บทคัดย่อ

171985

ในการศึกษาการควบคุมแบบป้อนกลับแบบไม่เฉพาะที่ ขดคลื่นในปฏิกิริยาเบลูซอฟจาโบทินสกีจะถูกฉายด้วยแสงเอกรูปซึ่งมีค่าความเข้มขึ้นกับเวลา โดยมีค่าความเข้มแสงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าเฉลี่ยของปริมาณคลื่นเชิงเคมีที่อยู่ภายในโดเมนรูปสี่เหลี่ยมของปฏิกิริยา จากผลการทดลองเราพบว่า พลศาสตร์ของขดคลื่นเปลี่ยนไปอย่างหลากหลายอันเนื่องมาจากการควบคุมแบบป้อนกลับนี้ นั่นคือทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของแกนของขดคลื่นเป็นรูปร่างต่างๆ อาทิเช่น รูปสี่เหลี่ยม รูปกากบาท เป็นต้น เรขาคณิตของโดเมนที่ใช้ควบคุมความเข้มแสงมีอิทธิพลสำคัญต่อขนาดและรูปร่างของเส้นทางการเคลื่อนที่ของขดคลื่น ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการได้ถูกนำมาศึกษาเพิ่มเติมและยืนยันด้วยการศึกษาในเชิงตัวเลข โดยในกรณีนี้ได้มีการใช้โดเมนที่มีขนาดและรูปร่างที่หลากหลายมากขึ้น ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นสามารถอธิบายได้ในเชิงทฤษฎี โดยการสร้างแผนที่กระแสของการเคลื่อนที่ของแกนของขดคลื่นจากการวิเคราะห์สัญญาณควบคุม

ในกรณีการควบคุมแบบป้อนกลับเฉพาะที่ ขดคลื่นจะถูกควบคุมโดยการฉายแสงเป็นช่วงสั้นๆ ณ ขณะที่หน้าคลื่นเคลื่อนที่ผ่านจุดที่เรียกว่าจุดวัดที่กำหนดไว้ จากการทดลองพบว่าระยะระหว่างแกนของขดคลื่นและจุดวัดเป็นพารามิเตอร์สำคัญที่กำหนดเส้นทางการเคลื่อนที่ของขดคลื่นซึ่งมีลักษณะเป็นวงโคจร ที่เรียกว่าเรโซแนนซ์แอตแทรกเตอร์ (resonance attractor) โดยถ้าระยะระหว่างแกนของขดคลื่นและจุดวัดมีค่าน้อย การเคลื่อนที่ของขดคลื่นจะเป็นเรโซแนนซ์แอตแทรก-เตอร์แบบไฮโพไซคลอยด์ (hypocycloid) แต่ในทางตรงกันข้ามถ้าระยะมีค่ามาก จะเป็นเรโซแนนซ์แอตแทรกเตอร์แบบอิพิ-ไซคลอยด์ (epicycloid) นอกจากนี้การเพิ่มการหน่วงเวลาเข้าไปในวงจรการควบคุมแบบป้อนกลับจะมีผลให้ขนาดของเรโซ-แนนซ์แอตแทรกเตอร์เปลี่ยนไป สุดท้ายผลการทดลองทั้งในเชิงปฏิบัติการและเชิงตัวเลขได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับทฤษฎีเกี่ยวกับเรโซแนนซ์แอตแทรกเตอร์ที่ถูกนำเสนอก่อนหน้านี้

Abstract

171985

For non-local feedback control, spiral waves rotating rigidly in a thin layer of the light-sensitive Belousov–Zhabotinsky (BZ) reaction are subjected to a time dependent uniform illumination. A non-local feedback algorithm computes the illumination intensity to be proportional to the average wave activity within a square-shaped sensory domain. The investigations show a broad spectrum of dynamical responses which results in square- and cross-shaped trajectories of the spiral tip, including reflections at the virtual walls. The geometry of the sensory domain is crucial in determining size and shape of the tip trajectories. The experimental results are complemented by numerical simulations, where the feedback signal is derived from sensory domains with different geometries. A theoretical approach, by constructing a flow map based on an analysis of the feedback signal, is proposed to explain the observed phenomena.

In local feedback, the rigidly rotating spiral waves are investigated under an application of a sequence of short light pulses. Each light pulse is applied at a moment that corresponds to the passage of the wave front through a particular measuring point. For a small distance between the measuring point and the initial location of the spiral core, a resonance attractor with hypocycloidal shape is observed, whereas for a larger distance an epicycloidal resonance attractor occurs. The size of the attractor can be changed by introducing a time delay. Experimental and numerical results are compared with an earlier developed theory on the resonance attractor.