

ศิริเกียรติ ผั่นกลาง : การออกแบบสายอากาศนาโนพลาสมอนิกโดยใช้วงจรแพนด้าริง (THE DESIGN OF NANOPLASMONIC ANTENNA USING PANDA-RING CIRCUIT)

อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยาภรณ์ มีสวัสดิ์, 126 หน้า.

คำสำคัญ: วงจรแพนด้าริง/ตะแกรงทองคำ/สายอากาศนาโนพลาสมอนิก

ความก้าวหน้าของระบบสื่อสารความถี่สูงและเชิงแสงได้กระตุ้นการพัฒนาโครงสร้างการแผ่พลังงานระดับนาโนที่รองรับอัตราการส่งข้อมูลสูงภายใต้ข้อจำกัดด้านขนาดและการสูญเสียของวัสดุสายอากาศนาโนพลาสมอนิกจึงเป็นแนวทางที่มีศักยภาพ โดยอาศัย Surface Plasmon Polaritons (SPPs) เพื่อกักเก็บและแผ่สนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพต่ำกว่าขีดจำกัดการเลี้ยวเบน วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการออกแบบสายอากาศนาโนพลาสมอนิกที่ผสานวงจรแพนด้าริงกับตะแกรงทองคำ โดยใช้ Whispering Gallery Modes (WGMs) ภายในแพนด้าริงเป็นแหล่งกระตุ้นหลัก การจำลอง WGM ดำเนินการด้วยวิธี FDTD (OptiFDTD) และถ่ายโอนสัญญาณกระตุ้นไปยัง CST Studio Suite เพื่อวิเคราะห์สมบัติการแผ่พลังงานแบบเต็มคลื่น ภายใต้สัญญาณกระตุ้นเดียวกันได้เปรียบเทียบโครงสร้างสามรูปแบบ ได้แก่ (1) ทรงกระบอกซิลิคอน (2) ตะแกรงทองคำ และ (3) โครงสร้างแพนด้าริงแบบผสมที่นำเสนอ การวิเคราะห์สนามไกลดำเนินการที่ความถี่ 193.5 THz ผลการจำลองเชิงตัวเลขแสดงให้เห็นว่า โครงสร้างซิลิคอนเพียงอย่างเดียวให้ค่าอัตราขยายของสายอากาศ เท่ากับ 4.12 dBi (ประสิทธิภาพการแผ่พลังงาน -0.3786 dB, ประสิทธิภาพรวม -3.101 dB) ขณะที่โครงสร้างตะแกรงทองคำเพียงอย่างเดียวให้ค่าอัตราขยายของสายอากาศเพียง -0.539 dBi (ประสิทธิภาพการแผ่พลังงาน -6.764 dB, ประสิทธิภาพรวม -7.826 dB) ในทางตรงกันข้าม โครงสร้างแพนด้าริงแบบผสมที่นำเสนอให้ค่าอัตราขยายของสายอากาศสูงถึง 8.05 dBi พร้อมกับประสิทธิภาพการแผ่พลังงาน -1.20 dB และประสิทธิภาพรวม -2.20 dB ซึ่งคิดเป็นการเพิ่มกำลังขยายประมาณ 3.9 dB เมื่อเทียบกับซิลิคอนเพียงอย่างเดียว และมากกว่า 8.5 dB เมื่อเทียบกับตะแกรงทองคำเพียงอย่างเดียว

ผลดังกล่าวยืนยันว่าการผสมผสานตะแกรงทองคำบนทรงกระบอกซิลิคอนเข้ากับแพนด้าริง ช่วยเสริมการคับปลิงเชิงพลาสมอนิกและเพิ่มประสิทธิภาพการแปลงพลังงานจากสนามเรโซแนนซ์ที่ถูกกักเก็บ (WGM) ไปสู่การแผ่คลื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ โครงสร้างที่นำเสนอนี้จึงทำหน้าที่ได้ทั้งเป็นสายส่งสัญญาณเชิงแสงและสายอากาศนาโนพลาสมอนิกที่เหมาะสมสำหรับระบบสื่อสารไร้สายเชิงแสงในอนาคต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ปีการศึกษา 2568

ลายมือชื่อนักศึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

SIRIGIET PHUNKLANG: THE DESIGN OF NANOPLASMONIC ANTENNA USING
PANDA-RING CIRCUIT THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. PIYAPORN MESAWAD,
Ph.D., 126 PP.

Keyword: PANDA-RING RESONATOR GOLD GRATING PLASMONIC NANOANTENNA

Rapid progress in high-frequency and optical communication systems has driven the development of nanoscale radiating structures capable of supporting ultra-high data rates under strict size and material-loss constraints. Plasmonic nanoantennas offer a promising approach by utilizing surface plasmon polaritons (SPPs) to achieve strong electromagnetic confinement and efficient radiation beyond the diffraction limit. This thesis proposes a hybrid plasmonic nanoantenna that integrates a Panda-ring resonator with a gold grating. Whispering Gallery Modes (WGMs) generated within the Panda-ring serve as the primary excitation source. The WGM response is simulated using the Finite-Difference Time-Domain (FDTD) method in OptiFDTD, and the extracted time-domain signal is transferred to CST Studio Suite for full-wave far-field analysis at 193.5 THz. Under identical WGM excitation, three configurations are evaluated: (1) silicon cylinder only, (2) gold grating only, and (3) the proposed hybrid Panda-ring structure. The silicon-only configuration achieves a realized gain of 4.12 dBi (radiation efficiency = -0.3786 dB, total efficiency = -3.101 dB), while the gold-only structure yields -0.539 dBi (radiation efficiency = -6.764 dB, total efficiency = -7.826 dB). In contrast, the proposed hybrid design attains a realized gain of 8.05 dBi with radiation efficiency of -1.20 dB and total efficiency of -2.20 dB, representing a gain enhancement of approximately 3.9 dB over silicon-only and more than 8.5 dB over gold-only configurations.

These results demonstrate that integrating the gold grating with the Panda-ring resonator strengthens plasmonic coupling and improves the conversion of confined WGM energy into free-space radiation. The proposed structure therefore operates as both an optical resonator and an efficient plasmonic nanoantenna, making it suitable for near-infrared and optical wireless communication applications.

School of Telecommunication Engineering
Academic Year 2025

Student's Signature
Advisor's Signature
Co-advisor's Signature