

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : **RSA5880033**

ชื่อโครงการ : พลศาสตร์ของคลื่นการกระตุ้นสามมิติที่ถูกตรึงบางส่วนกับสิ่งกีดขวาง
ในตัวกลางเคมีกระตุ้นได้

ชื่อนักวิจัย : ผศ. ดร. ชัยยะ เหลืองวิริยะ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อีเมลล์ : fscicyl@ku.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : 2 ปี

บทคัดย่อ:

คลื่นสไปรอลในตัวกลางกระตุ้นได้ซึ่งเกิดขึ้นในตัวกลางชนิดต่าง ๆ กัน สามารถอธิบายได้ด้วยกลไกปฏิกิริยาและการแพร่ที่คล้ายคลึงกัน ในส่วนของงานวิจัยด้านการทดลองนิยมใช้ตัวกลางเคมีปฏิกิริยาบีโลซอฟ-ซาบอทินสกี เนื่องด้วยความสะดวกในการเตรียมตัวกลางตลอดจนการบันทึกผลการทดลองสำหรับตัวกลางที่หนามาก คลื่นสไปรอลในสามมิติเรียกว่าคลื่นสกอลล์ คลื่นประเภทนี้มีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ กล่าวคือ คลื่นศักย์ไฟฟ้าในรูปแบบสไปรอลเป็นสาเหตุของโรคหัวใจบางชนิด เช่น ventricular tachycardia และ ventricular fibrillation อันเป็นสาเหตุหลักของหัวใจวาย คลื่นนี้มักถูกตรึงกับสิ่งกีดขวาง เช่นกลุ่มเซลล์ที่ตายหรือเส้นเลือดซึ่งทำให้ภาวะ tachycardia คงอยู่นานขึ้น

ผู้วิจัยได้พบการจัดการตัวเองของโครงสร้างคลื่นในสามมิติซึ่งในตอนเริ่มต้นคลื่นสกอลล์มีโครงสร้างอย่างง่ายคือแกนกลางมีลักษณะตรงและส่วนหนึ่งเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระแต่อีกส่วนหนึ่งถูกตรึงกับสิ่งกีดขวางโดยส่วนอิสระมีคาบเวลาน้อยกว่าส่วนที่ถูกตรึง เมื่อเวลาผ่านไปโครงสร้างคลื่นในส่วนที่ถูกตรึงมีการเปลี่ยนแปลงเป็นรูปเกลียวเกลียวโดยทั้งสองส่วนเคลื่อนที่แบบประสานกันจนมีคาบเวลาเท่ากันทั้งระบบ เมื่อป้อนเกรเดียนท์อุณหภูมิเพื่อทำให้คลื่นส่วนที่อิสระเคลื่อนที่เร็วขึ้นพบว่าการบิดเป็นเกลียวมากขึ้นจนทำให้คลื่นทั้งส่วนอิสระและส่วนที่ถูกตรึงบิดเป็นเกลียวทั้งหมด ผลวิจัยนี้อยู่ในระหว่างเตรียมร่างเพื่อเสนอตีพิมพ์

ในกรณีที่คลื่นถูกตรึงทั้งตัวกลาง ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการกำจัดคลื่นออกจากจุดตรึงโดยการป้อนกระแสไฟฟ้า ปรากฏว่าคลื่นหลุดออกจากการตรึงกับสิ่งกีดขวางที่มีรูปร่างแตกต่างกันได้เมื่อความหนาแน่นกระแสไฟฟ้ามากกว่าค่าวิกฤตหนึ่ง ค่าวิกฤตนี้เพิ่มขึ้นตามเส้นรอบวงของสิ่งกีดขวางและไม่ขึ้นกับพื้นที่หน้าตัด ผลวิจัยดังกล่าวได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ Chemical Physics Letters

คำหลัก: คลื่นสไปรอล, คลื่นสกอลล์, การตรึง, การจัดการตัวเอง, ปฏิกิริยาบีโลซอฟ-ซาบอทินสกี, กลไกแบบจำลองออเรกอนเนเตอร์ ปฏิกิริยาและการแพร่

Abstract

Project Code : TRG5680044

Project Title : Elimination of waves pinned to obstacles with different shapes and orientations in excitable chemical media

Investigator : Assist. Prof. Dr. Chaiya Luengviriya, Kasetsart University

E-mail Address : fscicyl@ku.ac.th

Project Period : 2 years

Abstract:

Spiral waves, i.e., reentrant self-organizing structures of excitation, evolve in thin layers of various excitable media and are governed by reaction-diffusion mechanisms. Due to the convenient experimentation, a chemical medium namely the Belousov-Zhabotinsky (BZ) reaction is one of the most popular prototypes to study the dynamics of spiral waves experimentally. Scroll waves, i.e., three-dimensional (3D) versions of spiral waves, occur in thick media and also have an important impact on human health conditions. Scroll waves of electrical excitation in the heart are involved in causing certain types of cardiac arrhythmia, such as ventricular tachycardia. The waves are often pinned to local unexcitable obstacles, such as scars and blood vessels and tachycardia can last longer. Furthermore, deformations of wave structures can cause electrical turbulences so-called fibrillations which potentially lead to sudden cardiac death.

We observed synchronizations and self-organizations of the 3D wave structures. At the beginning, the scroll waves had a simple straight form but the wave period of the pinned part was longer than the freely moving part. In the course of time, the two parts had synchronized, i.e., the entire 3D wave structure had one single wave period. The shape of the freely moving part remained simply straight while the pinned part of scroll waves was self-organized into helical shapes. When a temperature gradient was applied to the medium to decrease the wave period of the freely moving part, the whole structure was twisted so both freely moving and pinned parts took a helical form. We are preparing a manuscript of the results for publication.

For fully pinning cases, we study unpinning of waves by electrical forcing. The pinned waves were released from different shaped obstacles when the applied electrical current density was higher than a threshold. We found that the forcing threshold increases with the obstacle circumference, regardless the cross section area. The findings were published in Chemical Physics Letters.

Keywords: spiral waves, scroll waves, pinning, self-organization, Belousov-Zhabotinsky reaction, Oregonator model, reaction-diffusion mechanism