# บทที่ 5

# บทสรุป

## สรุปผลการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ศึกษาผลกระทบของปรากฏการณ์มิวชวลคัปปลิงที่มีต่อแบบรูปการแผ่พลังงานที่ระยะสนามไกลในแผงสายอากาศไมโครสตริปที่มีหลายลักษณะ กล่าวคือ

1. แผงสายอากาศไมโครสตริปที่มี 2 องค์ประกอบ
   - แผ่นตัวนำวางตัวในลักษณะวางข้างกัน (side by side)
   - แผ่นตัวนำวางตัวในลักษณะวางข้างกันแต่จะอยู่บนและล่าง (collinear)
   - แผ่นตัวนำวางตัวในลักษณะขั้นบันได (echelon)
2. แผงสายอากาศไมโครสตริปที่มี 9 องค์ประกอบและแผ่นตัวนำวางตัวอยู่ในระนาบเดียวกัน โดยมีลักษณะการวางตัวเป็นสี่เหลี่ยมจตุรัส ($3x3$)

โดยจะแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 กรณีคือแผ่นตัวนำที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าและแผ่นตัวนำที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจตุรัส

จากผลการวิเคราะห์ในบทที่ 4 พบว่าผลกระทบจากปรากฏการณ์มิวชวลคัปปลิงนั้นทำให้เกิดความผิดเพี้ยนขึ้นหลายอย่างต่อแบบรูปการแผ่พลังงาน ไม่ว่าจะเป็นการมีระดับที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงในตำแหน่งเชิงมุมใด ๆ การเพิ่มระดับของจุดศูนย์ การเลื่อนตำแหน่งของจุดศูนย์ หรือการบานออกของแบบรูปการแผ่พลังงาน โดยในการวิเคราะห์นั้นจะเปลี่ยนค่าระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำให้มีค่าลดลงเรื่อย ๆ จาก 1.5 เท่าของความยาวคลื่นจนถึง 0.125 เท่าของความยาวคลื่น

ที่ระนาบ 0 องศา

- แผงสายอากาศไมโครสตริปที่มี 2 องค์ประกอบและแผ่นตัวนำวางตัวในลักษณะวางข้างกัน (กรณีที่ 1) นั้น แบบรูปการแผ่พลังงานจะมีผลกระทบจากปรากฏการณ์มิวชวลคัปปลิงตลอดทุกค่าระยะห่างที่พิจารณาทั้งในกรณีของแผ่นตัวนำที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าและสี่เหลี่ยมจตุรัส โดยที่ระดับในการเปลี่ยนแปลงนั้นจะค่อนข้างสูง

- แผงสายอากาศไมโครสตริปที่มี 2 องค์ประกอบและแผ่นตัวนำวางตัวในลักษณะวางข้างกัน แต่จะอยู่บนและล่าง (กรณีที่ 2) ในกรณีของแผ่นตัวนำที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจตุรัส แบบรูปการแผ่พลังงานจะเริ่มมีผลกระทบจากปรากฏการณ์มิวชวลคัปปลิงที่พอสังเกตุได้เมื่อระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำมีค่าลดลงจน

เท่ากับ 0.5 เท่าของความยาวคลื่น ส่วนกรณีของแผ่นตัวนำที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า แบบรูปการแผ่พลังงานจะเริ่มมีผลกระทบจากปรากฏการณ์มิวชวลคัปปลิงเมื่อระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำมีค่าลดลงจนเท่ากับ 0.25 เท่าของความยาวคลื่น

- แผงสายอากาศไมโครสตริปที่มี 2 องค์ประกอบและแผ่นตัวนำวางตัวในลักษณะขั้นบันได (กรณีที่ 3) ปรากฏการณ์มิวชวลคัปปลิงจะมีผลกระทบต่อแบบรูปการแผ่พลังงานทุกค่าระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำ (ทั้งในแนวแกนตั้งและแกนนอน) เช่นเดียวกันกับในกรณีที่ 1 ทั้งในกรณีของแผ่นตัวนำที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าและสี่เหลี่ยมจตุรัส แต่ระดับของการเปลี่ยนแปลงจะมีค่าไม่มากนักและความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นจะเกิดที่ตำแหน่งเชิงมุมที่ห่างจากตำแหน่งเชิงมุมที่ 0 องศามาก ๆ เท่านั้น (โดยเฉพาะที่ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำมีค่าตั้งแต่ 1 เท่าของความยาวคลื่นขึ้นไป)

- แผงสายอากาศไมโครสตริปที่มี 9 องค์ประกอบและแผ่นตัวนำวางตัวอยู่ในระนาบเดียวกัน โดยมีลักษณะการวางตัวเป็นสี่เหลี่ยมจตุรัส ($3x3$) ในกรณีของแผ่นตัวนำที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้านั้นแบบรูปการแผ่พลังงานจะมีผลกระทบจากปรากฏการณ์มิวชวลคัปปลิงทุกค่าระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำ (ทั้งในแนวแกนตั้งและแกนนอน) ที่พิจารณา โดยที่ระดับของการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากโดยเฉพาะที่ตำแหน่งเชิงมุมไกล ๆ แต่แบบรูปการแผ่พลังงานนั้นยังคงรักษารูปเดิมไว้ ส่วนในกรณีของแผ่นตัวนำที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจตุรัสก็จะมีความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในลักษณะที่คล้ายกันเพียงแต่จะมีระดับของการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าที่ระนาบ 90 องศา

- แผงสายอากาศไมโครสตริปที่มี 2 องค์ประกอบและแผ่นตัวนำวางตัวในลักษณะวางข้างกัน (กรณีที่ 1) นั้น ทั้งกรณีของแผ่นตัวนำที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าและสี่เหลี่ยมจตุรัส แบบรูปการแผ่พลังงานจะมีผลกระทบจากปรากฏการณ์มิวชวลคัปปลิงตลอดทุกค่าระยะห่างที่พิจารณาโดยที่แบบรูปการแผ่พลังงานจะมีลักษณะที่คล้ายเป็นเส้นตรงและไม่เป็นจุดศูนย์ที่ตำแหน่งเชิงมุมที่ $\pm$ 90 องศา

- แผงสายอากาศไมโครสตริปที่มี 2 องค์ประกอบและแผ่นตัวนำวางตัวในลักษณะวางข้างกัน แต่จะอยู่บนและล่าง (กรณีที่ 2) ปรากฏการณ์มิวชวลคัปปลิงจะมีผลกระทบต่อแบบรูปการแผ่พลังงานทุกค่าระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำที่พิจารณาทั้งในกรณีของแผ่นตัวนำที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าและสี่เหลี่ยมจตุรัสเช่นกันแต่โดยรวมแล้วจะมีผลกระทบไม่มากนักเมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 และยิ่งระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำมีค่ามากแบบรูปการแผ่พลังงานจะเริ่มผิดเพี้ยน ณ ตำแหน่งเชิงมุมที่ไกลกว่าในกรณีที่ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำมีค่าน้อยและไม่เป็นจุดศูนย์ที่ตำแหน่งเชิงมุมที่ $\pm$ 90 องศา เช่นกัน

- แผงสายอากาศไมโครสตริปที่มี 2 องค์ประกอบและแผ่นตัวนำวางตัวในลักษณะขั้นบันได (กรณีที่ 3) ปรากฏการณ์มิวชวลคัปปลิงจะมีผลกระทบต่อแบบรูปการแผ่พลังงานทุกค่าระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำ (ทั้งในแนวแกนตั้งและแกนนอน) เช่นเดียวกันกับในกรณีที่ 1 และ 2 ทั้งในกรณีของแผ่นตัวนำที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าและสี่เหลี่ยมจตุรัส และความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับแบบรูปการแผ่พลังงานจะมีลักษณะ

คล้ายกับกรณีที่ 2 แต่ตำแหน่งเชิงมุมที่เริ่มผิดเพี้ยนนั้นจะเข้าใกล้ตำแหน่งเชิงมุมที่ 0 องศามากกว่ากรณีที่ 2 (ที่ค่าระยะห่างเท่ากัน) รวมถึงจะมีระดับการเปลี่ยนแลงที่สูงกว่าและไม่เป็นจุดศูนย์ที่ตำแหน่งเชิงมุมที่ $\pm$ 90 องศาเช่นกัน

- แผงสายอากาศไมโครสตริปที่มี 9 องค์ประกอบและแผ่นตัวนำวางตัวอยู่ในระนาบเดียวกัน โดยมีลักษณะการวางตัวเป็นสี่เหลี่ยมจตุรัส ($3x3$) ในกรณีของแผ่นตัวนำที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้านั้นแบบรูปการแผ่พลังงานจะมีผลกระทบจากปรากฏการณ์มิวชวลคัปปลิงทุกค่าระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำ (ทั้งในแนวแกนตั้งและแกนนอน) ที่พิจารณา โดยที่ระดับของการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากทุก ๆ ตำแหน่งเชิงมุมยกเว้นใกล้ตำแหน่งเชิงมุมที่เข้าใกล้ 0 องศา แต่แบบรูปการแผ่พลังงานนั้นยังคงรักษารูปเดิมไว้ จนกระทั่งเมื่อระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำมีค่าลดลงจนเท่ากับ 0.25 เท่าของความยาวคลื่น แบบรูปการแผ่พลังงานจะเริ่มมีลักษณะที่ผิดเพี้ยนไปจากเดิมค่อนข้างมาก ส่วนในกรณีของแผ่นตัวนำที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจตุรัสก็จะมีความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในลักษณะที่คล้ายกันเพียงแต่จะมีระดับของการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า กล่าวคือ ตำแหน่งเชิงมุมที่เริ่มผิดเพี้ยนนั้นจะเข้าใกล้ตำแหน่งเชิงมุมที่ 0 องศาน้อยกว่ากรณีของแผ่นตัวนำที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าและแบบรูปการแผ่พลังงานนั้นยังคงรักษารูปเดิมไว้ จนกระทั่งเมื่อระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำมีค่าลดลงจนเท่ากับ 0.125 เท่าของความยาวคลื่น แบบรูปการแผ่พลังงานจะมีลักษณะคล้ายเป็นเส้นตรงและไม่เป็นจุดศูนย์ที่ตำแหน่งเชิงมุมที่ $\pm$ 90 องศาทั้ง 2 กรณี

ส่วนในการพิจารณาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากองค์ประกอบนั้น ๆ จะมีลักษณะคล้ายกับในกรณีที่ไม่พิจารณาทุกกรณีทั้ง 2 ระนาบ เพียงแต่จะมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงของระดับที่มากกว่าเท่านั้น

และจากการวิเคราะห์ผลกระทบของมิวชวลคัปปลิงที่มีต่อแบบรูปการแผ่พลังงานในแผงสายอากาศไมโครสตริปที่กล่าวไว้ข้างต้นพบว่า ผลกระทบดังกล่าวขึ้นอยู่กับลักษณะการวางตัวของแผ่นตัวนำในแผงสายอากาศและระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำ ดังนั้นในการออกแบบเป็นแผงสายอากาศไมโครสตริปนั้นต้องคำนึงถึงปัจจัยดังกล่าวเพื่อที่จะทำให้รู้ถึงแบบรูปการแผ่พลังงานที่รวมผลของมิวชวลคัปปลิงและจะเป็นสิ่งหนึ่งที่ทำให้การใช้งานแผงสายอากาศมีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย