac{F[kLa(\xi^-)] - F[kLa(\xi^+)]}{\cos\left(\frac{\xi^-}{2}\right) + \cos\left(\frac{\xi^+}{2}\right)} \right] \quad (35)$$

โดยที่ $a(\xi) = 2\cos^2\left(\frac{\xi}{2}\right)$ และ $\xi = \xi^\mp = \phi_d \mp \phi$

$$\text{และ } L = \frac{s_d(\rho_e' + s_d)\rho_1'\rho_2'\sin^2\beta_0}{\rho_e'(\rho_1' + s_d)(\rho_2' + s_d)}, \quad L = \frac{s_d(\rho_e' + s_d)\rho_1'\rho_2'\sin^2\beta_0}{\rho_e'(\rho_1' + s_d)(\rho_2' + s_d)}$$

สนามที่เกิดจากการเลี้ยวเบนสองครั้งไปยังจุดสังเกตเป็น

$$E_{agtd}^{dd} = \begin{bmatrix} E_{\beta}^{dd} \\ E_{\phi}^{dd} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_s & 0 \\ 0 & D_h \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_{\beta}^d \\ E_{\phi}^d \end{bmatrix} \left(\frac{\sqrt{\rho_{d2}}}{s_{d2}} \right) e^{-jks_{d2}} \quad (36)$$

ค่า E_{agtd}^{dd} หาได้ในทำนองเดียวกันกับ E_{agtd}^d แต่ในกรณีที่เกิดจุดตัดตะ (caustic) สนามไฟฟ้าที่เลี้ยวเบนสามารถหาได้โดยกรรมวิธีกระแสสมมูลที่ขอบ โดยการหาค่าแหล่งกระแสสมมูลที่ทำให้เกิดสนามไฟฟ้าที่จุดสังเกตจาก

$$I_c(\phi) = -e^{-j\pi/4} \frac{8\pi}{k} Y_0(\bar{E}' \cdot \hat{e}) D_s \quad (37)$$

$$M_c(\phi) = -e^{-j\pi/4} \frac{8\pi}{k} Z_0(\bar{H}' \cdot \hat{e}) D_h \quad (38)$$

Y_0 และ Z_0 แอดมิตแตนซ์คลื่นและอิมพีแดนซ์คลื่นตามลำดับ

ดังนั้นสนามที่ระนาบหน้าช่องเปิดเป็น

$$E_a = E_{a(g0)} + E_{a(gtd)}^d + E_{a(gtd)}^{dd} \quad (39)$$

เมื่อได้สนามที่ระนาบหน้าช่องเปิดแล้วใช้ การแปลงฟูริเยร์หาสเปกตรัมคลื่นระนาบ เพื่อคำนวณแบบรูปการแผ่พลังงานย่านสนามไกล อาศัยนิยามที่ 3 ของ Ludwig เกี่ยวกับโพลาริเซชัน ไขว้ จะได้ว่าระบบตัวสะท้อนรูปพาราโบลิกที่ใช้สายอากาศที่มีโพลาริเซชันในแนว y เป็นสายอากาศป้อนกำลังคลื่น สามารถเขียนสนามไฟฟ้าย่านสนามไกลในแนวโพลาริเซชันร่วมและแนวโพลาริเซชันไขว้ได้เป็น

$$E_{co} = E_{\theta} \sin \phi + E_{\phi} \cos \phi \quad (40)$$

$$E_{cx} = -E_{\theta} \cos \phi + E_{\phi} \sin \phi \quad (41)$$

ถ้าใช้สายอากาศที่มีโพลาริเซชันในแนวแกน x เป็นสายอากาศป้อนกำลังคลื่น จะได้

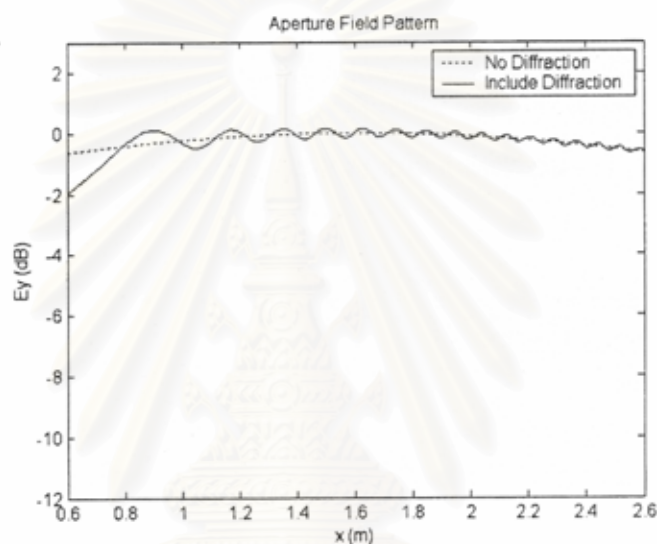
$$E_{co} = E_{\theta} \sin \phi + E_{\phi} \cos \phi \quad (42)$$

$$E_{cx} = -E_{\theta} \cos \phi + E_{\phi} \sin \phi \quad (43)$$

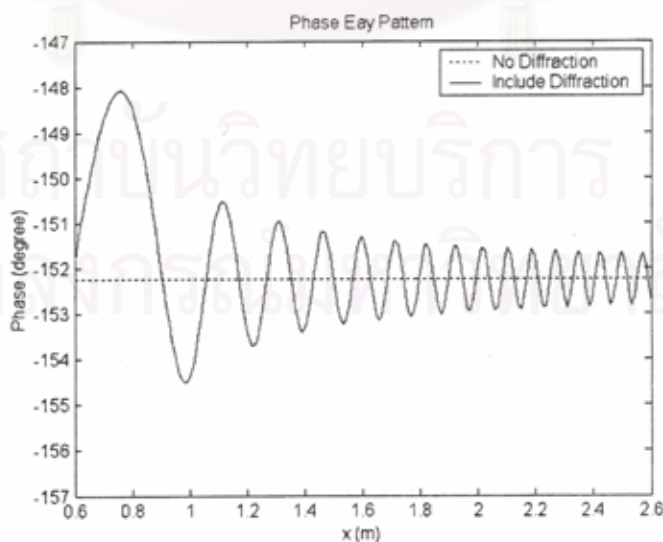
๒.๔ ผลการจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์ทำ ณ ความถี่ 8, 12.5, 20 และ 40 GHz โดยใช้สายอากาศป้อนกำลังคลื่นชนิดสายอากาศโคไซน์กำลังหก ตัวสะท้อนรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 0.3 เมตร มีการปรับมุมเอียงของตัวสะท้อน $\beta=5^\circ, 10^\circ$ และ 15° และแสดงภาพการแจกแจงความเข้มสนามไฟฟ้าที่ระยะห่างจากจุดโฟกัส 1 เมตร ผลการจำลองสถานการณ์เป็นดังนี้

๒.๔.๑ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามไฟฟ้าโพลาริเซชันร่วม

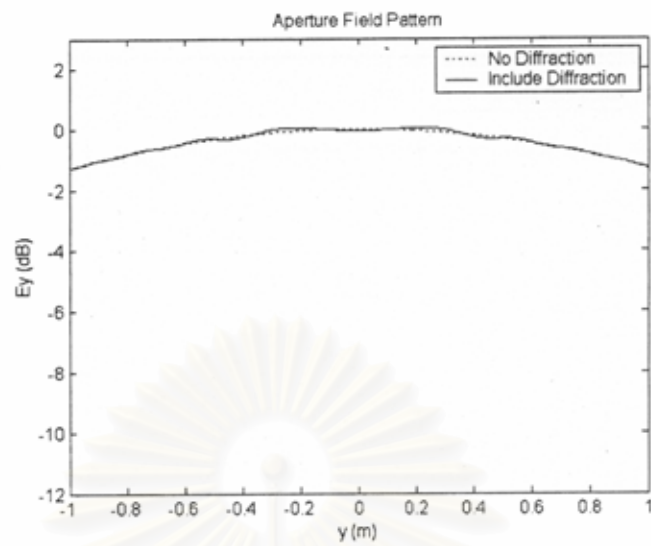


ก) แบบรูปขนาดยอดตามแนวตั้ง

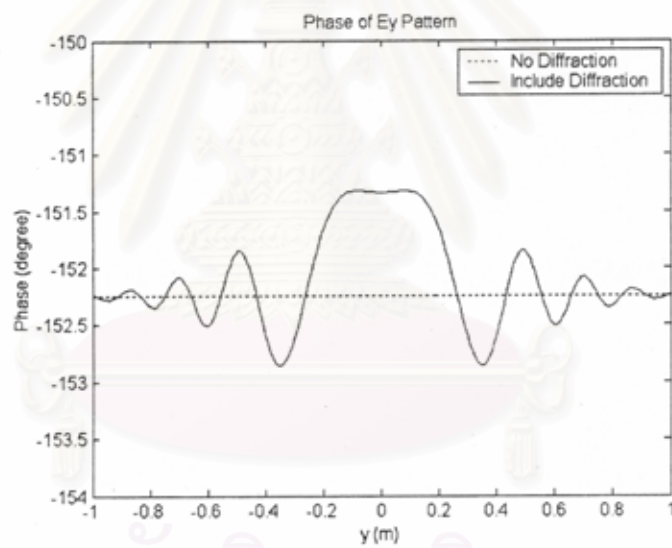


ข) แบบรูปวัฏภาคตามแนวตั้ง

รูปที่ ๘ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 8 GHz, $\beta=5^\circ$

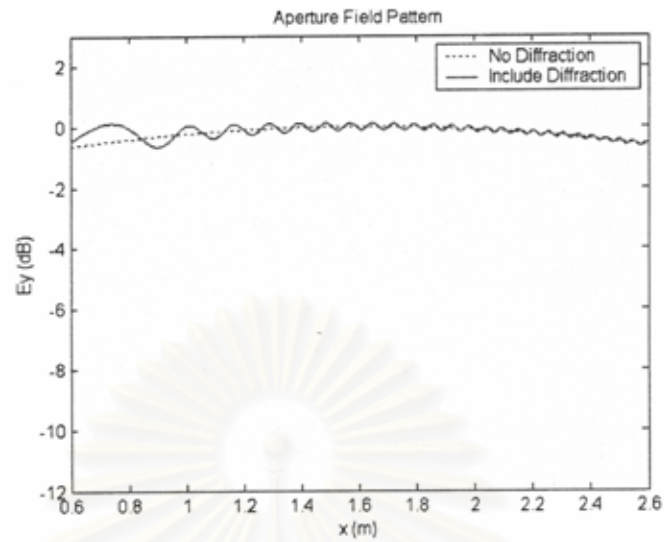


ค) แบบรูปขนาดยอดตามแนวนอน

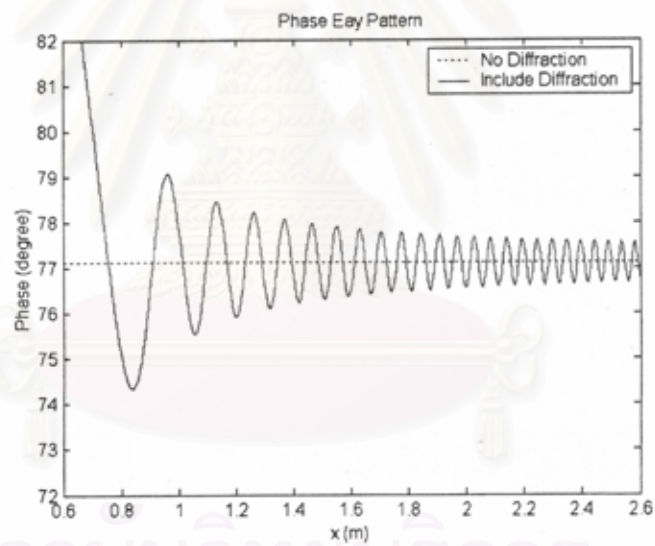


ง) แบบรูปวัฏภาคตามแนวนอน

รูปที่ ๘ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 8 GHz, $\beta = 5^\circ$ (ต่อ)

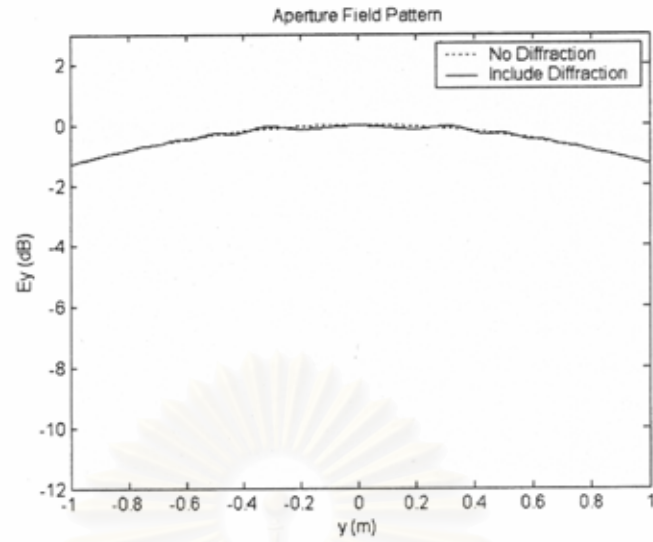


ก) แบบรูปขนาดยอดตามแนวตั้ง

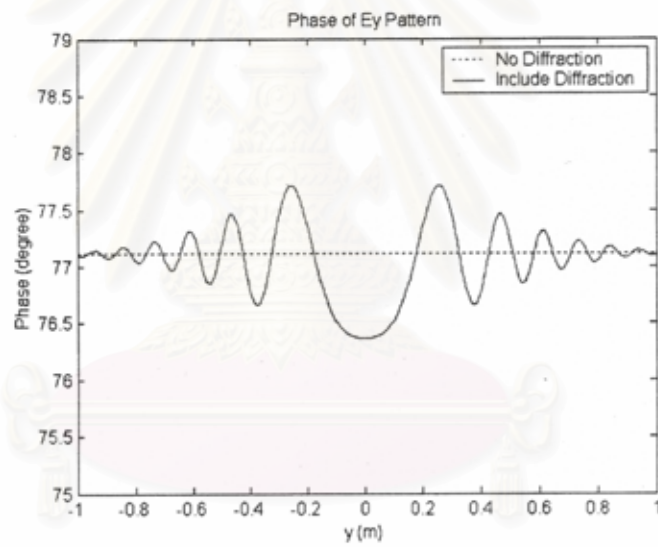


ข) แบบรูปวัฏภาคตามแนวตั้ง

รูปที่ ๙ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 12.5 GHz, $\beta = 5^\circ$

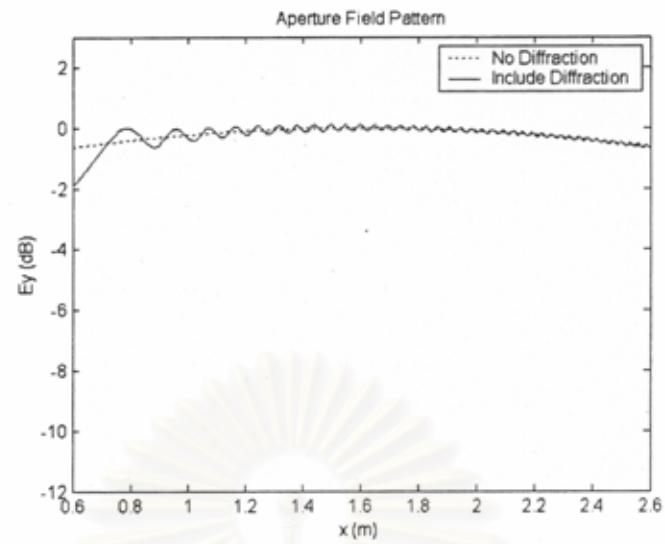


ค) แบบรูปขนาดยอดตามแนวนอน

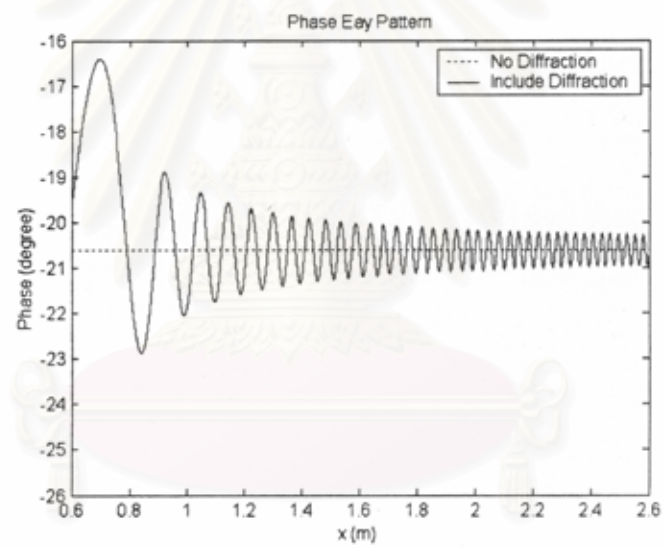


ง) แบบรูปวัฏภาคตามแนวนอน

รูปที่ ๙ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 12.5 GHz, $\beta = 5^\circ$ (ต่อ)

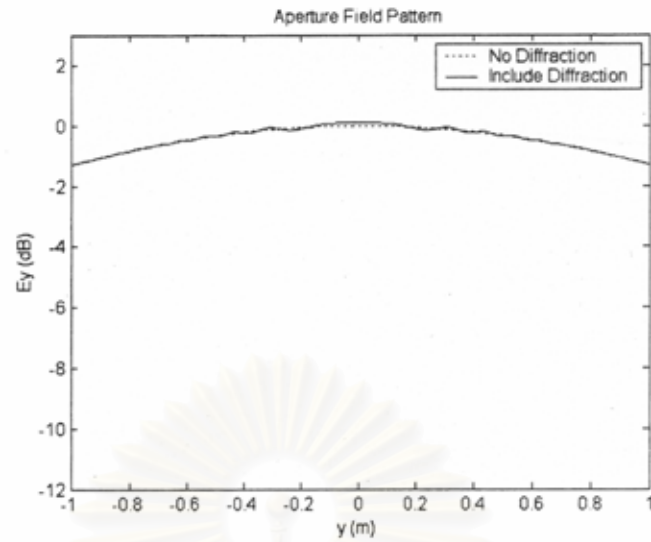


ก) แบบรูปขนาดยอดตามแนวตั้ง

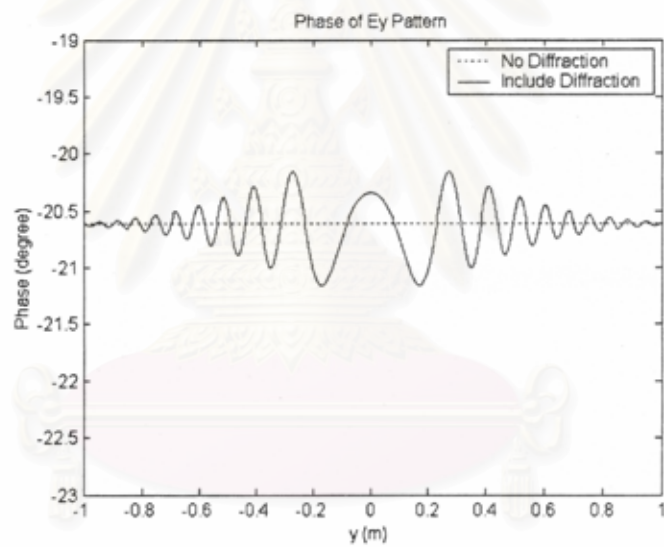


ข) แบบรูปวิวกภาคตามแนวตั้ง

รูปที่ ๑๐ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 20 GHz, $\beta = 5^\circ$
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

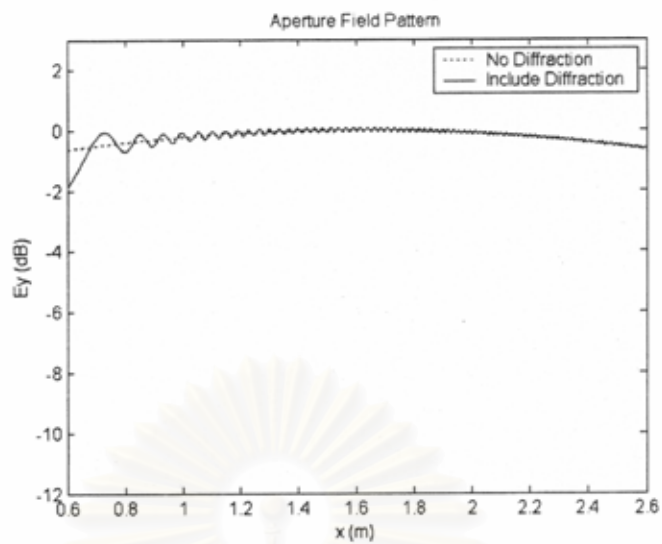


ค) แบบรูปขนาดยอดตามแนวนอน

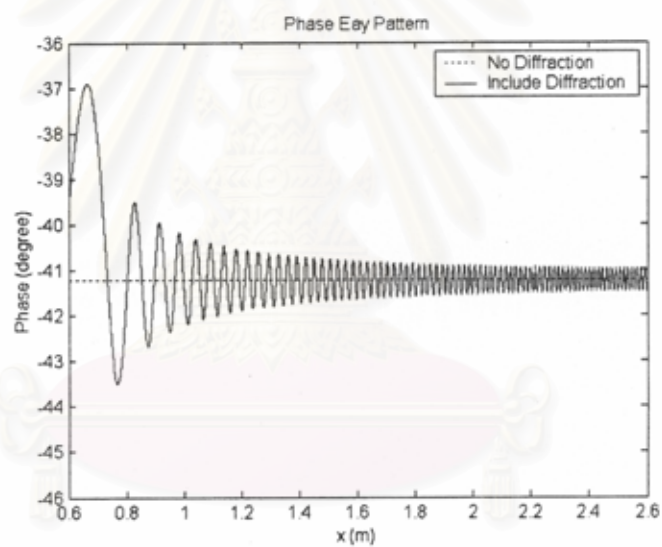


ง) แบบรูปวัฏภาคตามแนวนอน

รูปที่ ๑๐ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 20 GHz, $\beta = 5^\circ$ (ต่อ)



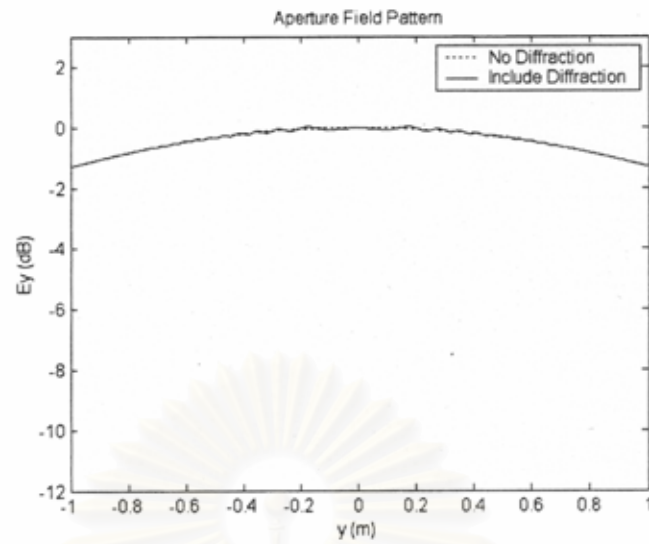
ก) แบบรูปขนาดยอดตามแนวตั้ง



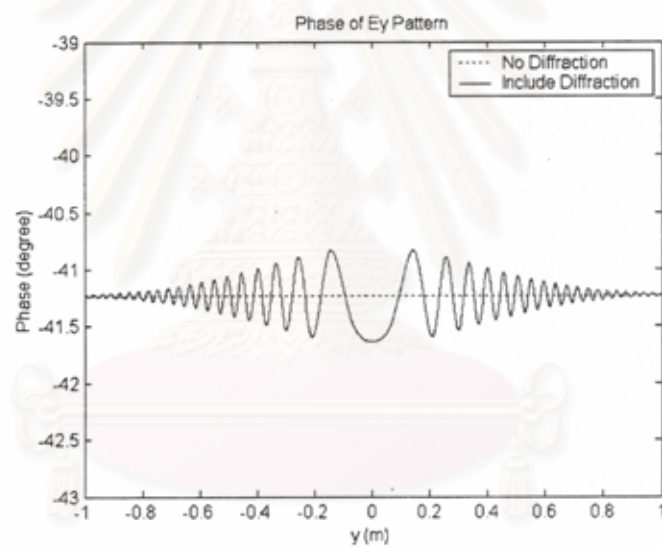
ข) แบบรูปวัฏภาคตามแนวตั้ง

รูปที่ ๑๑ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 40 GHz, $\beta = 5^\circ$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



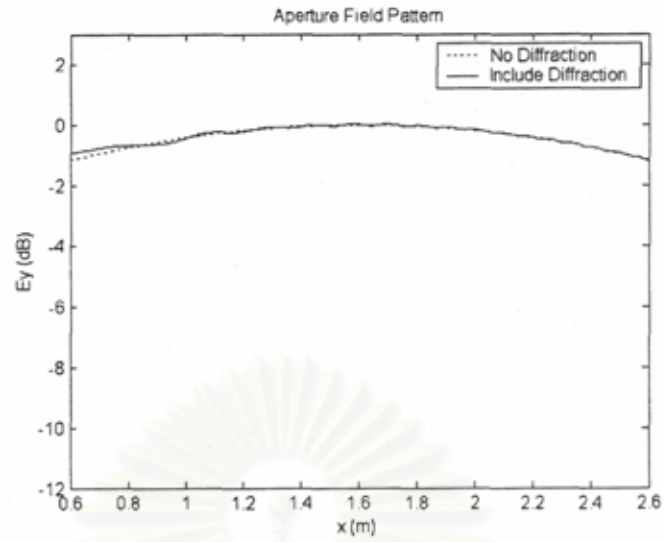
ค) แบบรูปขนาดยอดตามแนวนอน



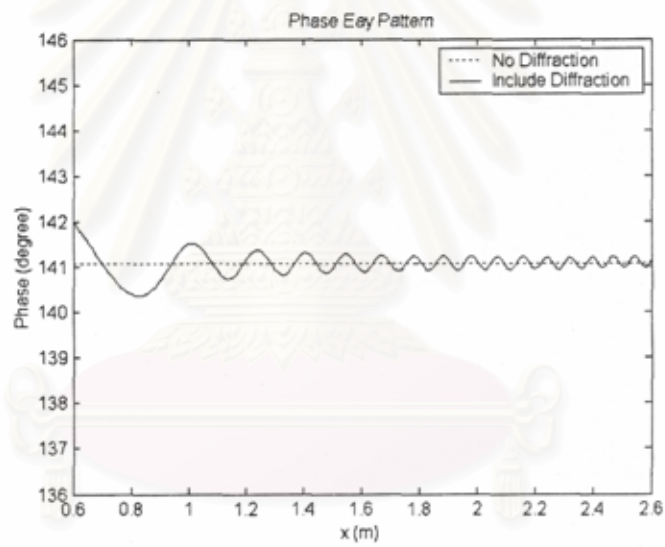
ง) แบบรูปวิวกภาคตามแนวนอน

รูปที่ ๑๑ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 40 GHz, $\beta = 5^\circ$ (ต่อ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



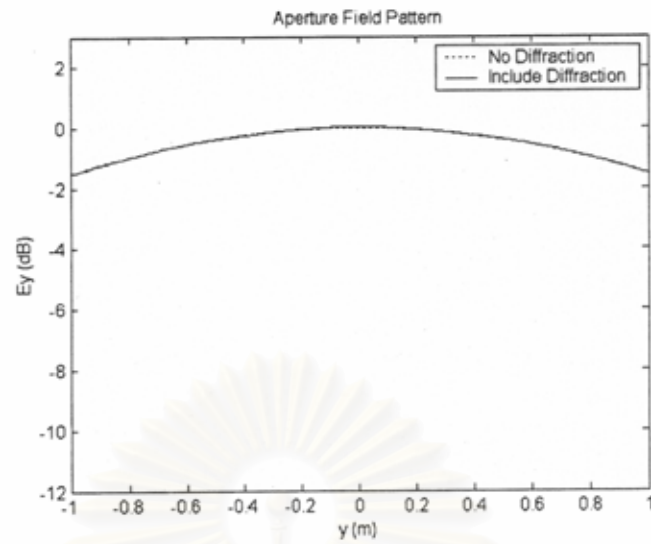
ก) แบบรูปขนาดยอดตามแนวตั้ง



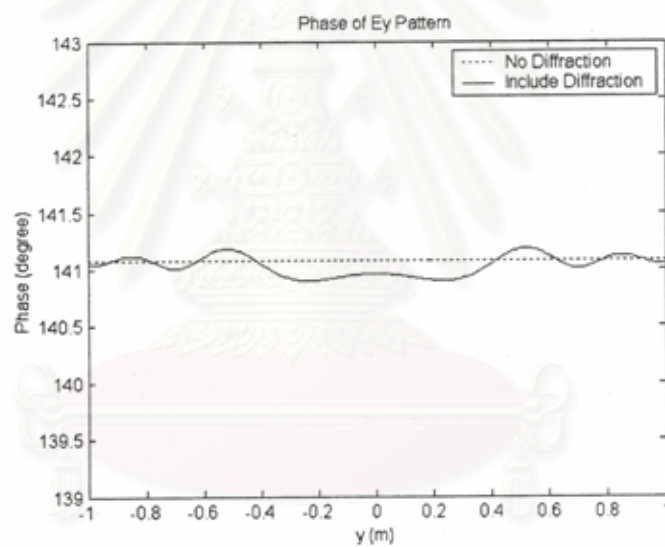
ข) แบบรูปปฏิภาคตามแนวตั้ง

รูปที่ ๑๒ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 8 GHz, $\beta = 10^\circ$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



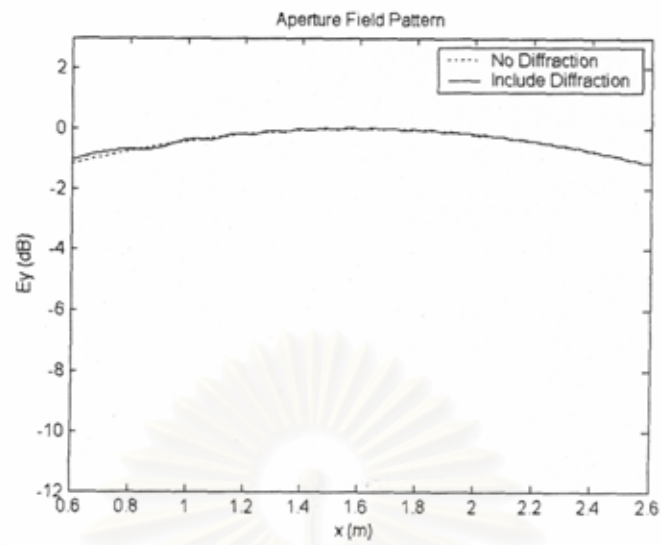
ค) แบบรูปขนาดยอดตามแนวนอน



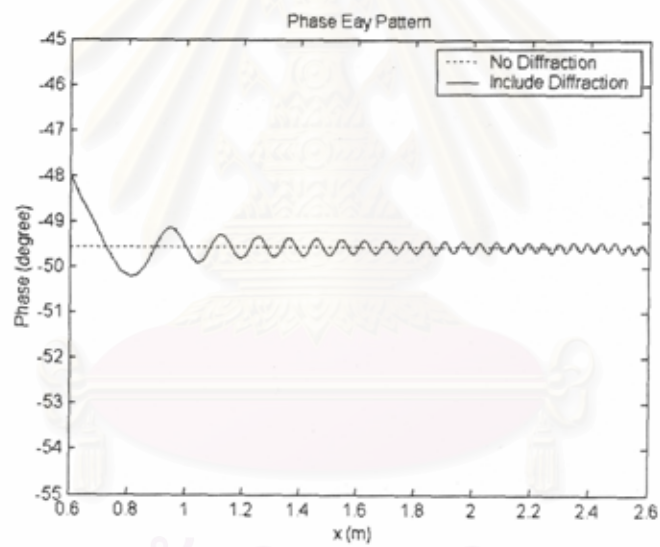
ง) แบบรูปวัฏภาคตามแนวนอน

รูปที่ ๑๒ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 8 GHz, $\beta = 10^\circ$ (ต่อ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

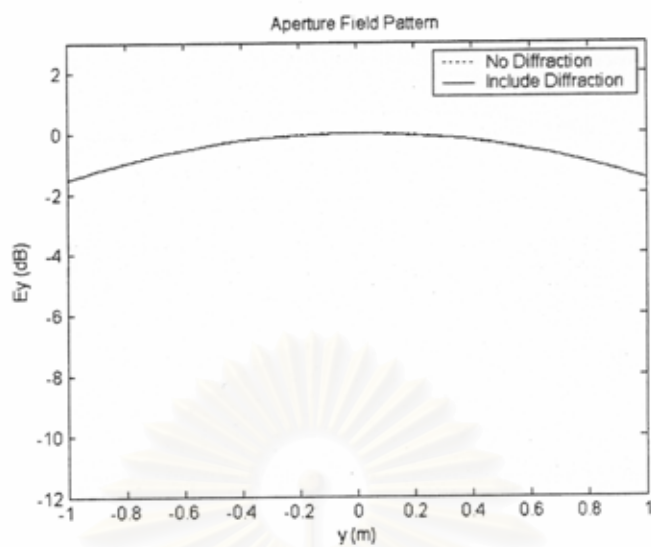


ก) แบบรูปขนาดยอดตามแนวตั้ง

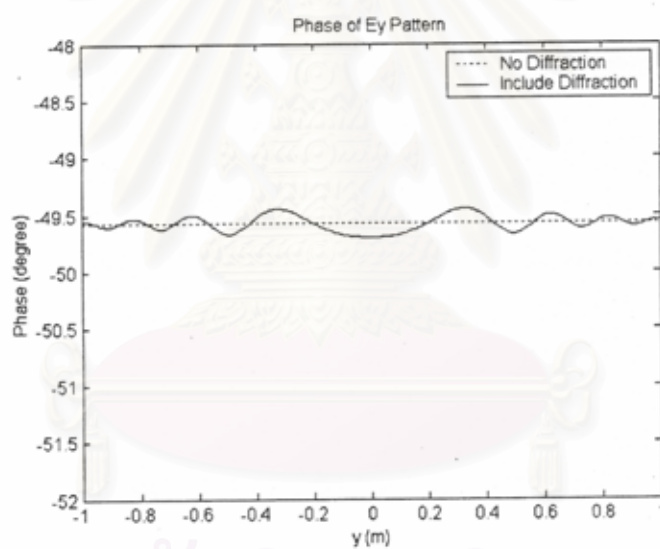


ข) แบบรูปวิภาคตามแนวตั้ง

รูปที่ ๑๓ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 12.5 GHz, $\beta = 10^\circ$

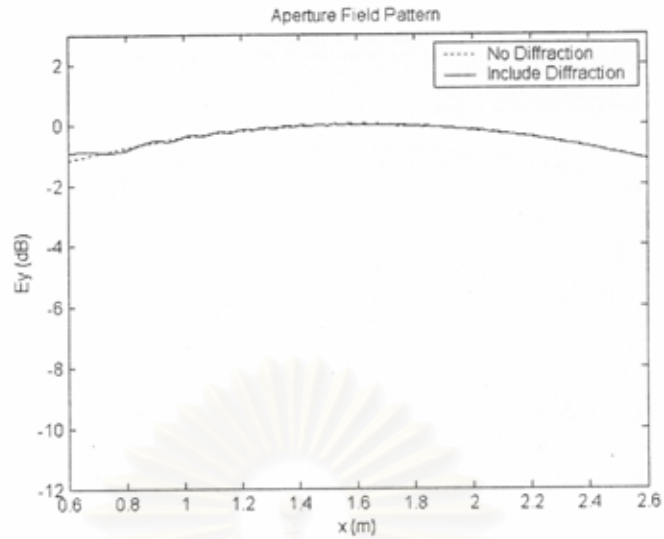


ค) แบบรูปขนาดยอดตามแนวนอน

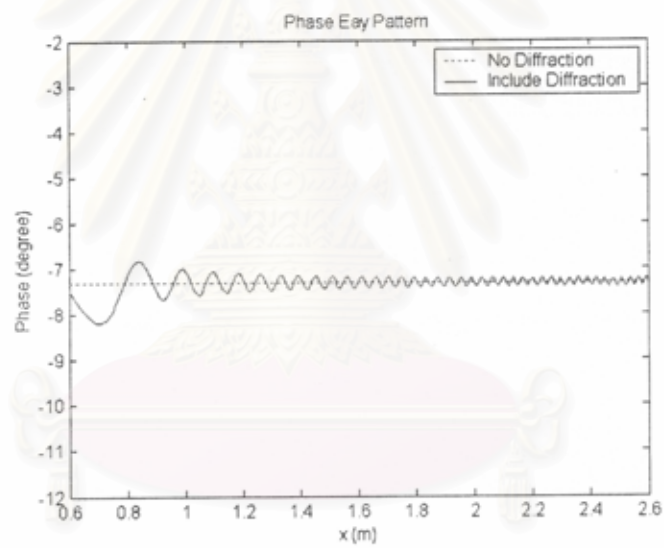


ง) แบบรูปวิฎภาคตามแนวนอน

รูปที่ ๑๓ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 12.5 GHz, $\beta = 10^\circ$ (ต่อ)

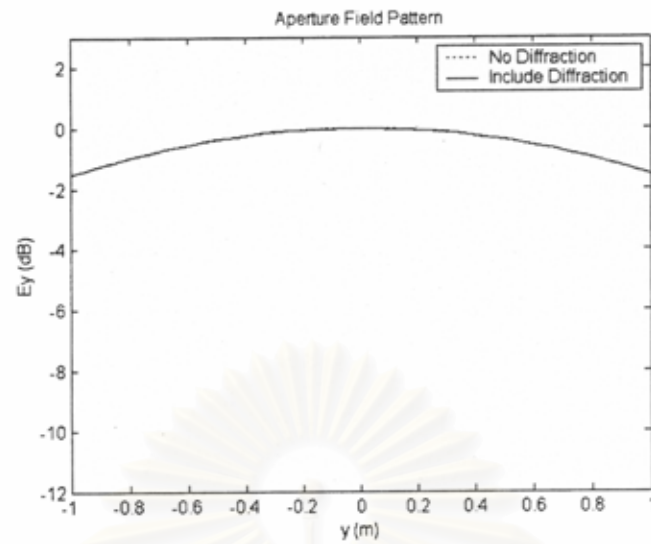


ก) แบบรูปขนาดยอดตามแนวตั้ง

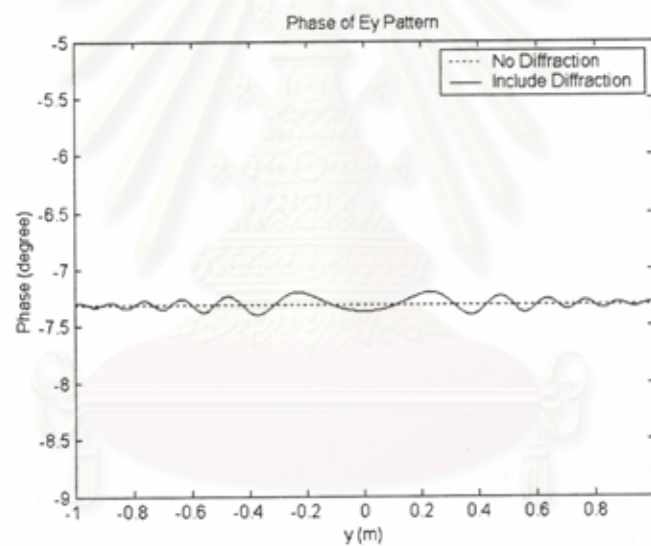


ข) แบบรูปวัฏภาคตามแนวตั้ง

รูปที่ ๑๔ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 20 GHz, $\beta = 10^\circ$
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

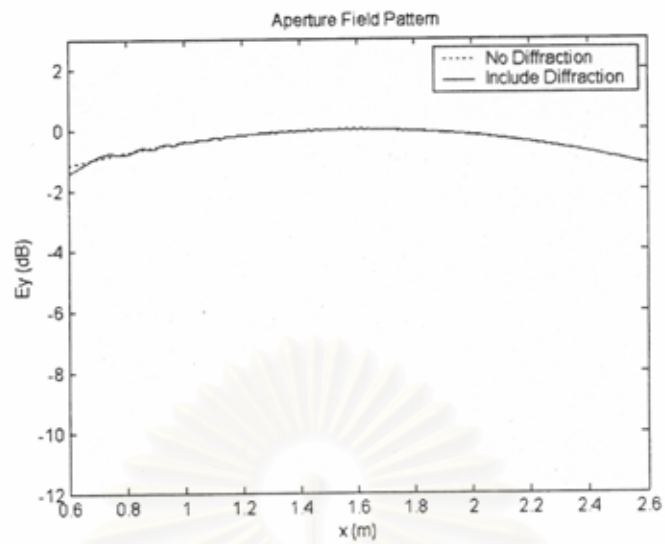


ค) แบบรูปขนาดยอดตามแนวนอน

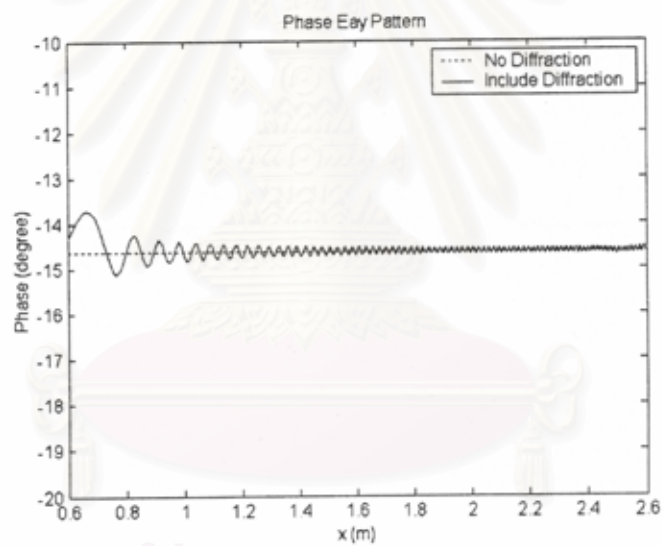


ง) แบบรูปวัฏภาคตามแนวนอน

รูปที่ ๑๕ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 20 GHz, $\beta = 10^\circ$ (ต่อ)

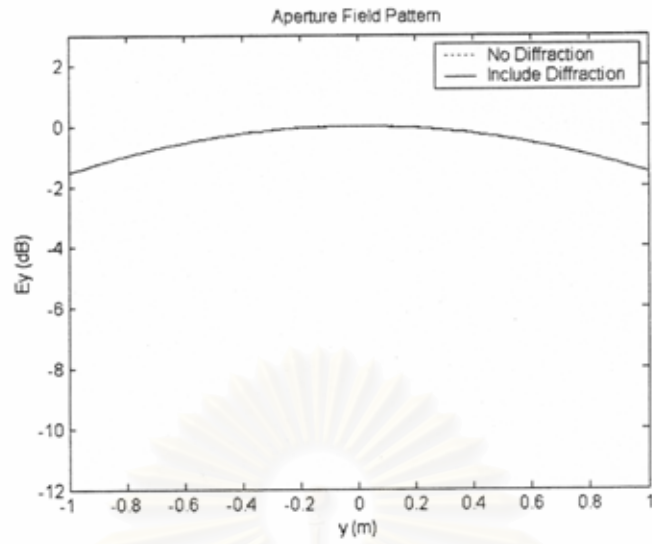


ก) แบบรูปขนาดยอดตามแนวตั้ง

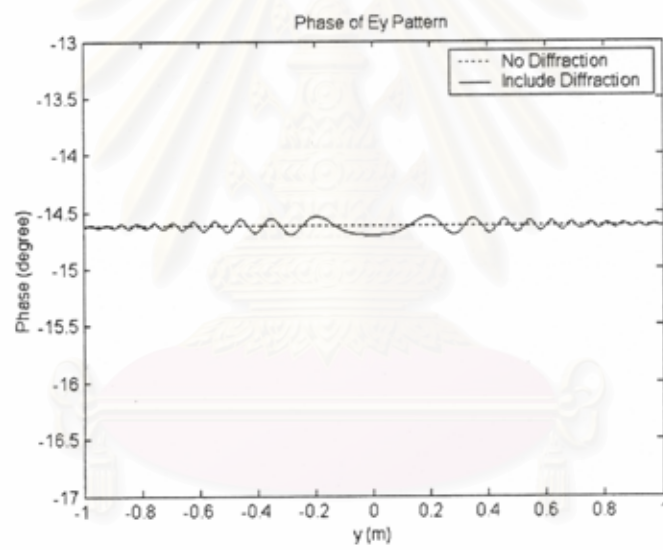


ข) แบบรูปวิฎภาคตามแนวตั้ง

รูปที่ ๑๕ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 40 GHz, $\beta = 10^\circ$

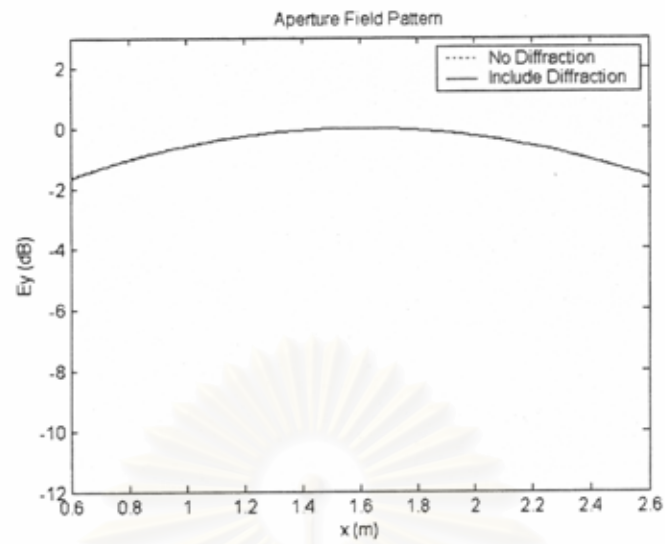


ค) แบบรูปขนาดยอดตามแนวนอน

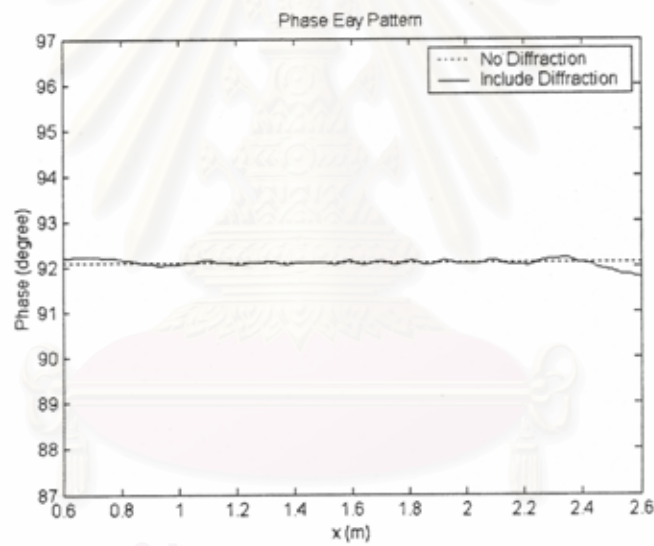


ง) แบบรูปวิภาคตามแนวนอน

รูปที่ ๑๕ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 40 GHz, $\beta = 10^\circ$ (ต่อ)

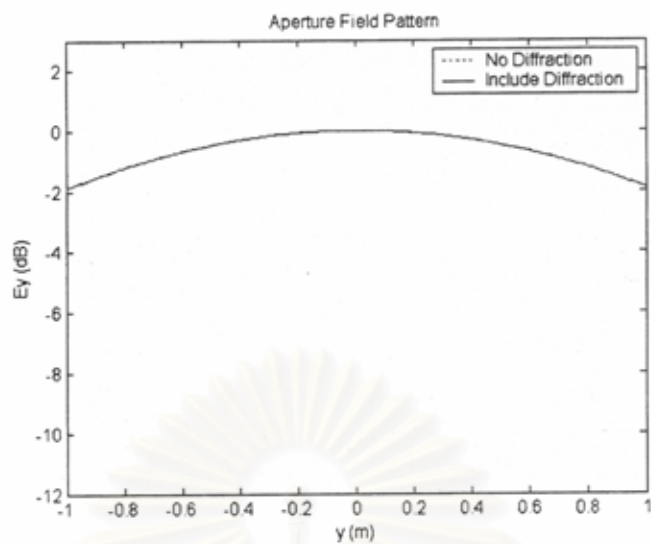


ก) แบบรูปขนาดยอดตามแนวตั้ง

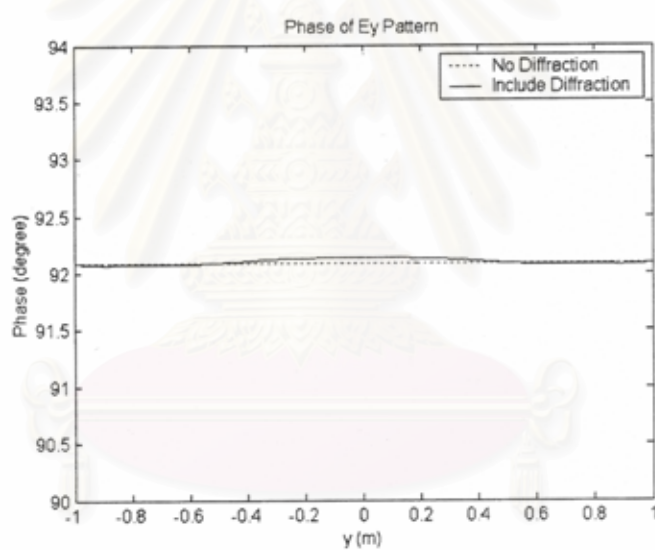


ข) แบบรูปวิฎภาคตามแนวตั้ง

รูปที่ ๑๖ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 8 GHz, $\beta = 15^\circ$

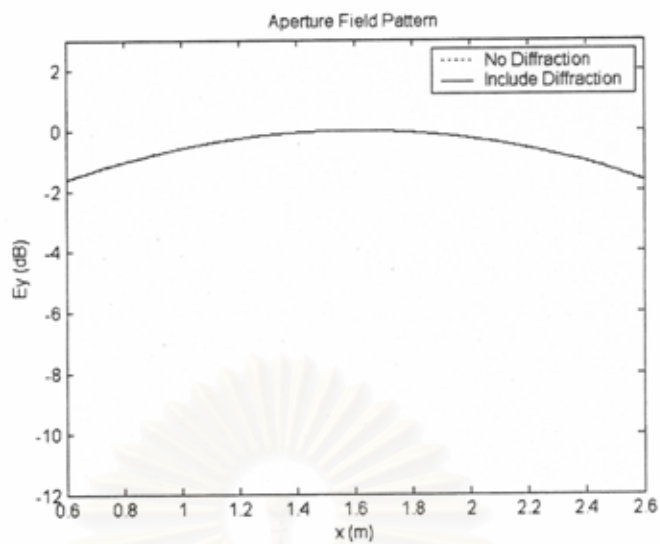


ค) แบบรูปขนาดยอดตามแนวนอน

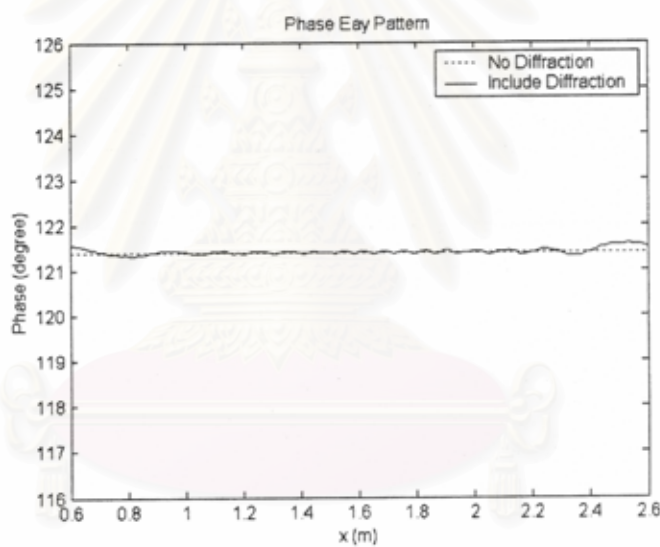


ง) แบบรูปวัฏภาคตามแนวนอน

รูปที่ ๑๖ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 8 GHz, $\beta = 15^\circ$ (ต่อ)



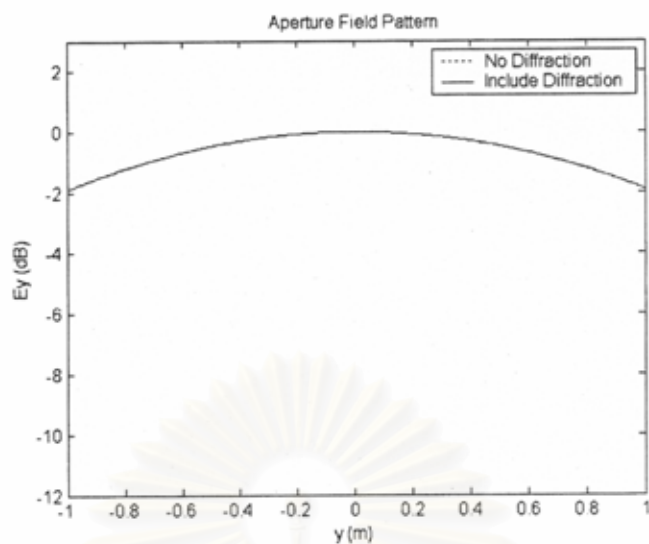
ก) แบบรูปขนาดยอดตามแนวตั้ง



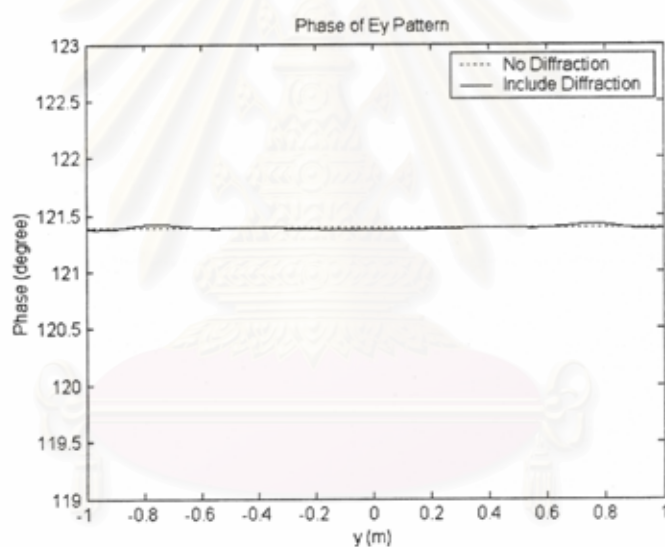
ข) แบบรูปวัฏภาคตามแนวตั้ง

รูปที่ ๑๗ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 12.5 GHz, $\beta = 15^\circ$

สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

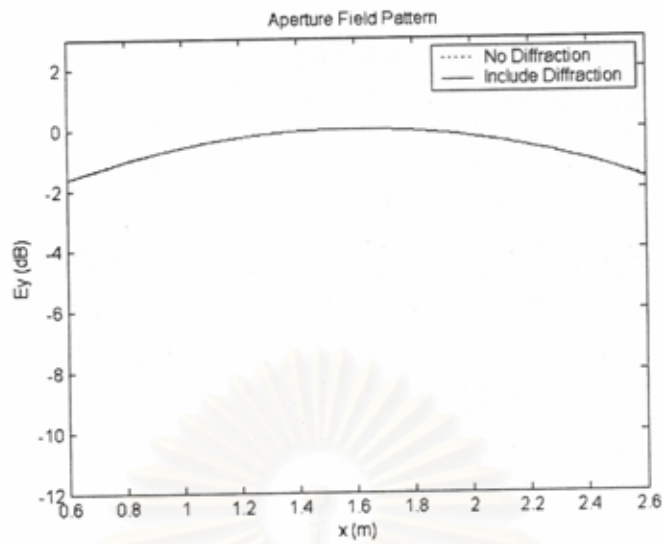


ค) แบบรูปขนาดยอดตามแนวนอน

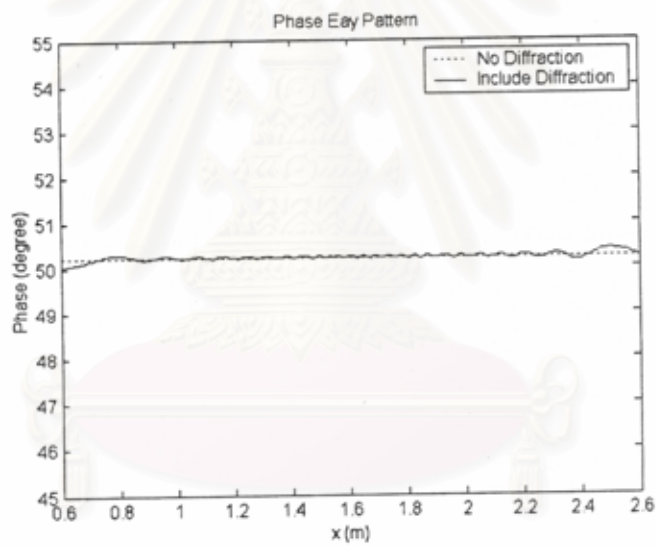


ง) แบบรูปวิถีภาคตามแนวนอน

รูปที่ ๑๗ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 12.5 GHz, $\beta = 15^\circ$ (ต่อ)

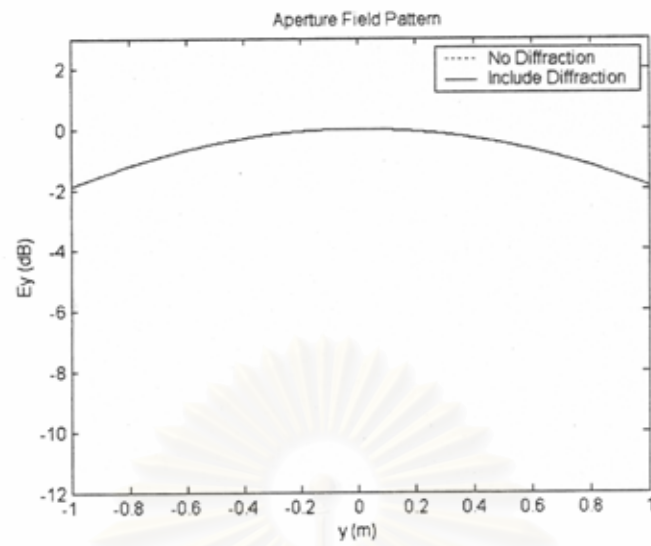


ก) แบบรูปขนาดยอดตามแนวตั้ง

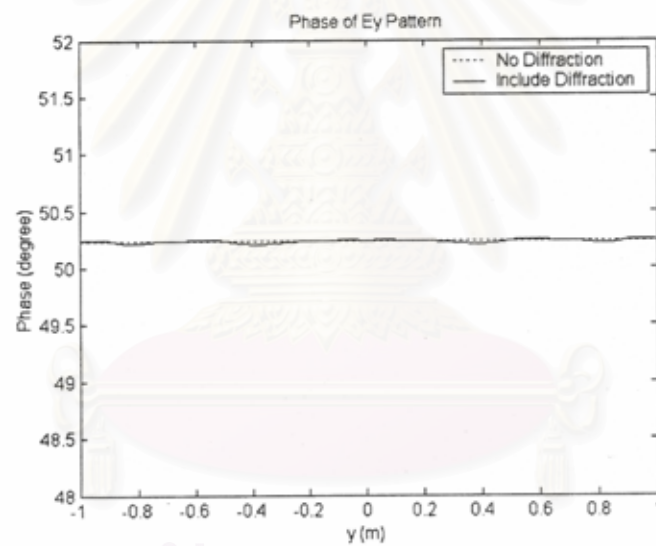


ข) แบบรูปวิฎภาคตามแนวตั้ง

รูปที่ ๑๘ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 20 GHz, beta 15°

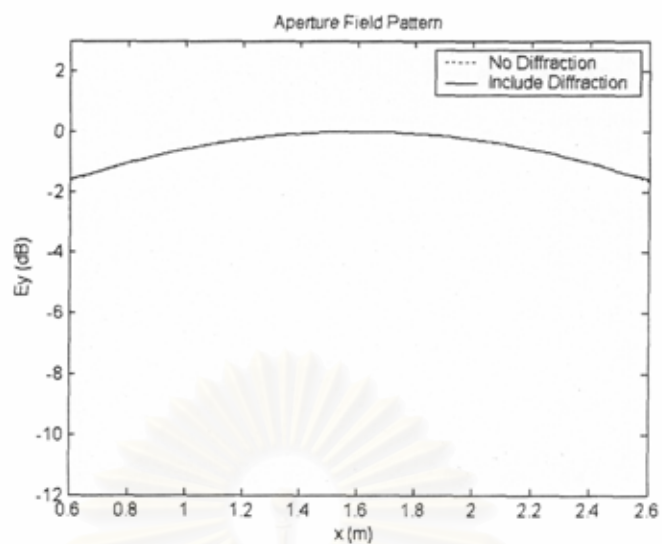


ค) แบบรูปขนาดยอดตามแนวนอน

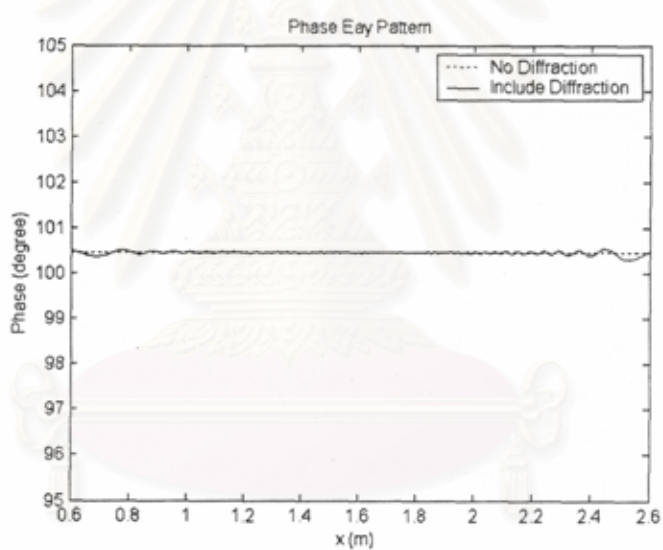


ง) แบบรูปวิภาคตามแนวนอน

รูปที่ ๑๘ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 20 GHz, $\beta = 15^\circ$ (ต่อ)



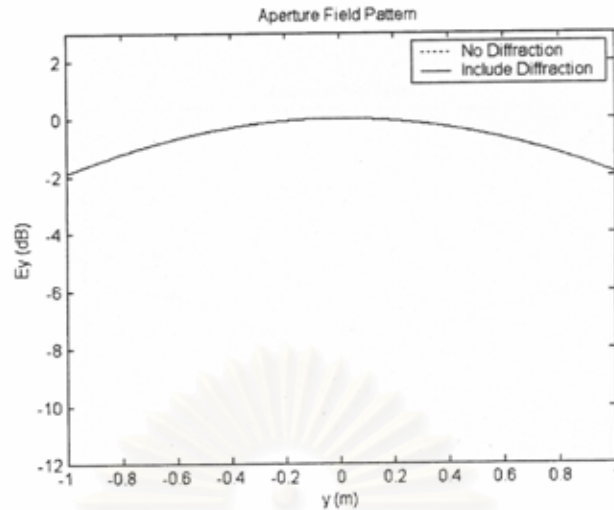
ก) แบบรูปขนาดย่อตามแนวตั้ง



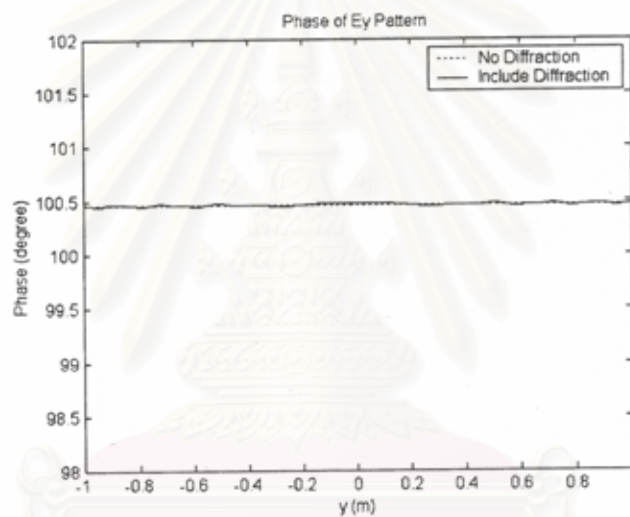
ข) แบบรูปวิภาคตามแนวตั้ง

รูปที่ ๑๙ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 40 GHz, $\beta = 15^\circ$

สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ค) แบบรูปขนาดยอดตามแนวนอน



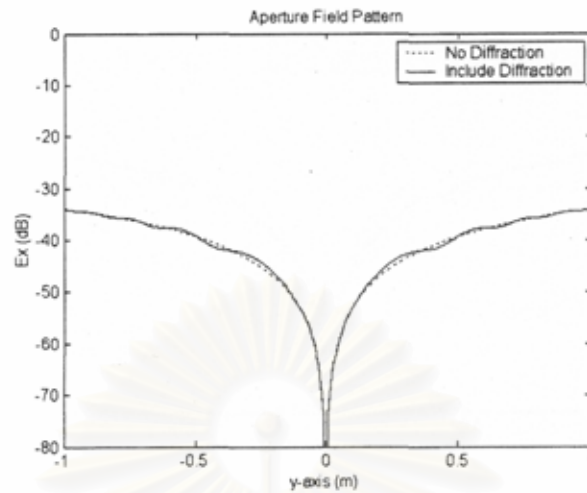
ง) แบบรูปวิภาคตามแนวนอน

รูปที่ ๑๙ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 40 GHz, $\beta = 15^\circ$ (ต่อ)

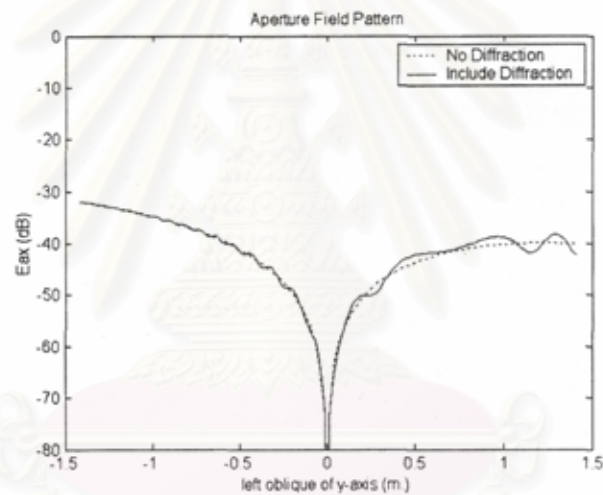
รูปที่ ๘ – รูปที่ ๑๑ แสดงให้เห็นความเปลี่ยนแปลงตามความถี่ในลักษณะที่พบการลดลงของระลอกในภาพการแจกแจงความเข้มของสนามทั้งส่วนการแจกแจงขนาดยอดและการแจกแจงวิภาค รูปที่ ๑๒ – รูปที่ ๑๕ และรูปที่ ๑๖ – รูปที่ ๑๙ ก็เป็นไปในทำนองเดียวกัน

เมื่อพิจารณา ณ ความถี่ใดความถี่หนึ่ง (รูปที่ ๘ รูปที่ ๑๒ และรูปที่ ๑๖ ความถี่ ๘ GHz, รูปที่ ๙ รูปที่ ๑๓ และรูปที่ ๑๗ ความถี่ ๘ GHz, รูปที่ ๑๐ รูปที่ ๑๔ และรูปที่ ๑๘ ความถี่ ๒๐ GHz, รูปที่ ๑๑ รูปที่ ๑๕ และรูปที่ ๑๙ ความถี่ ๔๐ GHz) จะเห็นว่าการปรับการวางตัวของตัวสะท้อนรอง (β) ทำให้ขนาดระลอกในภาพการแจกแจงความเข้มของสนามทั้งส่วนการแจกแจงขนาดยอดและการแจกแจงวิภาคลดลง ปรากฏการณ์นี้ชี้ให้เห็นว่าการปรับการวางตัวของตัวสะท้อนรองทำให้มีการเปลี่ยนแปลงการสาดส่องกำลังคลื่นบนตัวสะท้อนหลัก

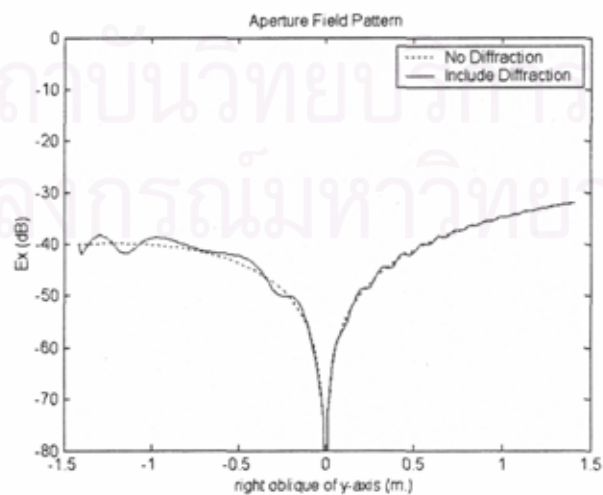
๒.๔.๒ ภาพการแจกแจงความเข้มสนามไฟฟ้าโพลาริเซชันไซ



ก) การแจกแจงขนาดตามแนวนอนเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน

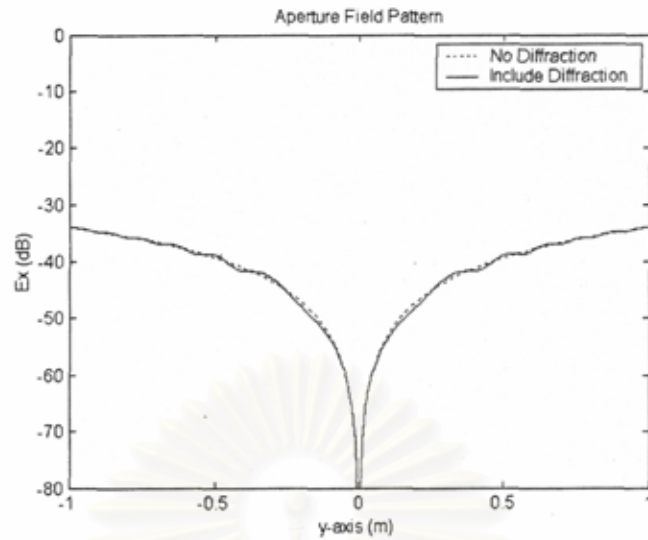


ข) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงซ้ายเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน

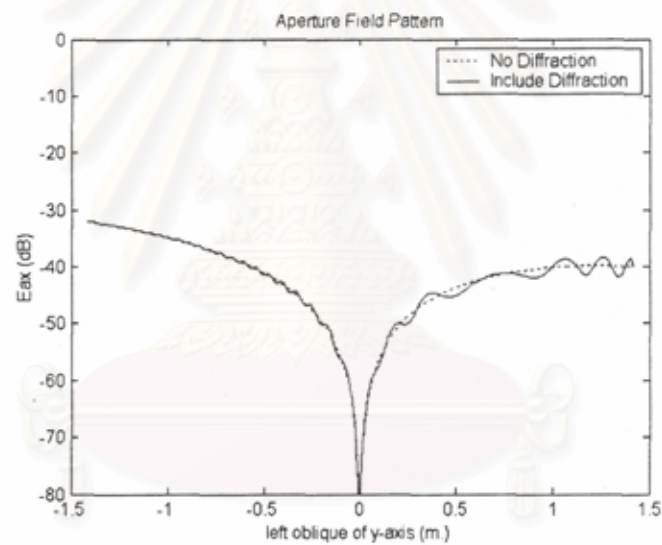


ค) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงขวาเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน

รูปที่ ๒๐ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 8 GHz, $\beta = 5^\circ$

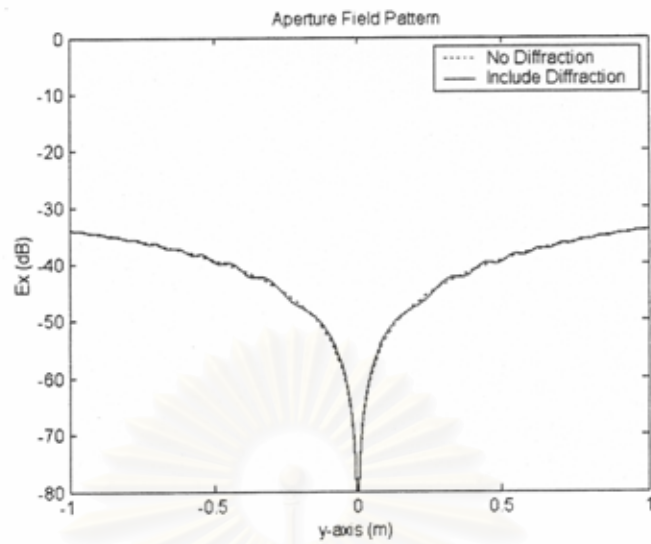


ก) การแจกแจงขนาดตามแนวอนเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน

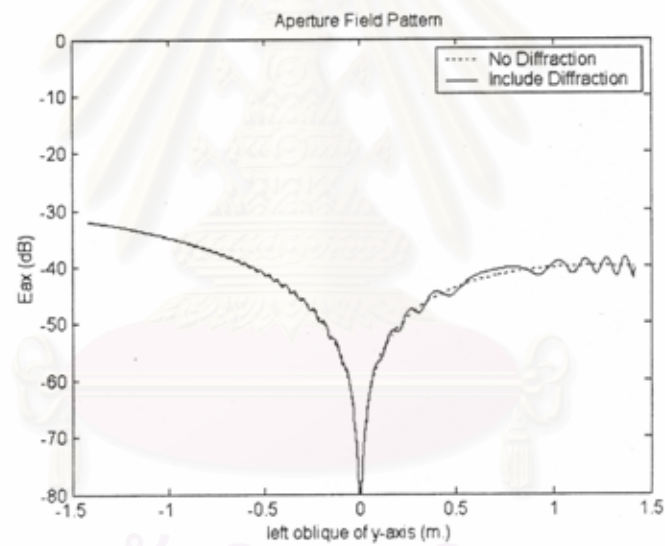


ข) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงซ้ายเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน

รูปที่ ๒๑ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 12.5 GHz, $\beta = 5^\circ$

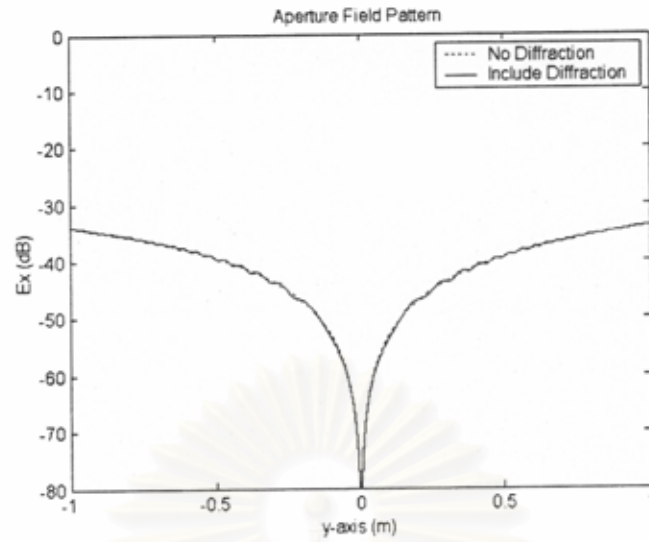


ก) การแจกแจงขนาดตามแนวอนเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน

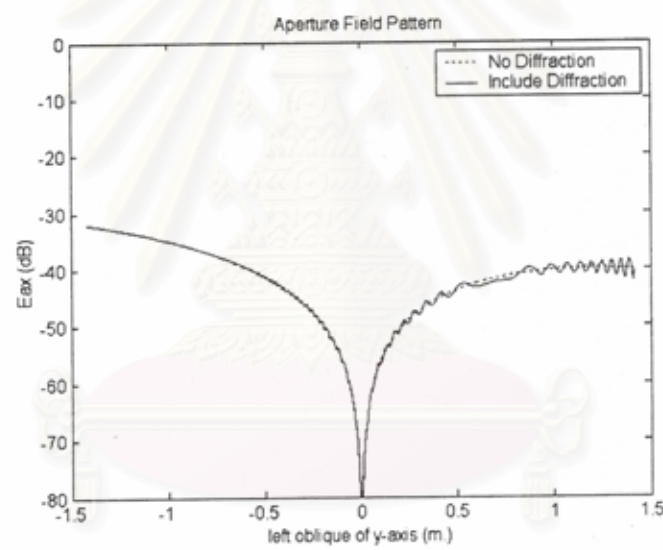


ข) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงซ้ายเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน

รูปที่ ๒๒ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 20 GHz, beta 5°



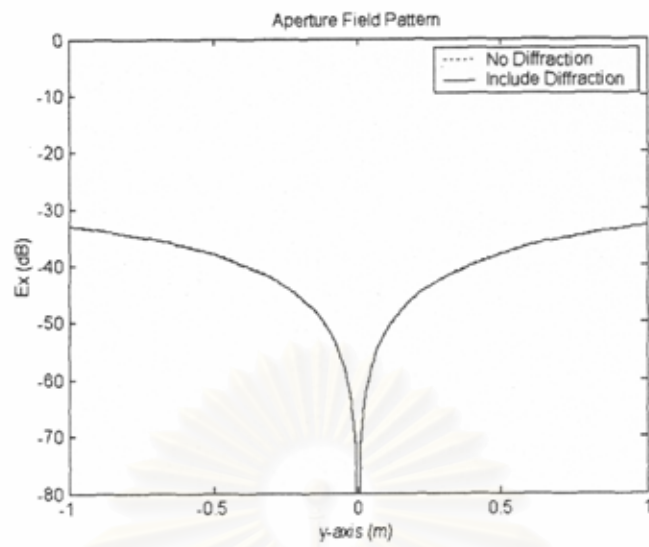
ก) การแจกแจงขนาดตามแนวนอนเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน



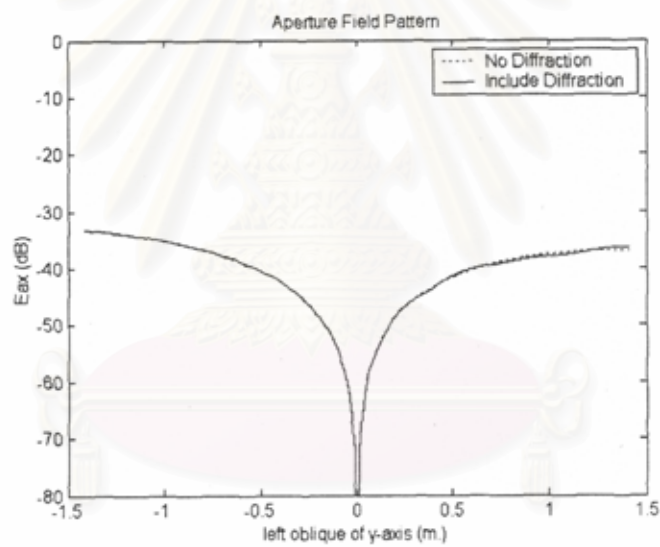
ข) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงซ้ายเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน

รูปที่ ๒๓ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 40 GHz, $\beta = 5^\circ$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

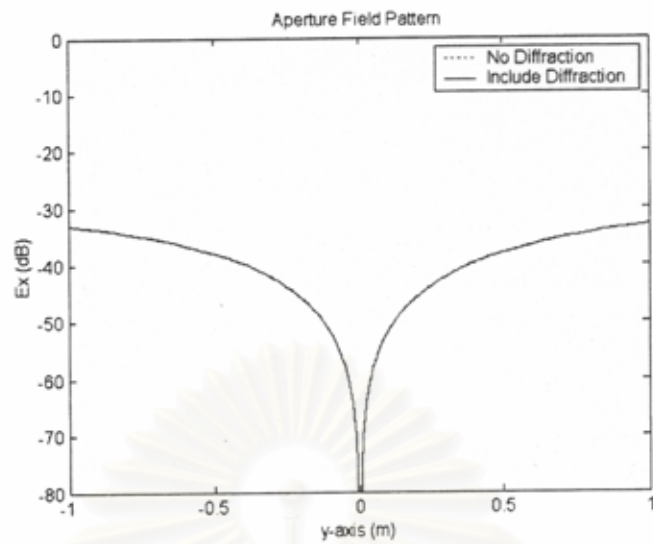


ก) การแจกแจงขนาดตามแนวอนเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน

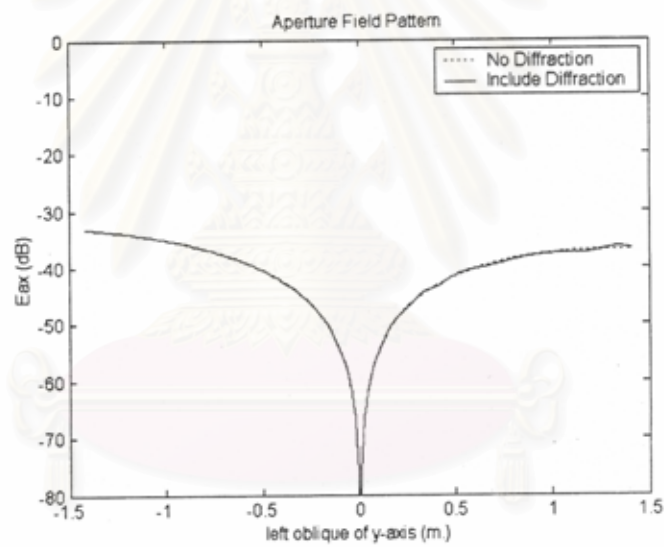


ข) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงซ้ายเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน

รูปที่ ๒๔ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 8 GHz, beta 10°

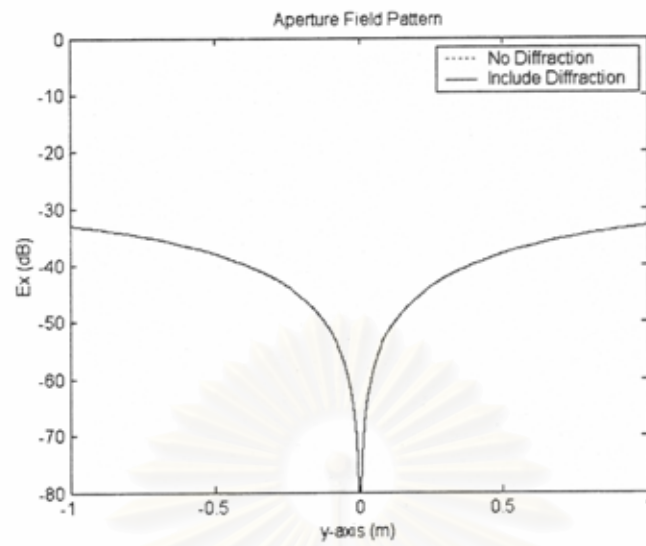


ก) การแจกแจงขนาดตามแนวอนเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน

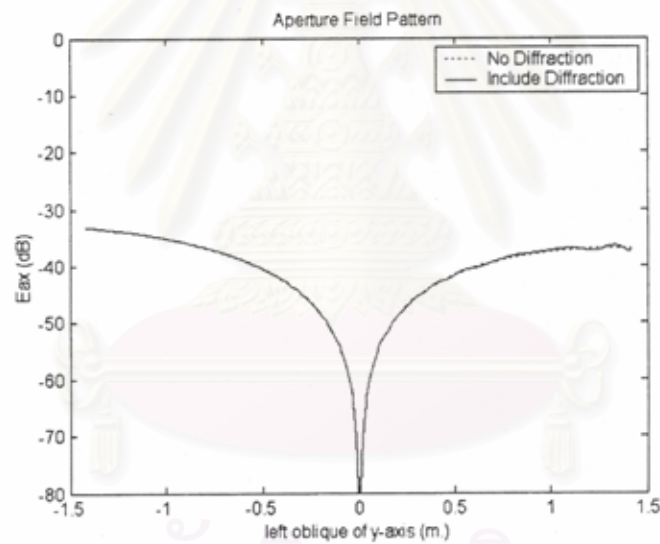


ข) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงซ้ายเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน

รูปที่ ๒๕ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 12.5 GHz, $\beta = 10^\circ$

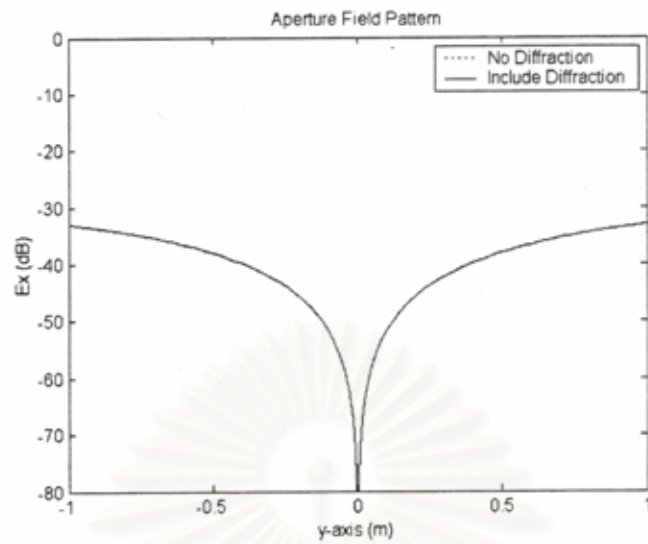


ก) การแจกแจงขนาดตามแนวนอนเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน

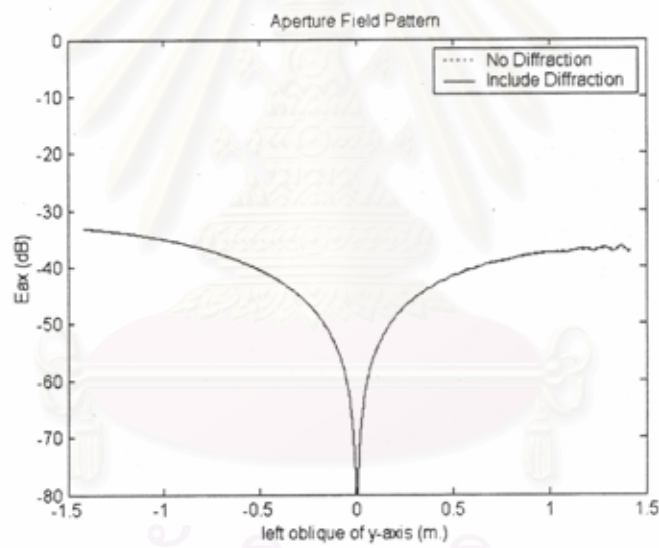


ข) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงซ้ายเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน

รูปที่ ๒๖ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 20 GHz, $\beta = 10^\circ$

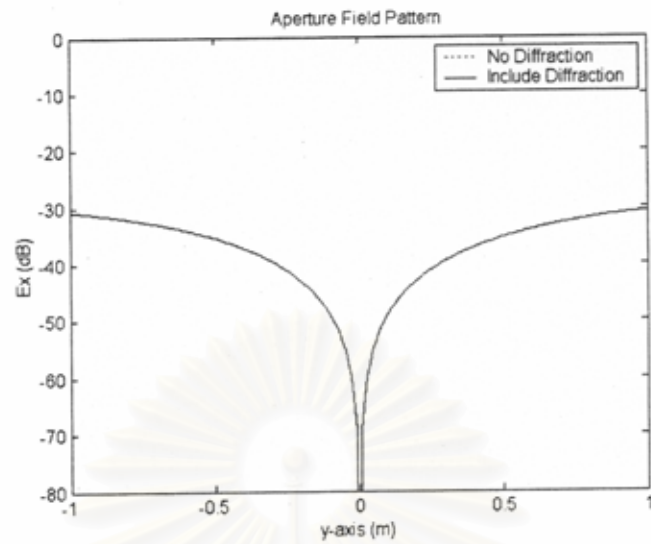


ก) การแจกแจงขนาดตามแนวนอนเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน

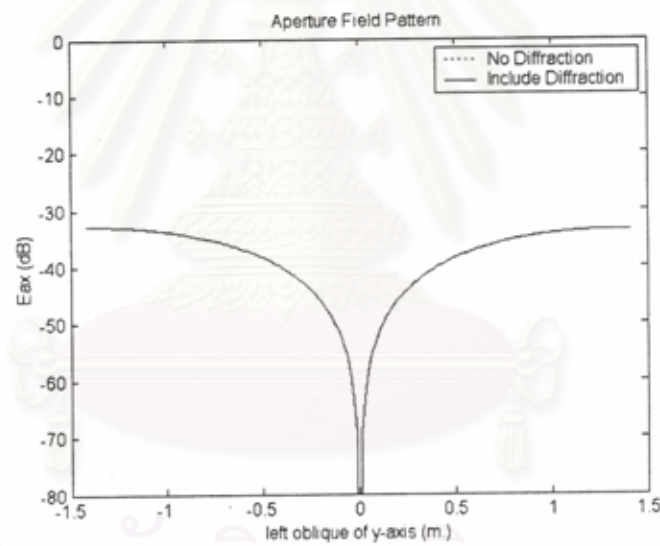


ข) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงซ้ายเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน

รูปที่ ๒๗ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 40 GHz, beta 10°

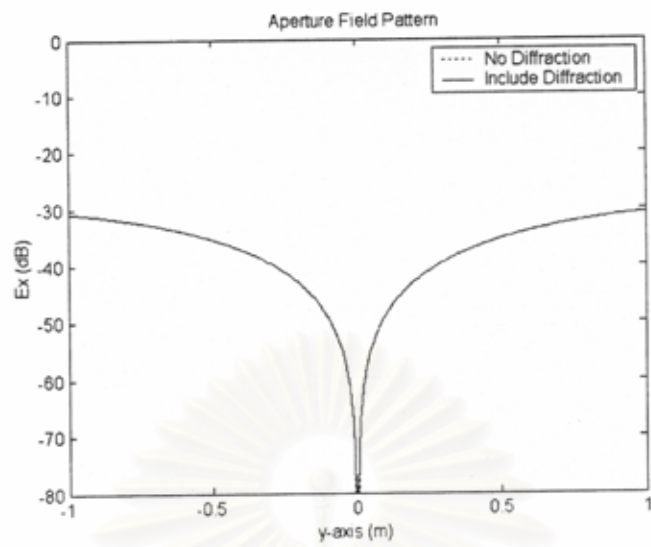


ก) การแจกแจงขนาดตามแนวนอนเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน

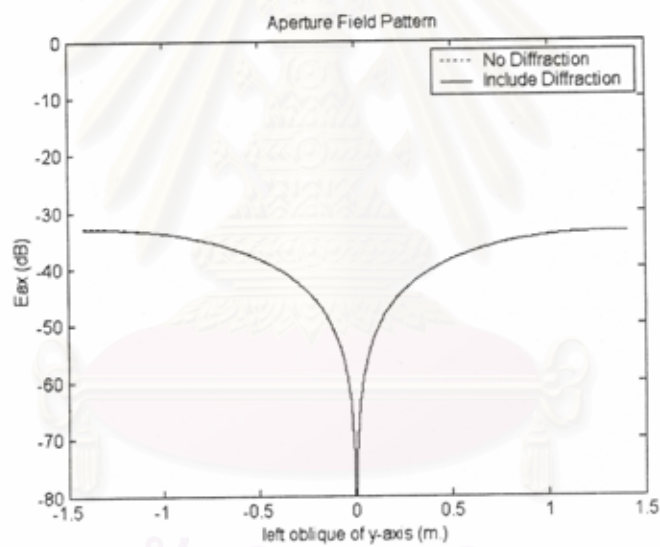


ข) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงซ้ายเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน

รูปที่ ๒๘ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 8 GHz, $\beta = 15^\circ$

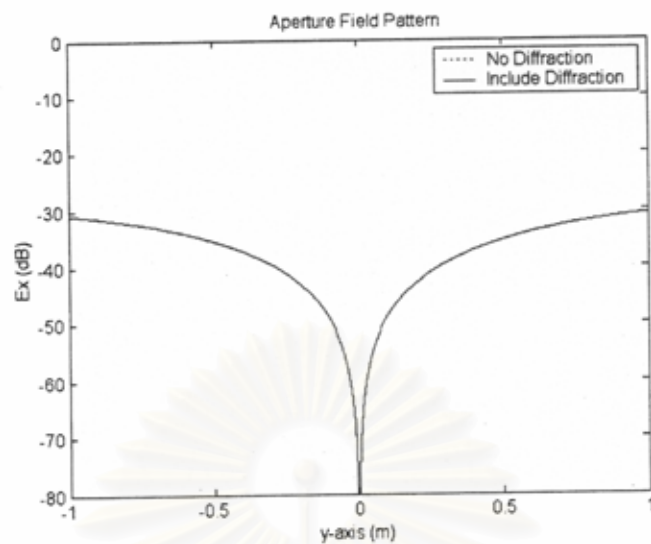


ก) การแจกแจงขนาดตามแนวนอนเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน

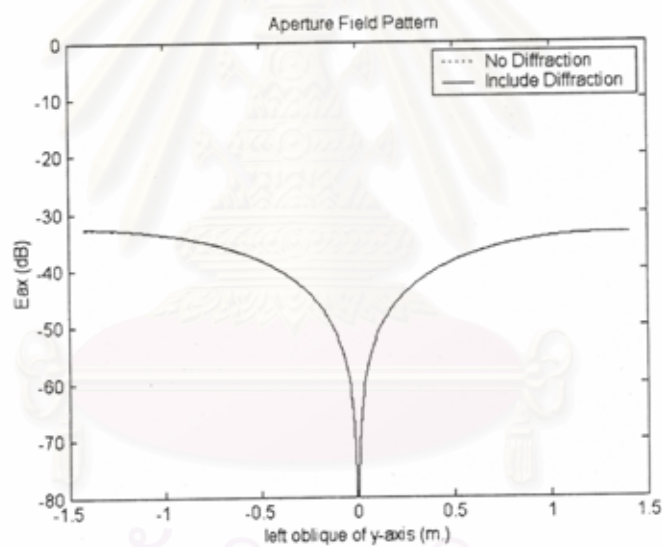


ข) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงซ้ายเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน

รูปที่ ๒๙ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 12.5 GHz, beta 15°

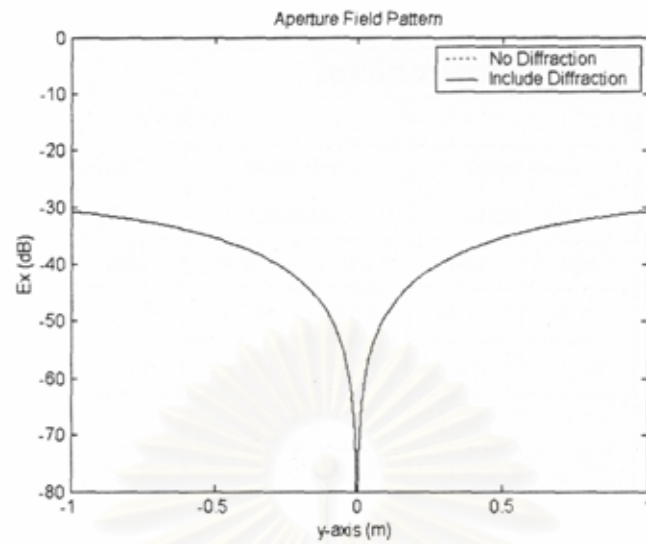


ก) การแจกแจงขนาดตามแนวนอนเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน

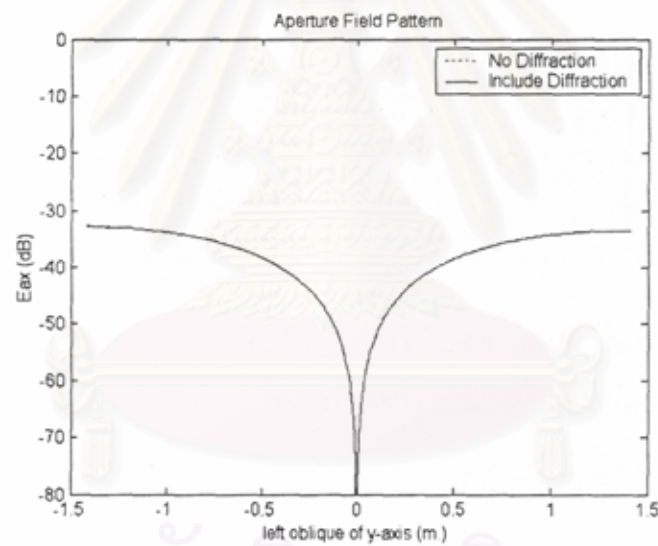


ข) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงซ้ายเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน

รูปที่ ๓๐ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 20 GHz, beta 15°



ก) การแจกแจงขนาดตามแนวนอนเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน



ข) การแจกแจงขนาดตามแนวทแยงซ้ายเมื่อมองเข้าหาตัวสะท้อน

รูปที่ ๓๑ ภาพการแจกแจงความเข้มสนาม กรณีความถี่ 40 GHz, $\beta = 15^\circ$

ตารางที่ ๑ สรุปผลการเปลี่ยนแปลงของสนามเมื่อ β เปลี่ยนแปลง

Freq. (GHz)	β (degree)	โพลาริเซชันร่วม								โพลาริเซชัน ไขว้ (dB)
		x - plane				y - plane				
		magnitude ripple (dB)		phase ripple (degree)		magnitude ripple (dB)		phase ripple (degree)		
		max	min	max	min	max	min	max	min	
8	5	0.24	-0.30	1.74	-2.23	0.11	-0.07	0.93	-0.61	-36.35
	10	0.06	-0.05	0.44	-0.34	0.02	-0.02	0.11	-0.18	-36.15
	15	0.01	-0.01	0.06	-0.06	0.005	0.004	0.04	-0.01	-33.88
12.5	5	0.26	-0.22	1.35	-1.57	0.08	-0.10	0.60	-0.75	-36.22
	10	0.06	-0.05	0.29	-0.33	0.02	-0.02	0.12	-0.13	-36.24
	15	0.009	-0.007	0.04	-0.06	0.0006	-0.003	-0.004	-0.02	-33.93
20	5	0.18	-0.21	1.27	-1.37	0.09	-0.08	0.46	-0.54	-36.15
	10	0.04	-0.04	0.28	-0.26	0.02	-0.02	0.11	-0.09	-36.19
	15	0.01	-0.01	0.04	-0.04	0.003	-0.004	0.02	-0.02	-33.93
40	5	0.15	-0.14	0.91	-0.97	0.06	-0.06	0.40	-0.40	-36.25
	10	0.03	-0.03	0.19	-0.20	0.01	-0.01	0.08	-0.08	-36.22
	15	0.005	-0.005	0.03	-0.03	0.003	-0.002	0.02	-0.01	-33.94

หมายเหตุ : magnitude ripple และ phase ripple ของการจำลองสถานการณ์แต่ละกรณีได้จากการเปรียบเทียบกับสนามหน้าจันที่ได้จากกรรมวิธีทัศนศาสตร์เรขาคณิต

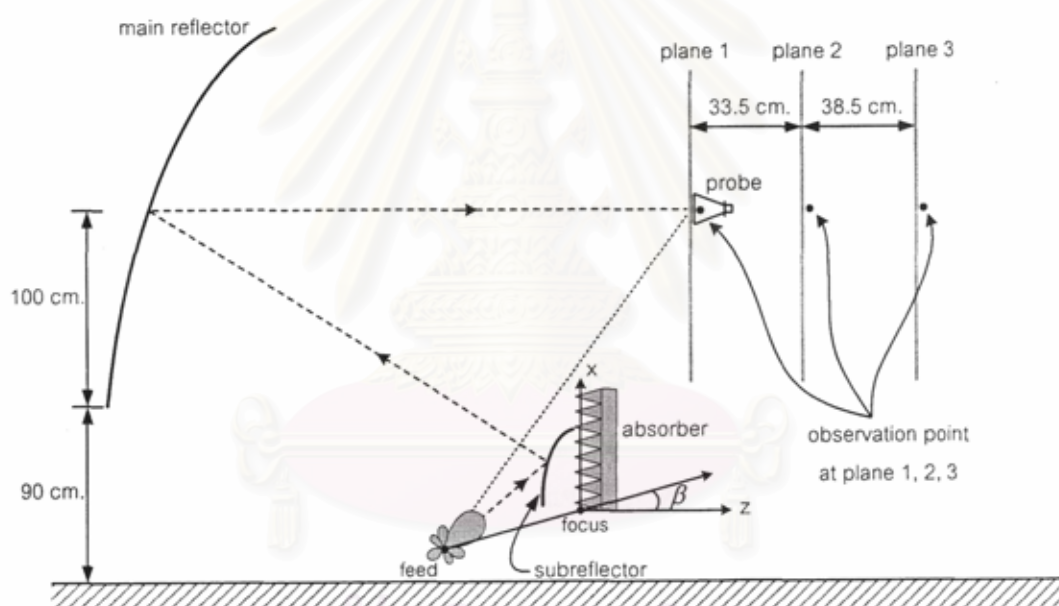
รูปที่ ๒๐ - รูปที่ ๓๑ แสดงภาพการแจกแจงความเข้มสนามในแนวโพลาริเซชันไขว้ รูปที่ ๒๐ แสดงภาพทุกแนวที่มีระดับโพลาริเซชันไขว้สูง รูปที่ ๒๑ - รูปที่ ๓๑ แสดงเฉพาะกรณีที่มีระดับโพลาริเซชันไขว้มีค่าสูงที่สุด ตัวเลขระดับโพลาริเซชันไขว้ของทุกกรณีความถี่และการปรับการวางตัวของตัวสะท้อนมีสรุปรวมไว้ในตารางที่ ๑ พร้อมกับตัวเลขของระลอกบนภาพการแจกแจงความเข้มสนามในแนวโพลาริเซชันร่วม

เมื่อพิจารณาตัวเลขระดับโพลาริเซชันไขว้ในตารางที่ ๑ จะเห็นว่าค่าระดับโพลาริเซชันไขว้ไม่เปลี่ยนแปลงเท่าใดนักเมื่อความถี่เปลี่ยนแปลง ขณะที่ระดับโพลาริเซชันไขว้มีการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้เมื่อปรับการวางตัวของตัวสะท้อนรอง กรณี $\beta = 5^\circ$ และ $\beta = 10^\circ$ ระดับโพลาริเซชันไขว้มีค่าใกล้เคียงกัน และต่ำกว่ากรณี $\beta = 15^\circ$ ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นทุกกรณีความถี่ แสดงให้เห็นว่าเมื่อ β มีค่ามากขึ้นไป ชีตความสามารถในการลดระดับโพลาริเซชันไขว้

จะลดลง อันเป็นผลจากความไม่สามารถปรับให้การสาดส่องกำลังคลื่นบนตัวสะท้อนหลักมีความสมมาตรเพียงพอ

๒.๕ ผลการทดลองลดระดับโพลาไรเซชันไขว้ด้วยตัวสะท้อนรอง

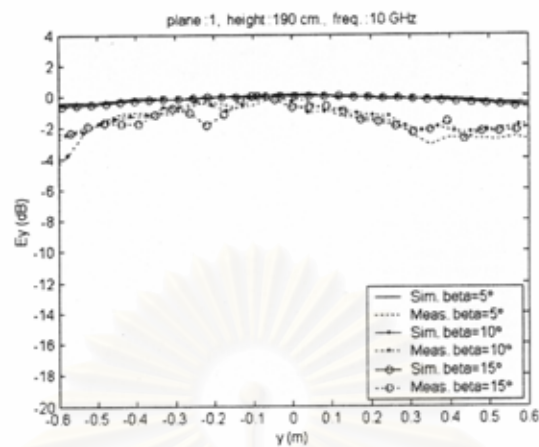
การทดลองปรับตัวสะท้อนรองเพื่อลดระดับโพลาไรเซชันไขว้ทำที่ความถี่ ๑๐ GHz และ ๑๕.๕ GHz เท่านั้น (ผู้วิจัยหลักมีประสงค์จะดำเนินการต่อให้สิ้นสุดโครงการตามที่เสนอไว้และบัดนี้ได้ลาออกจากราชการเป็นเวลากว่า ๕ เดือนแล้ว) การกวาดวัดและผังระบบวัดเป็นดังแสดงในรูปที่ ๓๒ ตัวสะท้อนรองมีขนาด 30x30 cm. มีการปรับมุมเอียงของตัวสะท้อนรอง $\beta=5^\circ, 10^\circ$ และ 15° ผลการทดลองแสดงในรูปที่ ๓๓ ถึงรูปที่ ๔๒



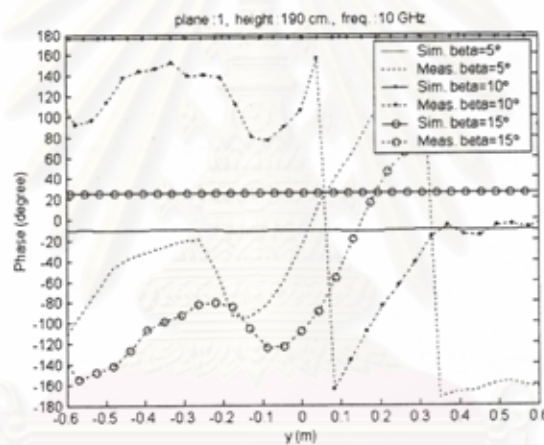
รูปที่ ๓๒ ผังระบบวัดในการทดลองลดระดับโพลาไรเซชันไขว้ด้วยตัวสะท้อนรอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

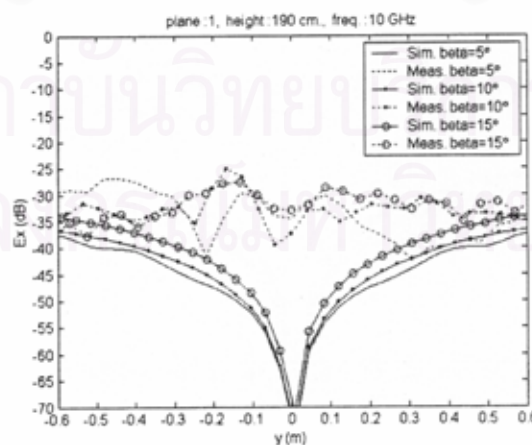
ความถี่ ๑๐ GHz



ก) การแจกแจงขนาดยอดของโพลาริเซชันร่วม



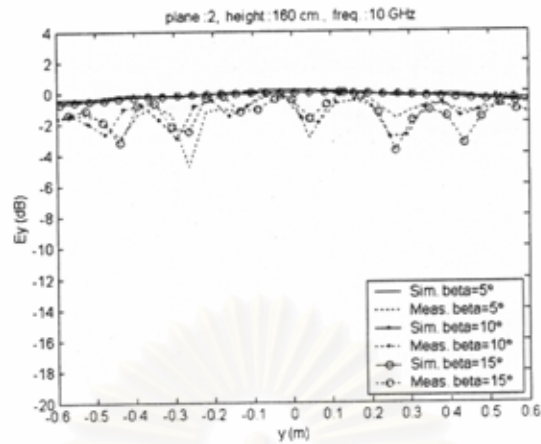
ข) การแจกแจงวัฏภาค



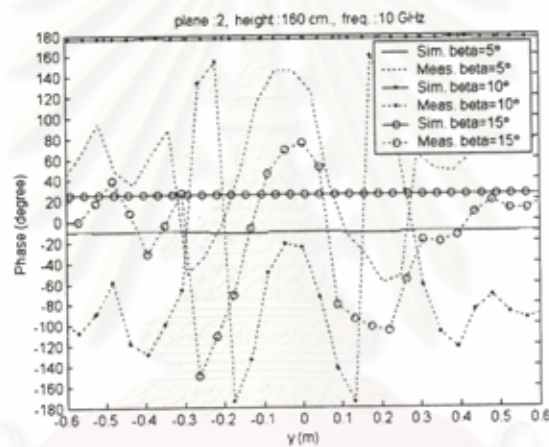
ค) การแจกแจงขนาดยอดของโพลาริเซชันไขว้

รูปที่ ๓๓ การแจกแจงขนาดยอดและวัฏภาค ณ ระนาบ 1 ความสูง 190 cm.

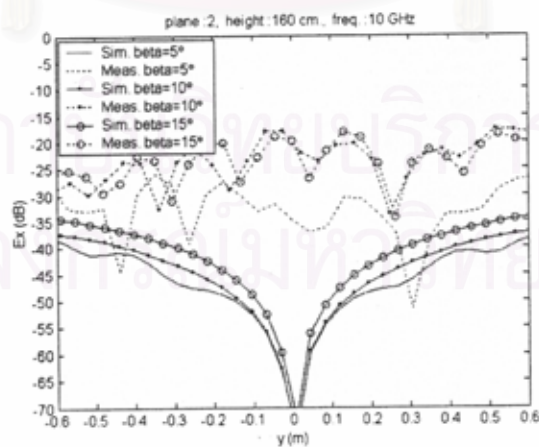
ความถี่ 10 GHz



ก) การแจกแจงขนาดยอดของโพลาริเซชันร่วม



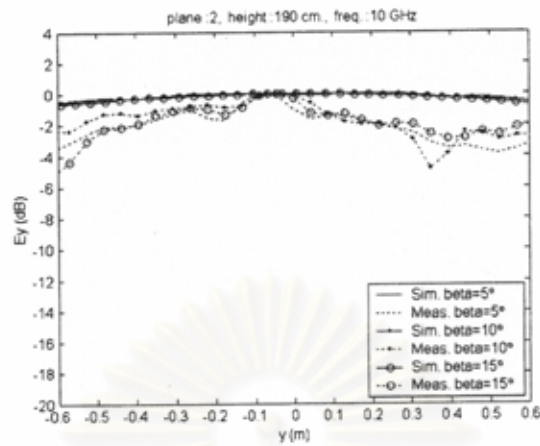
ข) การแจกแจงวิภาค



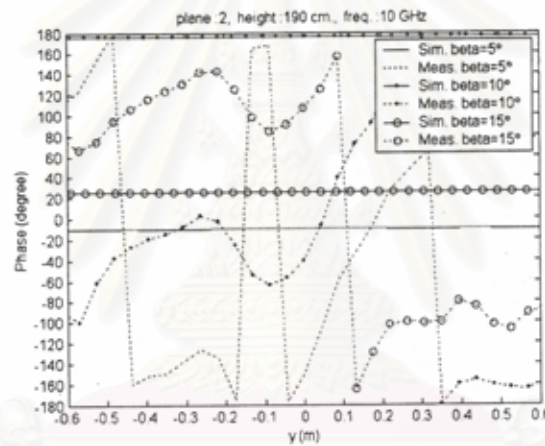
ค) การแจกแจงขนาดยอดของโพลาริเซชันไขว้

รูปที่ ๓๔ การแจกแจงขนาดยอดและวิภาค ณ ระนาบ 2 ความสูง 160 cm.

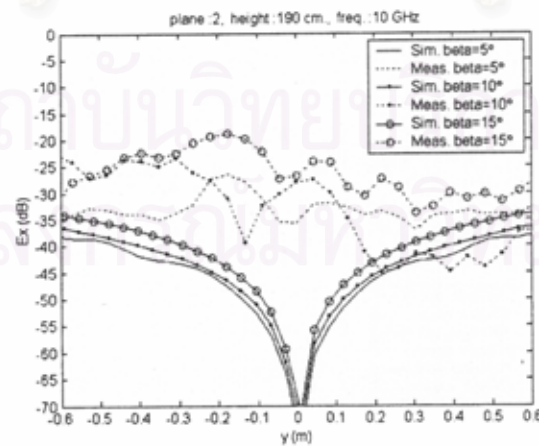
ความถี่ ๑๐ GHz



ก) การแจกแจงขนาดยอดของโพลาริเซชันร่วม



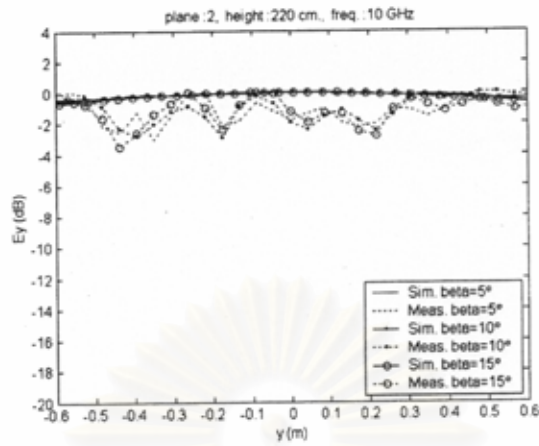
ข) การแจกแจงวัฏภาค



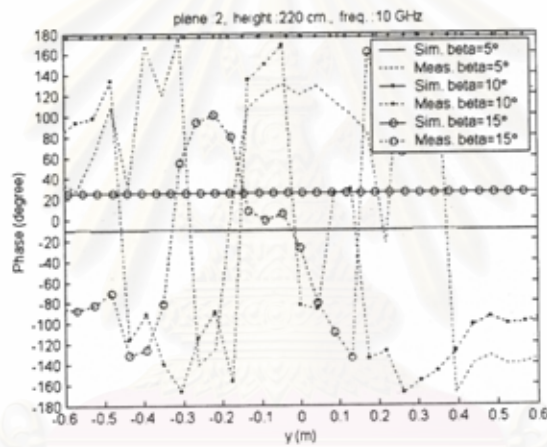
ค) การแจกแจงขนาดยอดของโพลาริเซชันไขว้

รูปที่ ๓๕ การแจกแจงขนาดยอดและวัฏภาค ณ ระนาบ 2 ความสูง 190 cm.

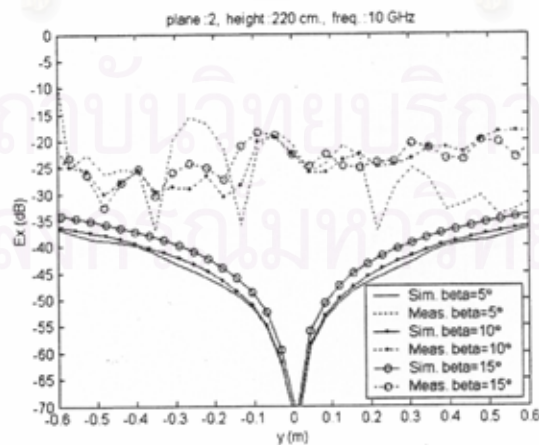
ความถี่ 10 GHz



ก) การแจกแจงขนาดยอดของโพลาริเซชันร่วม



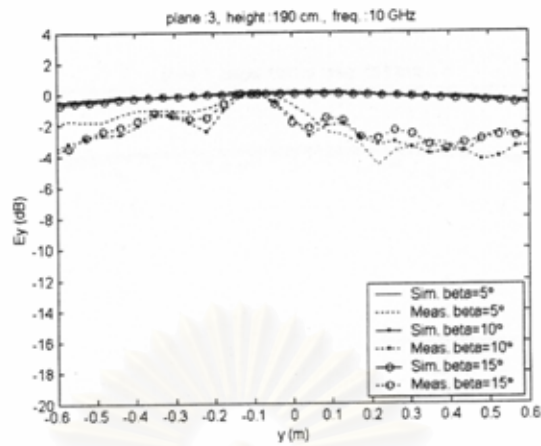
ข) การแจกแจงวิภาค



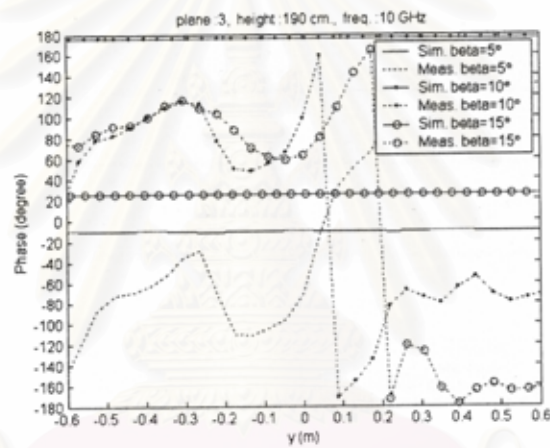
ค) การแจกแจงขนาดยอดของโพลาริเซชันไขว้

รูปที่ ๓๖ การแจกแจงขนาดยอดและวิภาค ณ ระนาบ 2 ความสูง 220 cm.

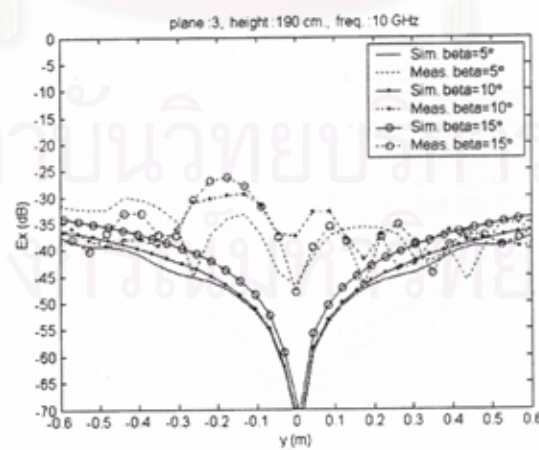
ความถี่ 10 GHz



ก) การแจกแจงขนาดยอดของโพลาริเซชันร่วม



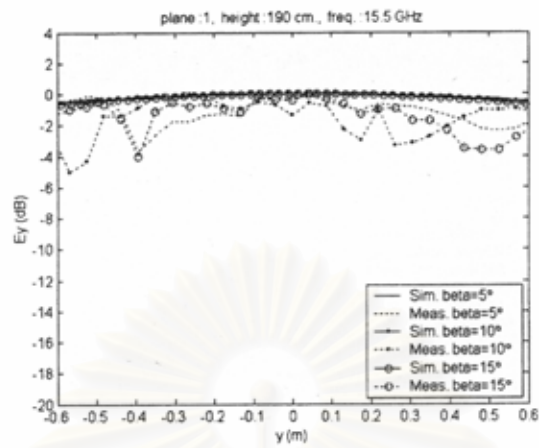
ข) การแจกแจงวัฏภาค



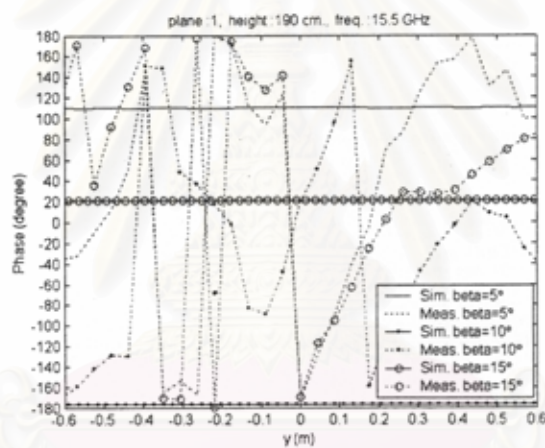
ค) การแจกแจงขนาดยอดของโพลาริเซชันไขว้

รูปที่ ๓๗ การแจกแจงขนาดยอดและวัฏภาค ณ ระนาบ 3 ความสูง 190 cm.

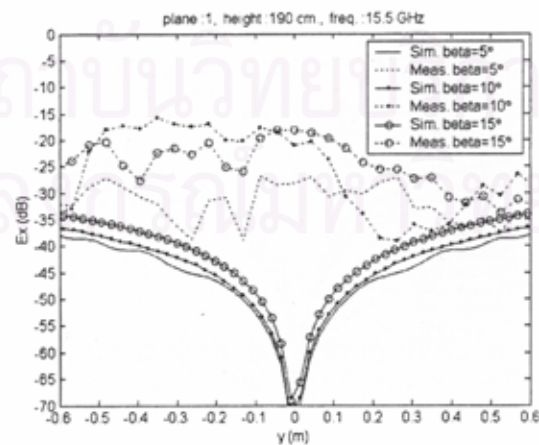
ความถี่ ๑๕.๕ GHz



ก) การแจกแจงขนาดยอดของโพลาริเซชันร่วม



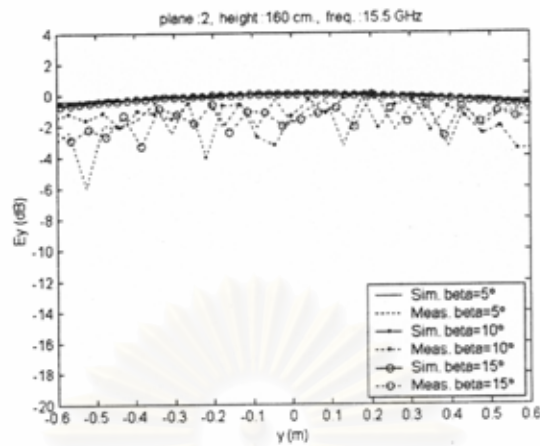
ข) การแจกแจงวัฏภาค



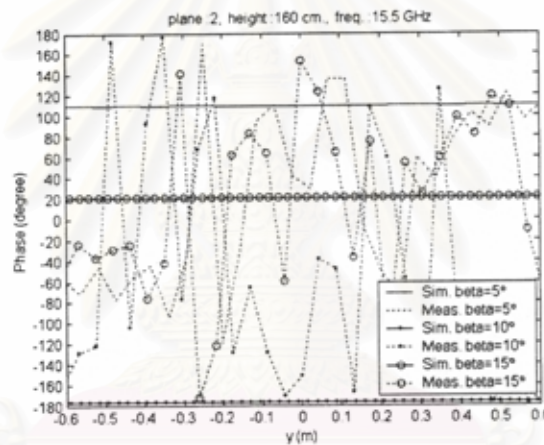
ค) การแจกแจงขนาดยอดของโพลาริเซชันไขว้

รูปที่ ๓๘ การแจกแจงขนาดยอดและวัฏภาค ณ ระนาบ 1 ความสูง 190 cm.

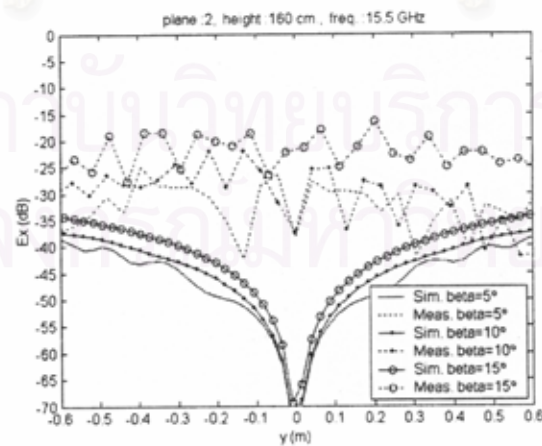
ความถี่ ๑๕.๕ GHz



ก) การแจกแจงขนาดยอดของโพลาริเซชันร่วม



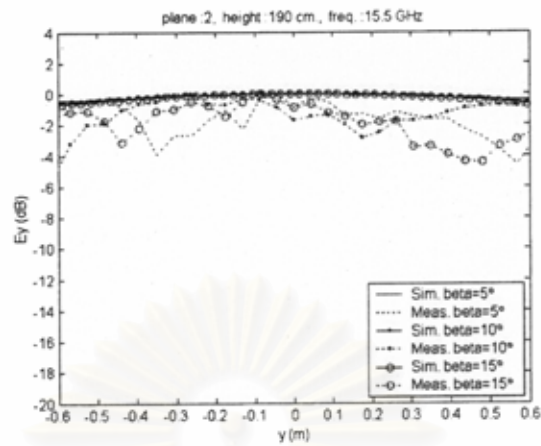
ข) การแจกแจงวัฏภาค



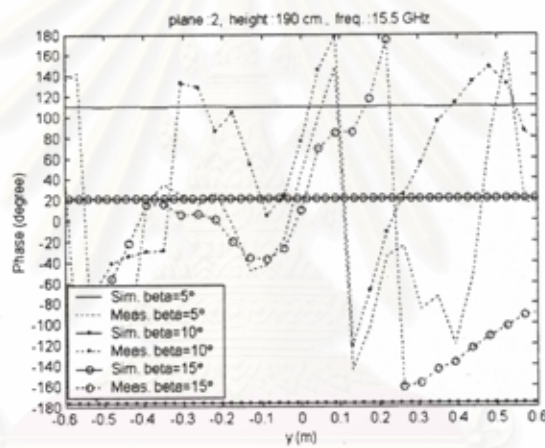
ค) การแจกแจงขนาดยอดของโพลาริเซชันไขว้

รูปที่ ๓๙ การแจกแจงขนาดยอดและวัฏภาค ณ ระนาบ 2 ความสูง 160 cm.

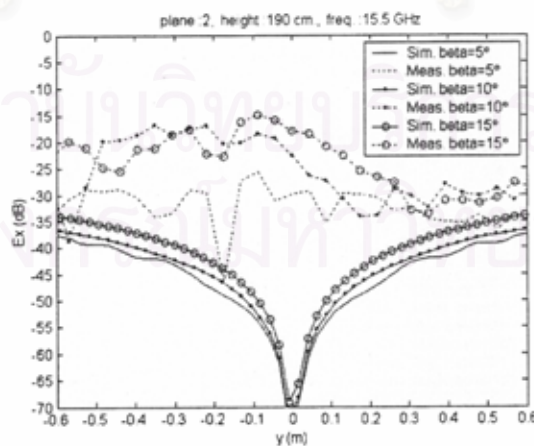
ความถี่ ๑๕.๕ GHz



ก) การแจกแจงขนาดยอดของโพลาริเซชันร่วม



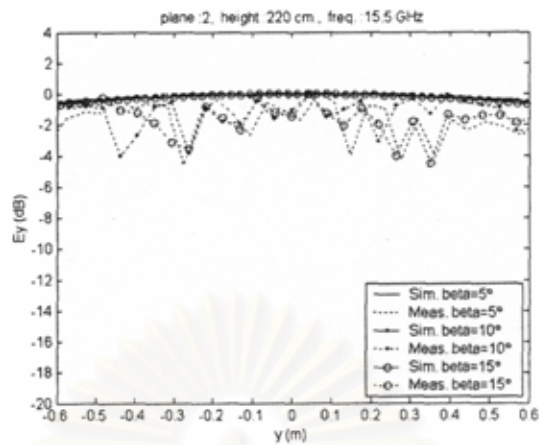
ข) การแจกแจงวิถุภาค



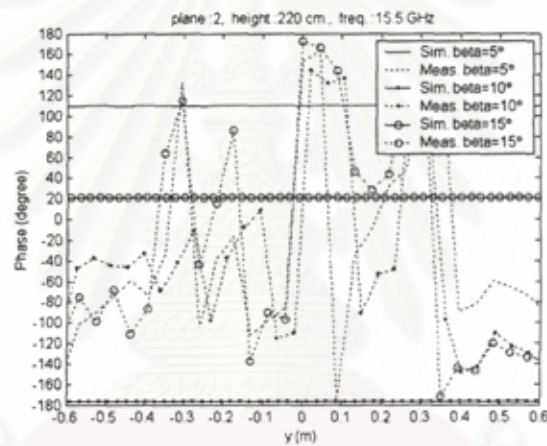
ค) การแจกแจงขนาดยอดของโพลาริเซชันไขว้

รูปที่ ๔๐ การแจกแจงขนาดยอดและวิถุภาค ณ ระนาบ 2 ความสูง 190 cm.

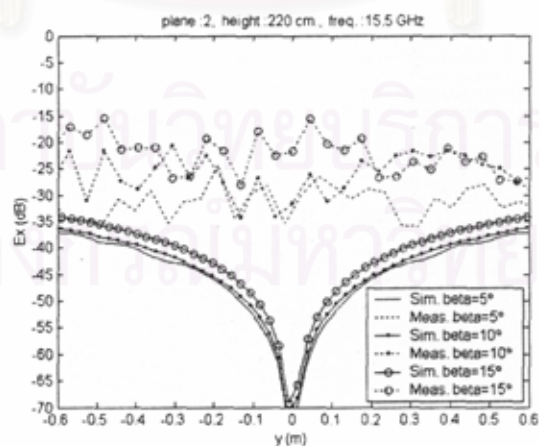
ความถี่ ๑๕.๕ GHz



ก) การแจกแจงขนาดยอดของโพลาริเซชันร่วม



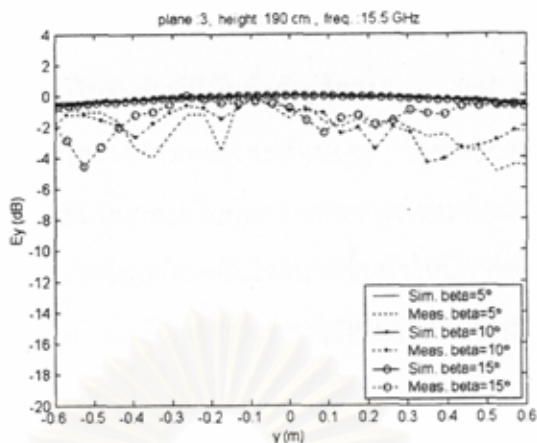
ข) การแจกแจงวัฏภาค



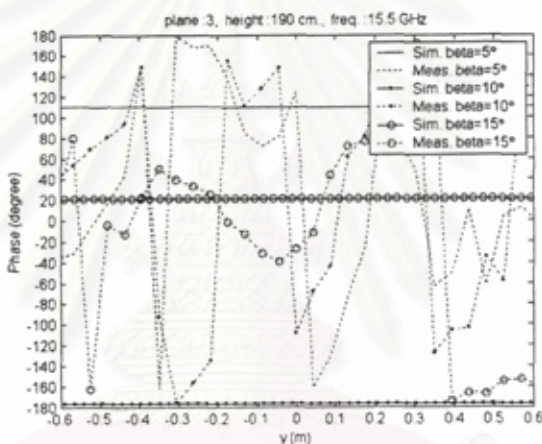
ค) การแจกแจงขนาดยอดของโพลาริเซชันไขว้

รูปที่ ๔๑ การแจกแจงขนาดยอดและวัฏภาค ณ ระนาบ 2 ความสูง 220 cm.

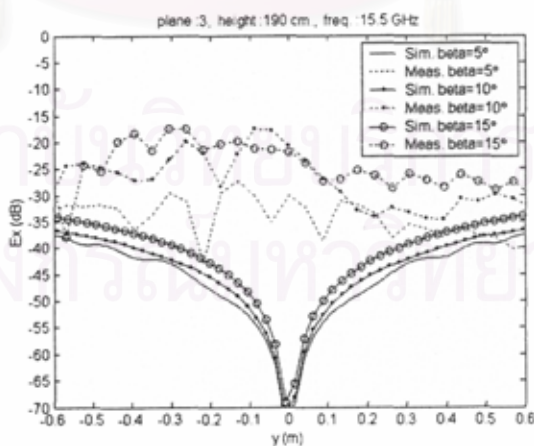
ความถี่ ๑๕.๕ GHz



ก) การแจกแจงขนาดยอดของโพลาริเซชันร่วม



ข) การแจกแจงวัฏภาค



ค) การแจกแจงขนาดยอดของโพลาริเซชันไขว้

รูปที่ ๔๒ การแจกแจงขนาดยอดและวัฏภาค ณ ระนาบ 3 ความสูง 190 cm.

ผลการทดลองที่ได้มีความสอดคล้องกับผลการคำนวณในเกณฑ์ที่น่าพอใจ ทั้งนี้พิจารณาจากแนวโน้มความเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปในทางเดียวกันถึงแม้ว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนระหว่างผลการคำนวณและผลการทดลองในระดับที่มีนัยสำคัญก็ตาม ผลการทดสอบความถี่ยืนยันทันงานองเดียวกันเกี่ยวกับการปรับมุมการวางตัวของตัวสะท้อนรอง โดยพบว่าที่ $\beta=10^\circ$ ให้ค่าระดับโพลาริเซชันไขว้ต่ำที่สุด ที่เป็นเช่นนี้น่าจะเป็นผลจากการวางตัวของตัวสะท้อนรองด้วยค่ามุมดังกล่าวทำให้มีความสมมาตรของสนามในแนวโพลาริเซชันไขว้มากขึ้นทำให้มีการหักล้างกันของสนามในแนวโพลาริเซชันไขว้ได้มากขึ้นด้วย ผลดังกล่าวนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้ตัวสะท้อนรองเพื่อช่วยลดระดับโพลาริเซชันไขว้ได้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ ๓

การศึกษาการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ภายในย่านทดสอบแบบกระชับ

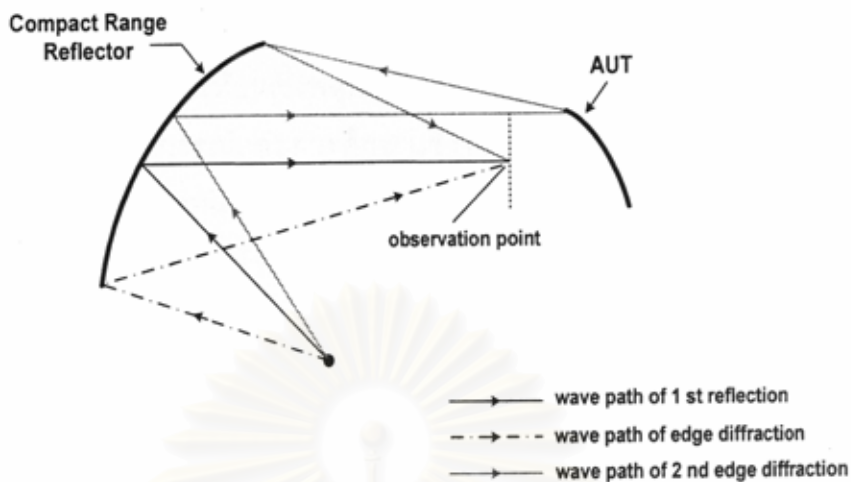
ในย่านทดสอบสายอากาศโดยทั่วไป เช่น ย่านทดสอบสนามไกล และย่านทดสอบสนามใกล้ การสะท้อนเชิงพหุพันธ์มีนัยสำคัญน้อย ทั้งนี้เนื่องจากในกรณีของย่านทดสอบสนามไกล ระยะห่างระหว่างสายอากาศจ่ายกำลังและสายอากาศทดสอบมีค่ามาก อีกทั้งหน้าคลื่นที่แพร่กระจายในย่านทดสอบสนามไกลเป็นหน้าคลื่นทรงกลม กรณีของย่านทดสอบสนามใกล้ หัววัดมีขนาดเล็กมาก ระยะห่างที่น้อยระหว่างสายอากาศทดสอบขนาดใหญ่และหัววัดจึงทำให้เกิดการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ก่อผลกระทบต่อการวัดเท่าใด

กรณีของย่านทดสอบแบบกระชับเป็นกรณีที่ตัวสะท้อนหลักของย่านทดสอบอยู่ห่างจากสายอากาศทดสอบเป็นระยะไม่มากนัก อีกทั้งขนาดช่องเปิดของทั้งสององค์ประกอบมีขนาดใหญ่และไม่แตกต่างกันมาก การสะท้อนไปมาระหว่างตัวสะท้อนหลักและสายอากาศทดสอบจึงมีนัยสำคัญพอสมควร การศึกษาปัญหาการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ในย่านทดสอบแบบกระชับจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ

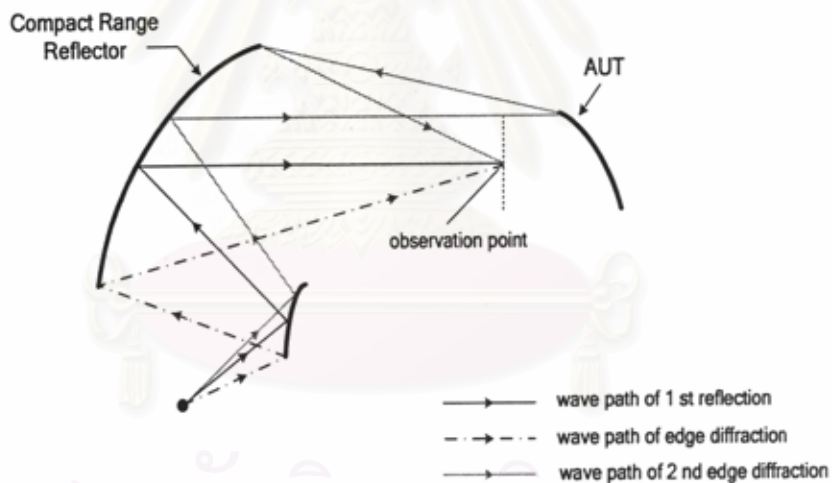
๓.๑ การสะท้อนเชิงพหุพันธ์ในย่านทดสอบแบบกระชับ

พิจารณาโครงสร้างของย่านทดสอบแบบกระชับทั้งกรณีที่เป็นระบบตัวสะท้อนเดี่ยวดังรูปที่ ๔๓(ก) และกรณีที่เป็นระบบตัวสะท้อนคู่ดังรูปที่ ๔๓(ข) จะเห็นว่าในกรณีระบบตัวสะท้อนเดี่ยว การสะท้อนไปมาจะเกิดระหว่างตัวสะท้อนของย่านทดสอบและสายอากาศทดสอบ โดยเฉพาะที่บริเวณขอบของตัวสะท้อนของย่านทดสอบซึ่งมีขนาดใหญ่มากจะเป็นแหล่งเกิดการเลี้ยวเบนทั้งเชิงเอกพันธ์และพหุพันธ์ที่มีผลต่อคุณภาพหน้าคลื่นของสนามในบริเวณทดสอบ

กรณีย่านทดสอบที่ใช้ระบบตัวสะท้อนคู่ ตัวสะท้อนรองจะปรากฏมีส่วนร่วมในกระบวนการสะท้อนเชิงพหุพันธ์อย่างมีนัยสำคัญพอสมควรถึงแม้ว่าตัวสะท้อนรองจะมีขนาดเล็ก ทั้งนี้เพราะพลังงานทั้งหมดจากสายอากาศป้อนจะมาถึงตัวสะท้อนรองก่อน ความเข้มกำลังคลื่นที่ลาดส่องบนตัวสะท้อนรองจึงสูงเป็นพิเศษ การเลี้ยวเบนที่ขอบตัวสะท้อนรองทั้งอันดับที่หนึ่งและอันดับที่สองจึงมีนัยสำคัญไม่น้อย



ก) กรณีตัวสะท้อนเดี่ยว



ข) กรณีตัวสะท้อนคู่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ๔๓ การสะท้อนเชิงพหุพันธ์ในย่านทดสอบแบบกระชับ

๓.๒ การศึกษาปัญหาการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ในย่านทดสอบแบบกระชับ

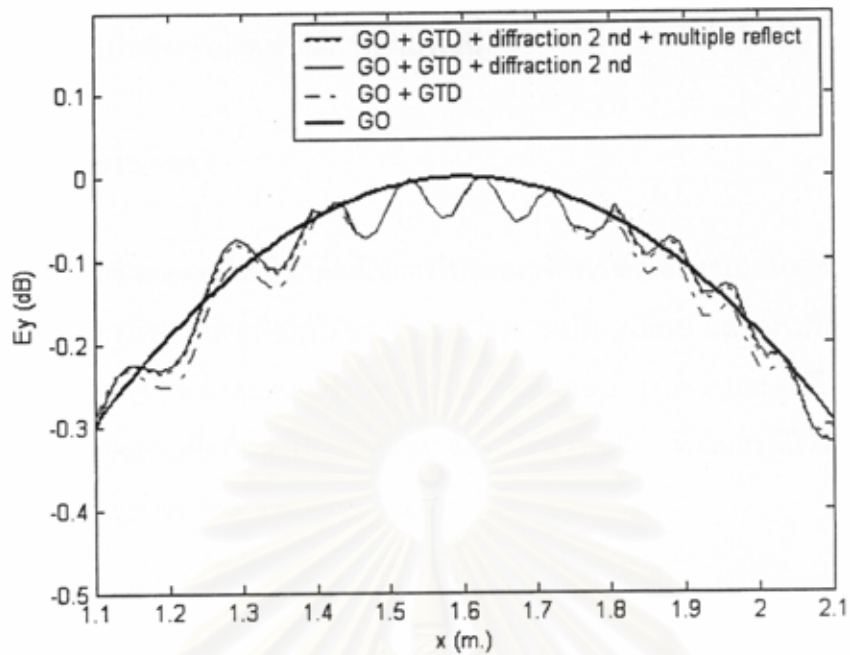
การศึกษาปัญหาการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ในย่านทดสอบแบบกระชับสามารถทำได้ทั้งด้วยการคำนวณจำลองสถานการณ์และการศึกษาเชิงทดลอง โครงการนี้เลือกคำนวณจำลองสถานการณ์การสะท้อนเชิงพหุพันธ์ในอาณาจักรความถี่ เนื่องจากผู้วิจัยมีความชำนาญระเบียบวิธีเชิงความถี่ดีอยู่แล้ว แนวคิดในการคำนวณจำลองสถานการณ์สามารถสรุปได้ดังนี้

การคำนวณสนามที่ปริมาตรแดนส่งดในที่นี้จะแบ่งเป็นดังนี้ คือ กรณีที่ 1 สนามที่จุดสังเกตบนปริมาตรแดนส่งดจะคิดเฉพาะสนามที่สะท้อนจากตัวสะท้อนของย่านทดสอบแบบกระชับโดยใช้กรรมวิธีทัศนศาสตร์เรขาคณิต (GO) กรณีที่ 2 สนามที่จุดสังเกตบนปริมาตรแดนส่งด(บริเวณทดสอบ)จะคิดจากสนามที่สะท้อนจากตัวสะท้อนของย่านทดสอบแบบกระชับโดยใช้กรรมวิธีทัศนศาสตร์เรขาคณิตรวมกับสนามเลี้ยวเบนที่ขอบของตัวสะท้อนของย่านทดสอบแบบกระชับด้วยทฤษฎีเลี้ยวเบนเชิงเรขาคณิต (GTD) กรณีที่ 3 สนามที่จุดสังเกตบนปริมาตรแดนส่งดจะคิดจากวิธีสนามตามกรณีที่ 2 ร่วมกับสนามเลี้ยวเบนอันดับที่สองของตัวสะท้อนของย่านทดสอบแบบกระชับที่เกิดจากสนามเลี้ยวเบนที่ขอบของสายอากาศจางสะท้อนที่เป็นสายอากาศทดสอบ (AUT) กรณีที่ 4 สนามที่จุดสังเกตบนปริมาตรแดนส่งดจะคิดจากวิธีสนามตามกรณีที่ 3 รวมกับการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ (multiple reflection) ตามวิธีในเอกสารอ้างอิง[9]

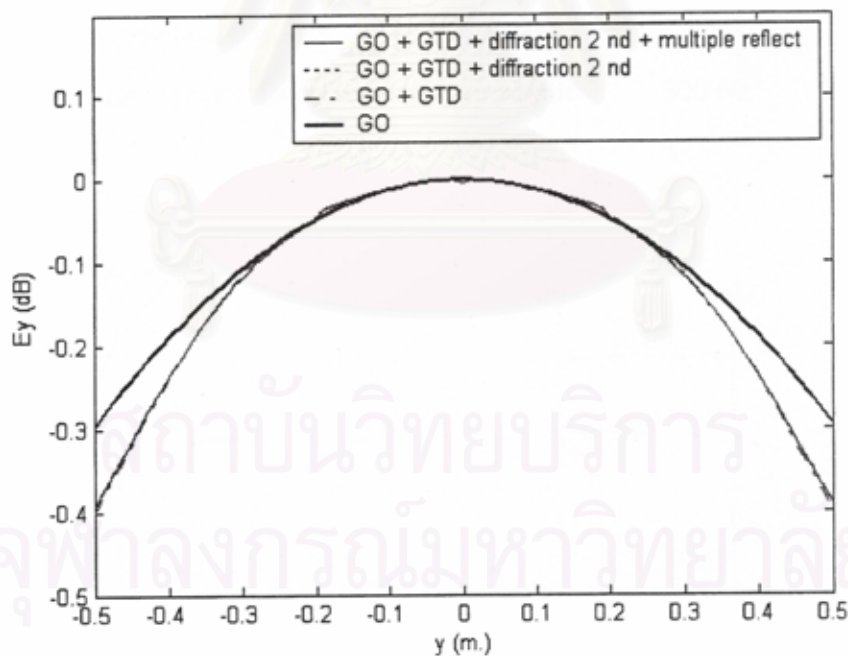
การศึกษาเชิงทดลองทำทั้งในอาณาจักรเวลาและอาณาจักรความถี่ การทดลองในอาณาจักรเวลาทำเพื่อแสดงปรากฏการณ์สะท้อนเชิงพหุพันธ์และระดับนัยสำคัญของปรากฏการณ์ การทดลองในอาณาจักรความถี่ทำเพื่อเปรียบเทียบลักษณะสนามในบริเวณทดสอบกรณีที่มีผลและไม่มีผลจากการสะท้อนเชิงพหุพันธ์

๓.๓ การจำลองสถานการณ์

กรณีศึกษาของการจำลองสถานการณ์ จะกำหนดให้สายอากาศทดสอบเป็นสายอากาศจางสะท้อนเดี่ยวแบบพาราโบลอยด์ $F/D_p = 0.42$ $D = 1$ m ความถี่ปฏิบัติการ ๑๐ GHz ช่องเปิดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ตัวอย่างผลการจำลองสถานการณ์กรณีเลวร้ายแสดงดังในรูปที่ ๔๔ และรูปที่ ๔๕



รูปที่ ๔๔ สนาม Ey ในแนวแกน x



รูปที่ ๔๕ สนาม Ey ในแนวแกน x

จะเห็นได้ว่าการสะท้อนเชิงพหุพันธ์มีผลต่อระดับของระลอกในภาพการแจกแจงความเข้มของสนามในระดับประมาณ ± 0.05 dB เฉพาะภาพการแจกแจงที่ตัดตามแนวแกน y เท่านั้น ในภาพตัดตามแกน x ไม่พบปัญหาใด ๆ ค่าระลอก ± 0.05 dB เป็นระดับที่ไม่มีความสำคัญแต่อย่างใด

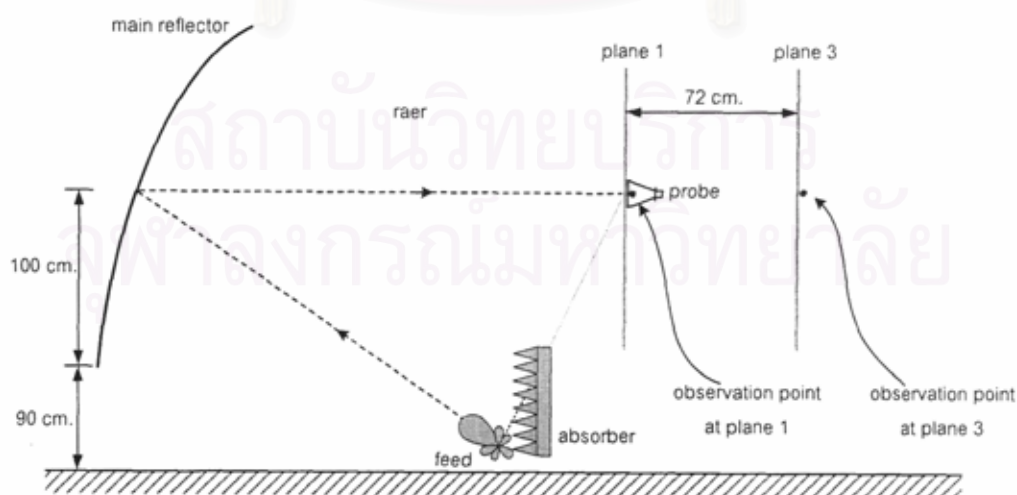
เนื่องจากไม่สามารถยืนยันได้ด้วยผลการวัดในทางปฏิบัติ ปัญหาการสะท้อนเชิงพหุพันธ์จึงไม่ใช่ประเด็นที่น่ากังวลเมื่อพิจารณาจากผลการคำนวณนี้

๓.๔ การศึกษาเชิงทดลอง

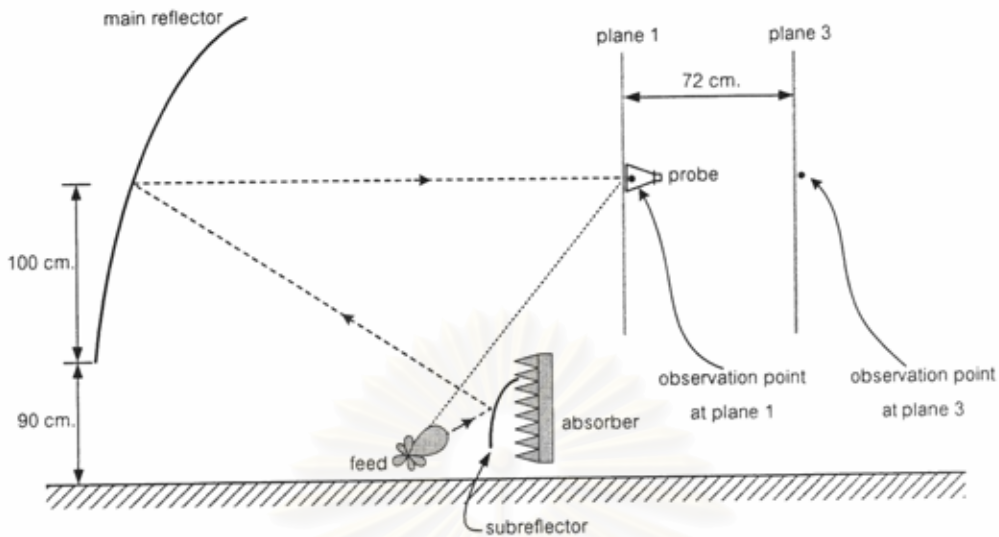
การศึกษาเชิงทดลองได้เลือกดำเนินการในอาณาจักรเวลาและอาณาจักรความถี่ การทดลองในอาณาจักรความถี่ทำเพื่อให้ได้บรรทัดฐานในการเปรียบเทียบ ผลการเปรียบเทียบจะบ่งชี้ผลกระทบอันเนื่องมาจากการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ในย่านทดสอบ รูปที่ ๔ และรูปที่ ๕ เป็นผังแสดงการจัดเตรียมการทดลองเพื่อศึกษาปัญหาการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ ทั้งในกรณีใช้ระบบตัวสะท้อนเดี่ยว(รูปที่ ๔๖) และระบบตัวสะท้อนคู่(รูปที่ ๔๗)

การกำหนดค่าปัจจัยในการทดลองเชิงเวลา (ทั้งกรณีความถี่ 10 GHz และ 15.5 GHz) มีรายละเอียดดังนี้

จำนวนจุดความถี่ (number of point)	201 points
ตัวประกอบเฉลี่ย (average factor)	32
แถบกวาด (frequency span)	2 GHz
ความกว้างแถบของความถี่ชั้นกลาง (IF bandwidth)	300 Hz



รูปที่ ๔๖ ผังประกอบผลการวัดกรณีตัวสะท้อนเดี่ยวพอสมควร

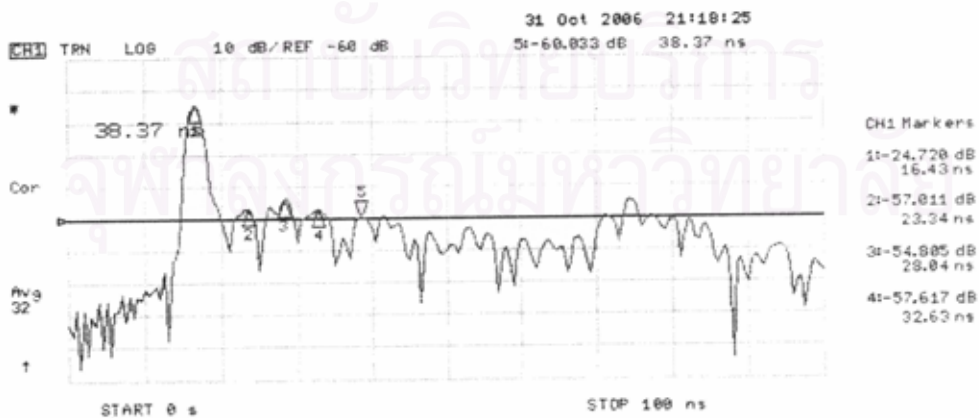


รูปที่ ๔๗ ผังประกอบผลการวัดกรณีตัวสะท้อนคู่สมมาตร

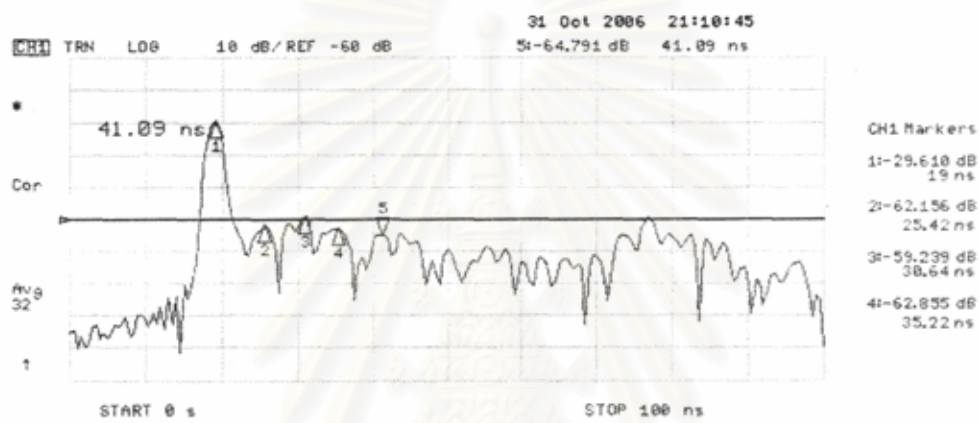
การกำหนดค่าปัจจัยตั้งข้างต้น มีผลต่อความสามารถในการแยกชัด (measurement resolution) ได้สูงสุด ดังนี้

การแยกชัด (measurement resolution) = $1/\Delta F$ เมื่อ ΔF ขนาดแถบกวาด
 = (number of points - 1) / (frequency span)

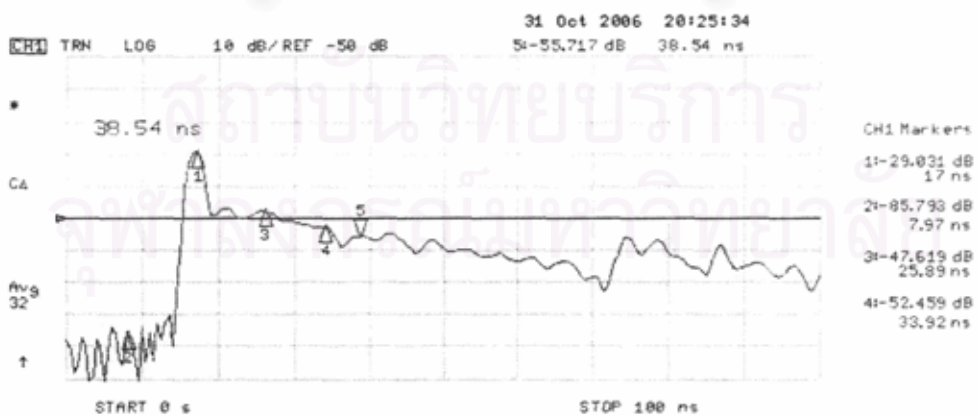
ผลการทดลองในกรณีตัวสะท้อนเดี่ยวแสดงในรูปที่ ๔๘ ถึงรูปที่ ๕๑ กรณีตัวสะท้อนคู่แสดงในรูปที่ ๕๒ ถึงรูปที่ ๕๕



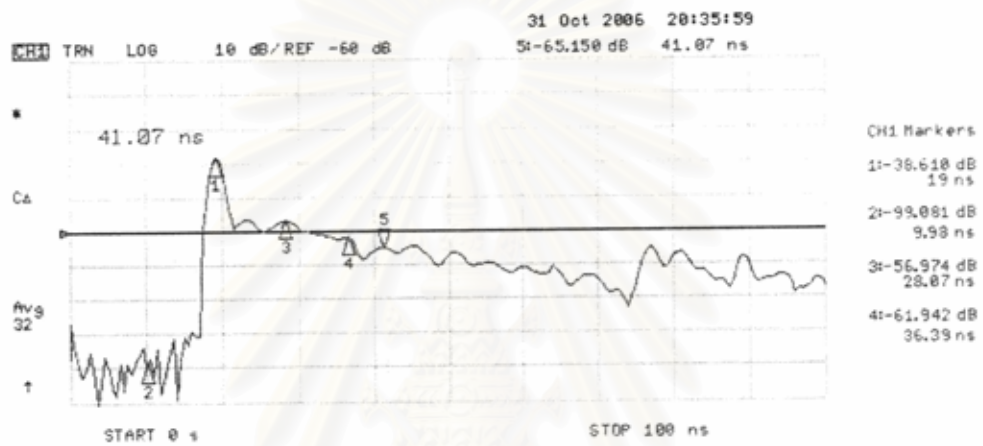
รูปที่ ๔๘ ภาพปรากฏการณ์ในอาณาจักรเวลากรณีระบบตัวสะท้อนเดี่ยว
 ณ ความถี่ 10 GHz, ระยะเวลา 1



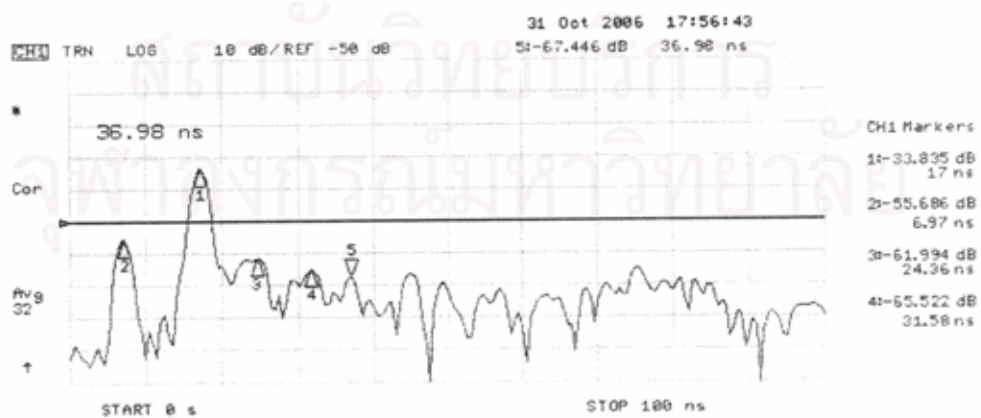
รูปที่ ๔๙ ภาพปรากฏการณ์ในอาณาจักรเวลากรณีระบบตัวสะท้อนเดี่ยว
 ณ ความถี่ 10 GHz, ระบาย 3



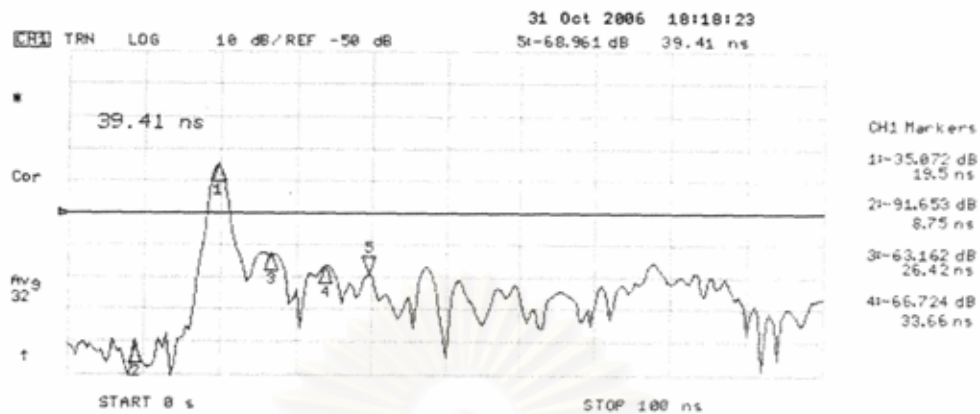
รูปที่ ๕๐ ภาพปรากฏการณ์ในอาณาจักรเวลากรณีระบบตัวสะท้อนเดี่ยว
 ณ ความถี่ 15.5 GHz, ระบาย 1



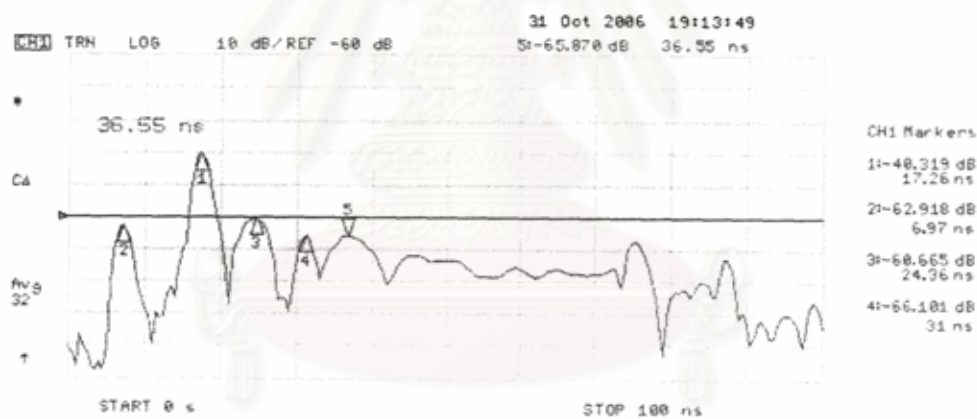
รูปที่ ๕๑ ภาพปรากฏการณ์ในอาณาจักรเวลากรณีระบบตัวสะท้อนเดี่ยว
 ณ ความถี่ 15.5 GHz, ระนาบ 3



รูปที่ ๕๒ ภาพปรากฏการณ์ในอาณาจักรเวลากรณีระบบตัวสะท้อนคู่
 ณ ความถี่ 10 GHz, ระนาบ 1

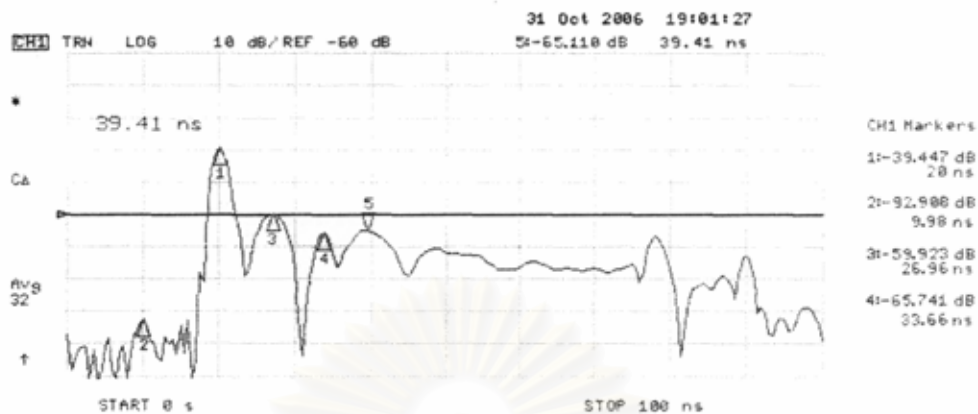


รูปที่ ๕๓ ภาพปรากฏการณ์ในอาณาจักรเวลากรณีระบบตัวสะท้อนคู่
 ณ ความถี่ 10 GHz, ระนาบ 3



รูปที่ ๕๔ ภาพปรากฏการณ์ในอาณาจักรเวลากรณีระบบตัวสะท้อนคู่
 ณ ความถี่ 15.5 GHz, ระนาบ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ๕๕ ภาพปรากฏการณ์ในอาณาจักรเวลากรณีระบบตัวสะท้อนคู่ ณ ความถี่ 15.5 GHz, ระบาย 3

กรณีระบบตัวสะท้อนเดี่ยว

รูปทุกรูปตามกรณีนี้ สัญญาณที่รับได้โดยตรงจากสายอากาศป้อนเข้าสู่หัววัด จะไม่ปรากฏให้เห็นได้เด่นชัดเหมือนกับกรณีระบบตัวสะท้อนคู่ เนื่องจากทิศทางการวางตัวของสายอากาศป้อน รวมทั้งตำแหน่งการวางวัสดุดูดกลืนคลื่น สามารถลดสัญญาณที่เกิดจากพู่ซ้างและพูล้างของสายอากาศป้อนได้ ดังรูปที่ ๔๖

รูปที่ ๔๘ ถึงรูปที่ ๕๑

ที่ marker 1 เป็นยอดของสัญญาณที่ได้รับจากสายอากาศป้อนโดยการสะท้อนจากสายอากาศป้อนไปยังตัวสะท้อนหลัก และไปยังหัววัด ตามลำดับ

ยอดอื่นๆ ที่ปรากฏทางด้านขวาของยอดที่ marker 1 เป็นยอดที่แสดงการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ภายในย่านทดสอบ จะเห็นว่าที่ความถี่ ๑๐ GHz (รูปที่ ๔๘ และรูปที่ ๔๙) ระดับของการสะท้อนเชิงพหุพันธ์อยู่ต่ำกว่าสัญญาณที่รับได้โดยตรงมากกว่า ๓๐ dB ขณะที่ที่ความถี่ ๑๕.๕ GHz ระดับความแตกต่างนี้อยู่ที่ประมาณ ๑๘ dB

กรณีระบบตัวสะท้อนคู่

รูปที่ ๕๒ ความถี่ 10 GHz, ระบาย 1

ที่ marker 1 เป็นยอดของสัญญาณปกติที่ได้รับจากสายอากาศป้อน โดยการสะท้อนจากตัวสะท้อนรองไปยังตัวสะท้อนหลัก และไปยังหัววัด ตามลำดับ

ที่ marker 2 เป็นยอดของสัญญาณที่ได้รับโดยตรงจากสายอากาศป้อน เนื่องจากสายอากาศป้อนมีความกว้างลำคลื่นมาก หัววัดจึงได้รับพลังงานบางส่วนจากสายอากาศป้อน ถึงแม้ว่าจะมีตัวสะท้อนรอง และวัสดุดูดกลืนคลื่นมาขวางไว้แล้วก็ตาม แต่ขนาดของวัสดุดูดกลืนคลื่นเล็กเกินไป จึงไม่สามารถขวางแนวการเคลื่อนที่ของคลื่นจากสายอากาศป้อนไปยังหัววัดได้ ดังรูปที่ ๔๗

ยอดอื่นๆ ที่ปรากฏทางด้านขวาของยอดที่ marker 1 เป็นยอดที่แสดงการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ภายในย่านทดสอบ จะพบว่าขนาดของยอดเหล่านี้มีระดับต่ำกว่ายอดที่ marker 1 อย่างน้อยประมาณ 30 dB

รูปที่ ๕๓ ความถี่ 10 GHz, ระบาย 3

ที่ marker 1 เป็นผลของสัญญาณ เช่นเดียวกับรูปที่ ๕๒ ยอดอื่นๆ ที่ปรากฏเป็นผลจากการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ และมีขนาดต่ำกว่ายอดที่ marker 1 อย่างน้อยประมาณ 25 dB

ที่ marker 2 มีสัญญาณปรากฏไม่ชัดเจน เนื่องจากวัสดุดูดกลืนคลื่นสามารถขวางแนวการเคลื่อนที่ของคลื่นจากสายอากาศป้อนไปยังหัววัดได้ เนื่องจากวัดในระนาบ ๓ ที่อยู่ไกลออกไป

รูปที่ ๕๔ ความถี่ 15.5 GHz, ระบาย 1

ที่ marker 1 และ marker 2 รวมทั้งตำแหน่งยอดอื่นๆ มีสัญญาณเกิดขึ้นด้วยเหตุเช่นเดียวกับรูปที่ ๕๒ ข้อแตกต่างอยู่ที่ระดับนัยสำคัญของการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ที่สูงขึ้น ทั้งนี้เพราะยอดที่แสดงการสะท้อนเชิงพหุพันธ์มีขนาดต่ำกว่ายอดปกติเพียงประมาณ 20 dB

รูปที่ ๕๕ ความถี่ 15.5 GHz, ระบาย 3

ที่ marker 1 และ marker 2 รวมทั้งตำแหน่งยอดอื่นๆ มีสัญญาณเกิดขึ้นด้วยเหตุเช่นเดียวกับรูปที่ ๕๓

จะเห็นว่าระดับของการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ที่ความถี่ ๑๕.๕ GHz จะมากกว่าที่ความถี่ ๑๐ GHz เหมือนกรณีตัวสะท้อนเดี่ยว ที่เป็นเช่นนี้น่าจะเป็นผลจากการเลี้ยวเบนที่ขอบของตัวสะท้อนซึ่งมีมากกว่าที่ความถี่ต่ำกว่า

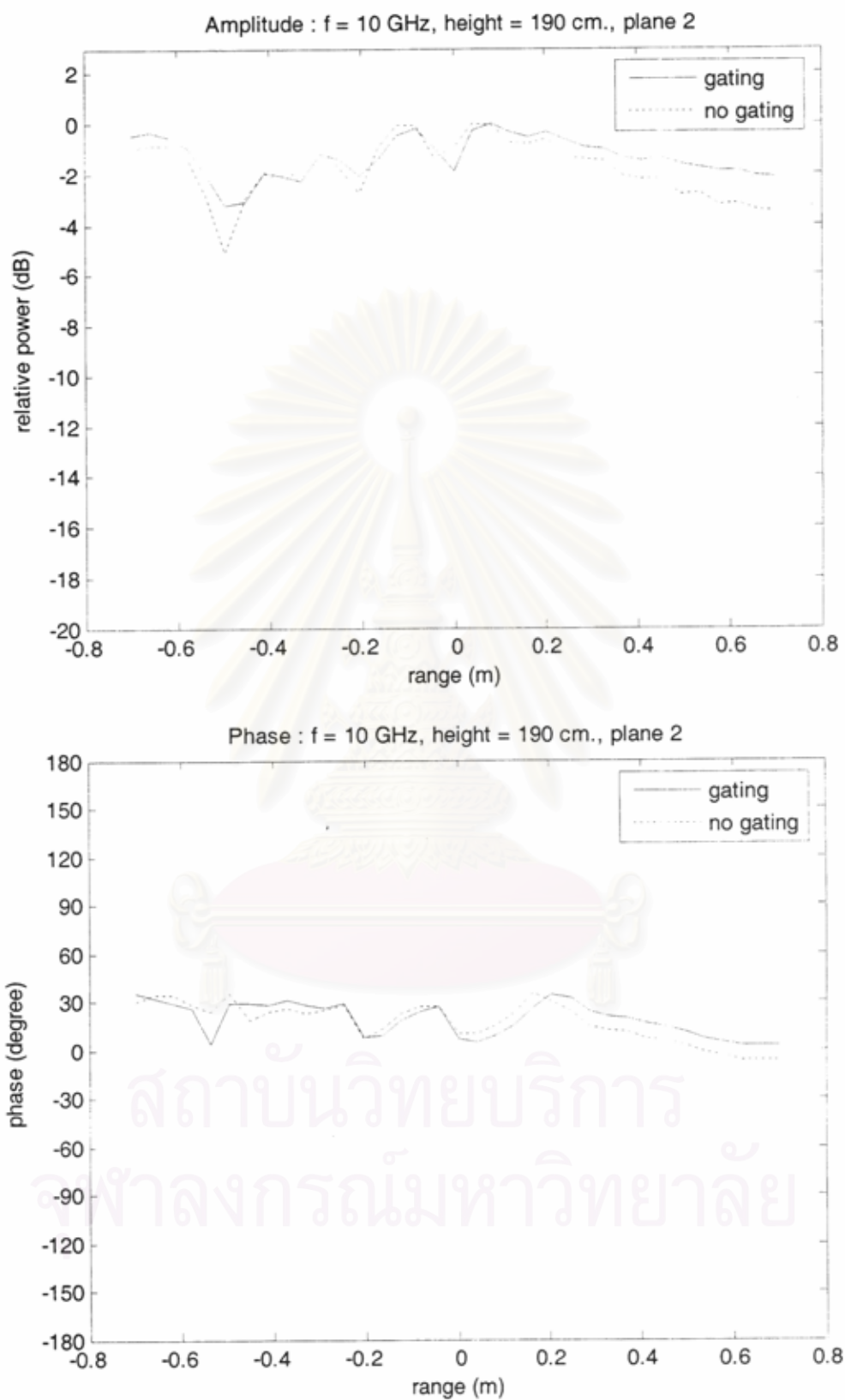
ผลการวัดลักษณะการแจกแจงความเข้มของสนามในอาณาจักรความถี่

นอกจากการวัดในอาณาจักรเวลาแล้วโครงการยังได้ทดลองวัดในอาณาจักรความถี่โดยอาศัยความสามารถในการกรองทางเวลาเข้าช่วยเพื่อเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นเมื่อมีและไม่มีการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ ผลกรณี gating คือ กรณีที่กรองการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ออก กรณี no gating คือ ไม่มีการกรองการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ออก การศึกษานี้ทำที่ความถี่ ๑๐ GHz และ ๑๕.๕ GHz ผลที่ได้แสดงดังในรูปที่ ๕๖ ถึงรูปที่ ๕๙ รูปที่ ๕๖ และรูปที่ ๕๗ เป็นผลในกรณีตัวสะท้อนเดี่ยว รูปที่ ๕๘ และรูปที่ ๕๙ เป็นผลในกรณีตัวสะท้อนคู่

เมื่อพิจารณาผลที่ปรากฏจะเห็นว่ากรณีระบบตัวสะท้อนคู่มีความแตกต่างของภาพการแจกแจงความเข้มสนามไฟฟ้าทั้งภาพขนาดยอดและภาพวิถีภาคที่น้อยกว่ากรณีระบบตัวสะท้อนเดี่ยว สิ่งที่ปรากฏอาจดูเหมือนขัดแย้งกับสิ่งที่ควรจะเป็น เนื่องจากมักคาดหมายกันว่าระบบตัวสะท้อนคู่ควรมีการสะท้อนเชิงพหุพันธ์มากกว่าระบบตัวสะท้อนเดี่ยว แต่หากพิจารณาดูว่าขนาดของตัวสะท้อนรองที่เล็กมากเป็นเหตุให้เกิดการสูญเสียเนื่องจากการล้นที่ตัวสะท้อนรองได้มาก ด้วยทำให้นัยสำคัญของการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ลดลง จึงไม่พบว่าการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ในระบบตัวสะท้อนคู่มากกว่าระบบตัวสะท้อนเดี่ยว และเมื่อความถี่สูงขึ้นความแตกต่างของภาพการแจกแจงเมื่อมีและไม่มีการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ลดน้อยลง อย่างไรก็ตามความแตกต่างที่ปรากฏมีขนาดเล็กจนไม่น่าต้องวิตกกังวลกับปัญหาการสะท้อนเชิงพหุพันธ์

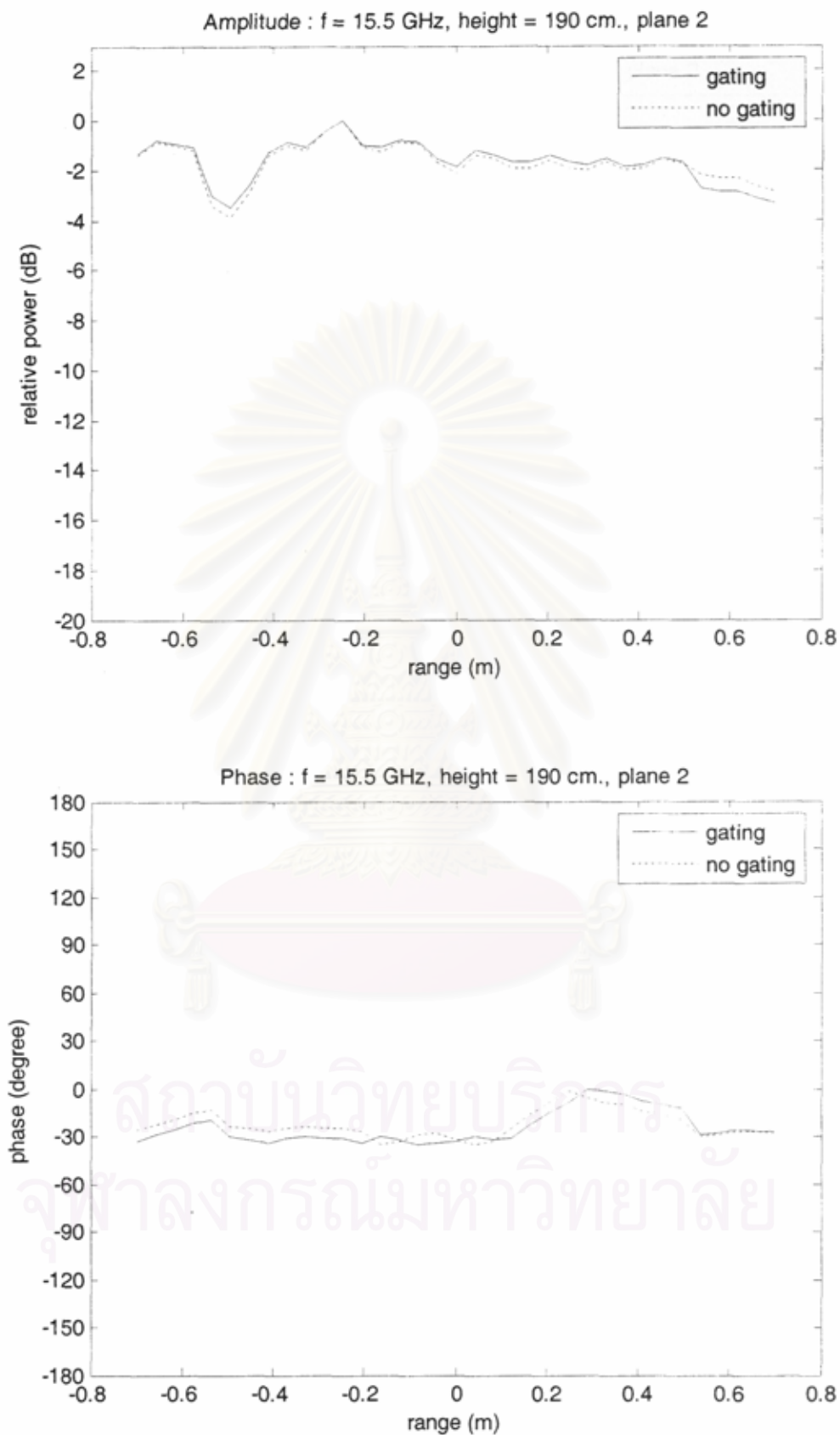
กล่าวโดยสรุป การสะท้อนเชิงพหุพันธ์เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นในย่านทดสอบแบบกระชับโดยมีระดับนัยสำคัญไม่สูงเพียงพอที่จะต้องวิตกกังวล ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นต้องหามาตรการที่จะขจัดหรือลดผลกระทบจากปัญหานี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



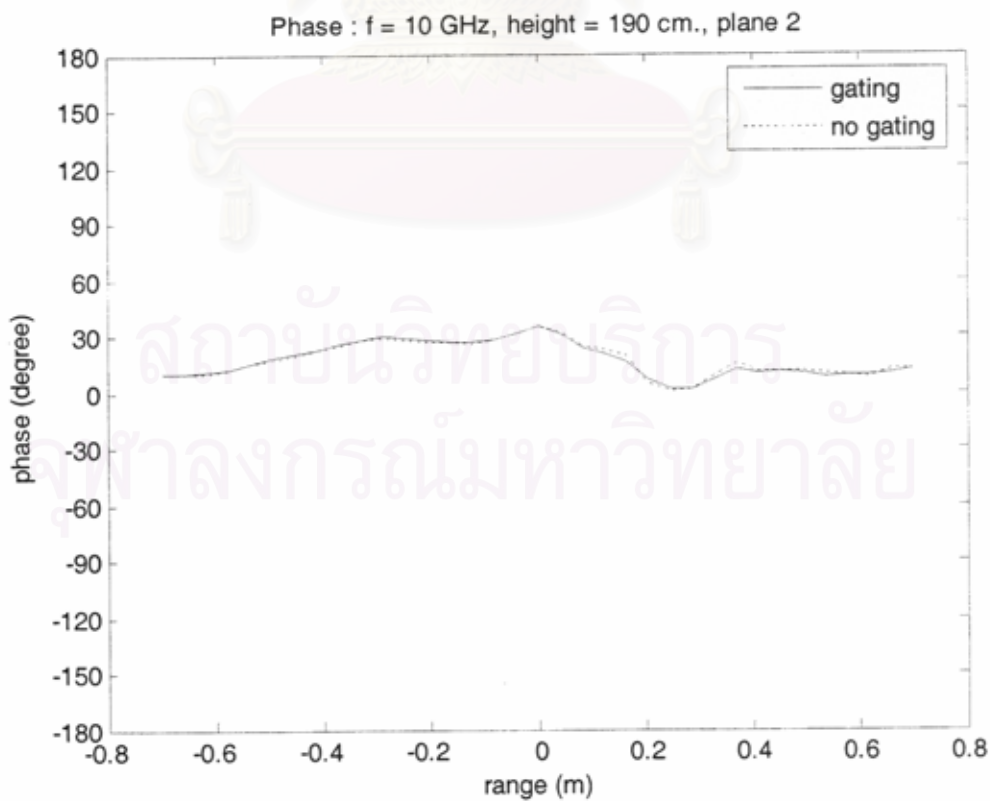
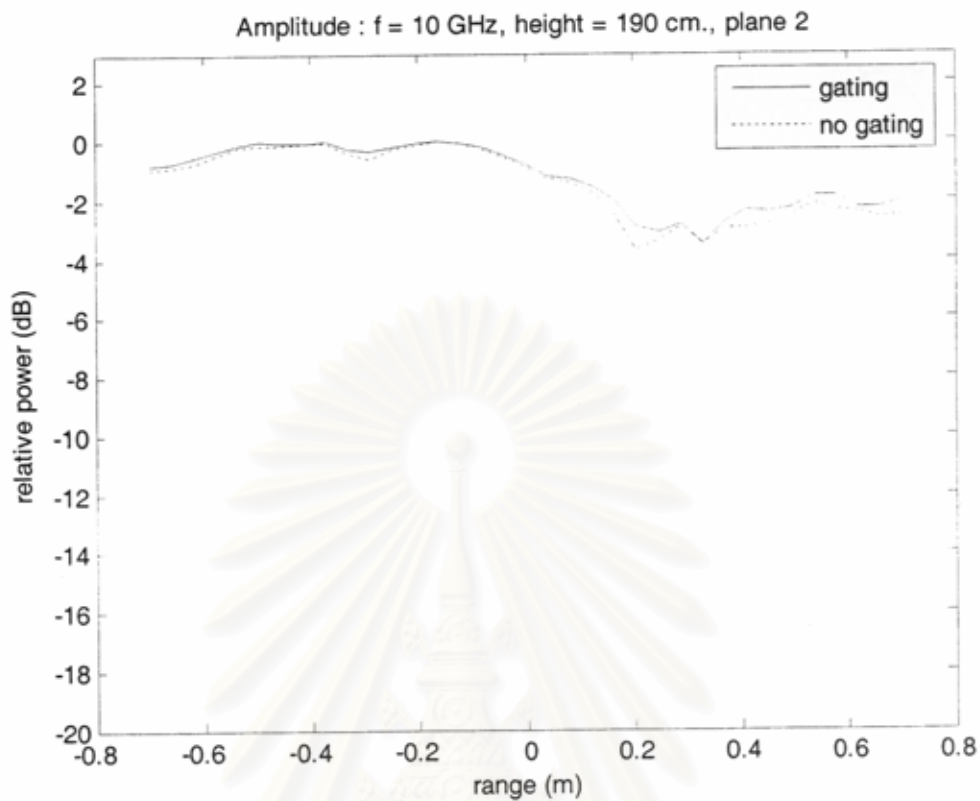
รูปที่ ๕๖ ภาพการแจกแจงความเข้มของสนามในบริเวณทดสอบกรณีตัวสะท้อนเดี่ยว ความถี่ ๑๐

GHz

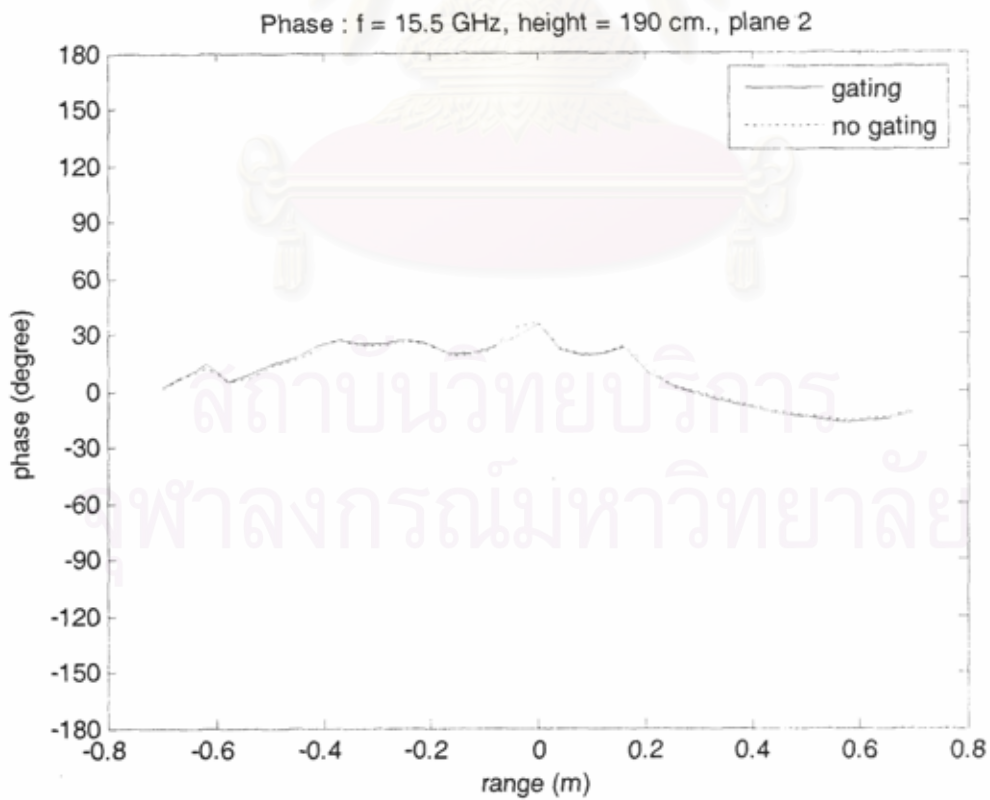
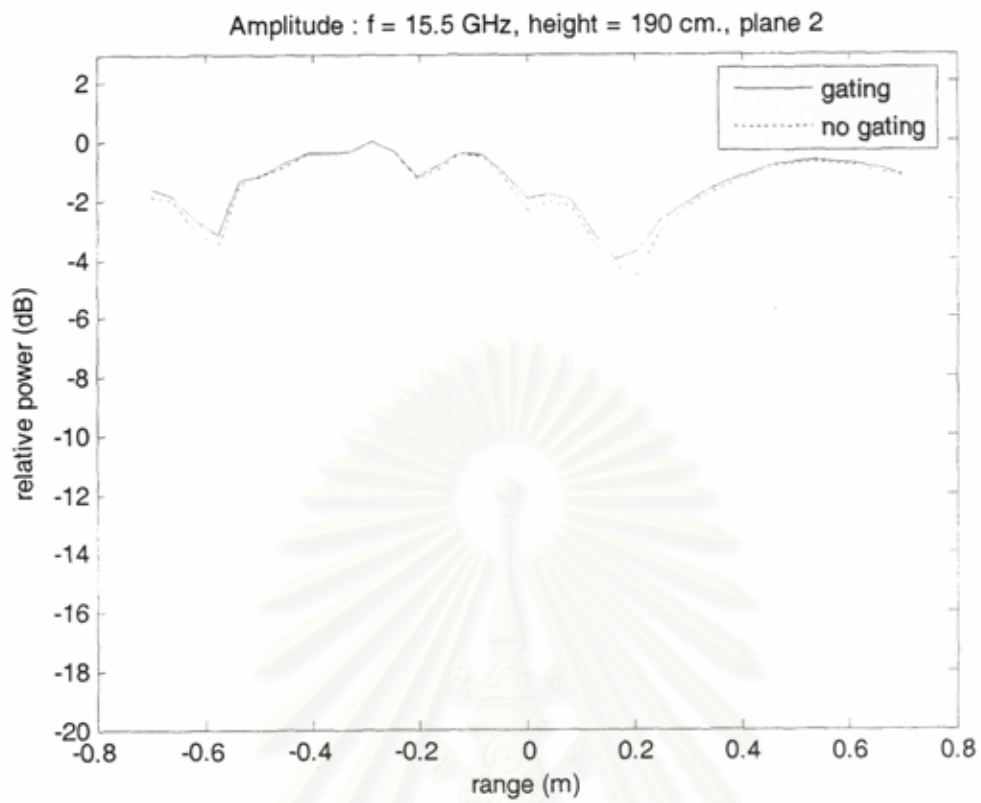


รูปที่ ๕๗ ภาพการแจกแจงความเข้มของสนามในบริเวณทดสอบกรณีตัวสะท้อนเดี่ยวความถี่

๑๕.๕ GHz



รูปที่ ๕๘ ภาพการแจกแจงความเข้มของสนามในบริเวณทดสอบกรณีตัวสะท้อนคู่ความถี่ ๑๐ GHz



รูปที่ ๕๙ ภาพการแจกแจงความเข้มของสนามในบริเวณทดสอบกรณีตัวสะท้อนคู่
ความถี่ ๑๕.๕ GHz

บทที่ ๔

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ย่านทดสอบแบบกระชับที่ใช้โครงสร้างแบบตัวสะท้อนเดี่ยวอสมมาตรจะมีปัญหาเรื่องระดับโพลาริเซชันไขว้ที่สูง ปัญหานี้เป็นผลจากความไม่สมมาตรของการจัดตัวสะท้อนเพื่อตัดหน้าคลื่น การลดโพลาริเซชันไขว้สามารถทำได้โดยใช้โครงสร้างแบบตัวสะท้อนคู่ ตัวสะท้อนรองที่เพิ่มเข้าไปมีผลให้การสาดส่องกำลังคลื่นบนตัวสะท้อนหลักมีความสมมาตรเพิ่มขึ้น ผลการศึกษาทั้งการจำลองสถานการณ์และการทดลองพบว่า การปรับมุมการวางตัวของตัวสะท้อนรองสามารถช่วยลดระดับระลอกของภาพการแจกแจงวิถีภาคของสนามในบริเวณทดสอบได้ และทำให้ระดับโพลาริเซชันไขว้ลดลงได้ประมาณ ๓-๕ dB

การสะท้อนเชิงพหุพันธ์ในย่านทดสอบแบบกระชับเป็นปัญหาที่น่าสนใจ เนื่องจากขนาดของตัวสะท้อนของย่านทดสอบมีขนาดใหญ่ และทั้งสององค์ประกอบนี้ยังจัดวางอยู่ไม่ห่างจากกันเท่าใดนัก ผลการจำลองสถานการณ์ไม่ค่อยพบปัญหา แต่ผลการทดลองวัด ณ ตำแหน่งตัวอย่างในอาณาจักรเวลาพบการเกิดการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ที่มีนัยสำคัญน้อยกว่าความถี่ ๑๐ GHz ขณะที่ ๑๕.๕ GHz พบปัญหาในระดับที่มีนัยสำคัญเพิ่มขึ้น

ผลการวัดในอาณาจักรความถี่โดยใช้การกรองทางเวลาช่วยพบความแตกต่างของกรณีมีการสะท้อนเชิงพหุพันธ์และไม่มีการสะท้อนเชิงพหุพันธ์ในระดับที่มีนัยสำคัญน้อยจนไม่จำเป็นต้องวิตกกังวล ระดับความแตกต่างของภาพการแจกแจงขนาดยอดอยู่ที่ ± 1 dB ระดับความแตกต่างของภาพการแจกแจงวิถีภาคอยู่ที่ $\pm 2^\circ$ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องหามาตรการเพื่อขจัดหรือลดผลกระทบของปัญหานี้

ปัญหาและอุปสรรค

ก. โครงการนี้มีความล่าช้าอย่างมากอันเป็นผลสืบเนื่องจากความล่าช้าของโครงการในปีแรก ปัญหาหลักซึ่งนี้ทำให้ต้องใช้เวลาในการแก้ไขพอสมควร

ข. ตัวสะท้อนที่สร้างขึ้นมีคุณภาพผิวไม่ดีเพียงพอ ทำให้ต้องแปลความหมายผลการศึกษาเชิงทดลองให้เหมาะสม

ข้อเสนอแนะ

- ก. ภาครัฐคงต้องให้ความสำคัญกับการเบิกจ่ายเงินเพื่ออุดหนุนการวิจัย
- ข. คณะวิศวกรรมศาสตร์และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยควรให้ความสำคัญกับการจัดหาพื้นที่เพื่อการวิจัยอย่างเป็นกิจลักษณะ
- ค. ระเบียบการเงินควรมีความยืดหยุ่นเพื่อให้สามารถเปลี่ยนหมวดการใช้เงินให้เป็นประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานวิจัยได้
- ง. อาจมีความจำเป็นต้องสร้างตัวสะท้อนใหม่ให้มีคุณภาพผิวที่ดีขึ้น หรือหาวิธีลดรายการผิดรูปของตัวสะท้อนที่ใช้อยู่เพื่อให้สนามในบริเวณทดสอบมีความเป็นคลื่นระนาบที่ดีขึ้น



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

- [1] M.S.A. Sanad and L.Shafai, "Aperture Field Distribution of a Compact Range Using Parabolic Cylindrical Reflectors," IEEE / AP-S International Symposium, Vancouver, Canada, Vol. 2, June, 1985, pp. 677-680.
- [2] C.W.I. Pistorius, G.C.Clerici and W.D.Burnside, "A Dual Chamber Compact Range Configuration," IEEE / AP-S International Symposium, Vol.25, June, 1987, pp. 386-389.
- [3] C.W.I. Pistorius, G.C.Clerici and W.D.Burnside, "A Dual Chamber Gregorian Subreflector System for Compact Range Applications," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 37, No. 3, February, 1989, pp. 305-313.
- [4] M.S.A. Sanad and L.Shafai, "Dual Parabolic Cylindrical Reflectors Employed as a Compact Range," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 38, No. 6, June, 1990, pp. 814-822.
- [5] V.Galindo-Isreal, S.R.Rengarajan, W.A.Imbriale and Raj Mittra, "Offset Dual-Shaped Reflectors for Dual Chamber Compact Ranges," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 39, No. 7, July, 1991, pp. 1007-1013.
- [6] I.J.Gupta and P.A.Beyerle, "A Resistive Edge Treated Gregorian Subreflector for a Dual Chamber Compact Range Measurement System," IEEE / AP-S International Symposium, Vol. 2, June, 1991, pp. 1182-1185.
- [7] D.-C.Chang, C.-C.Yang and S.-Y.Yang, "Dual-Reflector System with a Spherical Main Reflector and Shaped Subreflector for Compact Range," IEE Proceedings Microwaves, Antenna and Propagation, Vol. 144, No. 2, April, 1997, pp. 97-102.
- [8] R.A.Shore, "A simple derivation of the basic design equation for offset dual reflector antennas with rotational symmetry and zero cross polarization," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 33, January, 1985, pp. 144-116.
- [9] S.J.Orfanidis, Electromagnetic Waves and Antennas ,2004