

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: RSA5780061

ชื่อโครงการ: โซลิตอนในระบบเชิงแสงที่สมมาตรทางเวลา-ภาวะคู่หรือคี่

ชื่อนักวิจัย: รศ. ดร. ธวัชชัย เมธีวีรัญญ

E-mail Address :

ระยะเวลาโครงการ:

ประการแรก เราพิจารณาโหมดที่เป็นทั้งเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งอยู่ในชั้นที่ปราศจากเกรตติงที่คั่นระหว่างแบร์ริกเกรตติงกึ่งอนันต์สองชั้นที่เป็นแบบสมมาตรหรืออสมมาตร แบบจำลองอสมมาตรถูกกำหนดด้วยความแตกต่างระหว่างความกว้างของช่องว่างแถบของแบร์ริกเกรตติงทั้งสองชั้น ในระบบเชิงเส้นเราได้พบโหมดบกพร่องจริง นอกจากนี้ในแบบจำลองไม่เป็นเชิงเส้น เรายังพบโซลิตอนช่องว่าง (gap soliton) ที่อยู่ในชั้นตรงกลางในรูปแบบเชิงวิเคราะห์และเชิงตัวเลข ในระบบอสมมาตร เราได้หาแนวเขตของการมีอยู่ของโหมดบกพร่อง และโซลิตอนช่องว่างโดยวิธีเชิงวิเคราะห์ นอกจากนี้ เรายังระบุขอบเขตเสถียรภาพของโซลิตอนด้วยวิธีการจำลองโดยตรง เรายังได้ศึกษาการชนของโซลิตอนอีกด้วย

เราศึกษาการเกิดขึ้นเองของโซลิตอนในตัวกลางแบบ $\chi^{(2)}$ ด้วยกระบวนการแปลงผันลงจากคลื่นแอร์รี่ในองค์ประกอบฮาร์โมนิกที่สอง เราได้ระบุพื้นที่บริเวณการเกิดจำนวนของโซลิตอนที่มาพร้อมกับลำคลื่นขนาดเล็กๆ เราคำนวณหาค่ากำลังงานรวมแต่ละโซลิตอน นอกจากนี้เรายังพิจารณาแบบรูปของโซลิตอนที่เกิดจากกระบวนการแปลงผันลงจากคลื่นแอร์รี่แบบคู่ที่มีการโค้งงอในทิศตรงกันข้าม

นอกจากนี้ เรายังพิจารณาการแปลงผันจากคลื่นแอร์รี่ในองค์ประกอบฮาร์โมนิกที่สองไปเป็นโซลิตอนแบบ $\chi^{(2)}$ ในระบบที่มีความไม่เป็นเชิงเส้นแบบกำลังสอง การแปลงผันด้วยตัวเองถูกกระตุ้นด้วยความไม่เสถียรของคลื่นแอร์รี่ในฮาร์โมนิกที่สอง เรายังได้ศึกษาอินพุทในรูปแบบของวอร์เทกซ์คลื่นแอร์รี่ (Aitry wave vortex) ผลที่ได้คือ โซลิตอนที่เสถียรมีรูปแบบที่ปราศจากลำคลื่นขนาดเล็ก ซึ่งไม่เหมือนกับการศึกษาในกรณี 1 มิติโดยที่โซลิตอนนั้นจะมาพร้อมกับลำคลื่นขนาดเล็ก เราได้หาค่ากำลังงานรวม และประสิทธิภาพของการแปลงผันลงในรูปของพารามิเตอร์ของคลื่นแอร์รี่อินพุท

สุดท้าย เราใช้ระบบสามคลื่นที่มีอันตรกิริยาระหว่างสององค์ประกอบทางความถี่พื้นฐานและฮาร์โมนิกที่สองในการศึกษาการชนของคลื่นแอร์รี่และโซลิตอนในรูปแบบที่ไม่สามารถเกิดขึ้นได้ในระบบไม่เชิงเส้นชนิดอื่น ข้อดีก็คือว่า คลื่นแอร์รี่เดี่ยวในองค์ประกอบทางความถี่พื้นฐานแต่ละอัน ไม่มีลักษณะบิดเบี้ยวจากความไม่เป็นเชิงเส้นของตัวกลางแต่อย่างใด แต่จะมีความเสถียรแทน โซลิตอนของคลื่นทั้งสามมีความเสถียรในระบบนี้เช่นเดียวกัน การชนระหว่างคลื่นแอร์รี่สมมาตรได้ทำให้เกิดโซลิตอน โดยที่จำนวนของโซลิตอนลดลงเมื่อกำลังงานรวมของแอร์รี่เพิ่มขึ้น คลื่นแอร์รี่จะถูกคลื่นโซลิตอน

เข้าชนที่มีกำลังงานน้อยๆ ในขณะที่โซลิตอนที่มีกำลังงานสูงๆ จะดูดกลืนคลื่นแอร์รี การชนของคลื่นแอร์รีด้วยโซลิตอน ทำให้เกิดโซลิตอนจำนวนสองโซลิตอน โดยมีเศษซากคลื่นแอร์รีติดไปกับหนึ่งในสองของโซลิตอนนั้นด้วย หรือ อาจทำให้เกิดสถานะยึดเหนี่ยวโซลิตอน-คลื่นแอร์รีที่ซับซ้อน

คำสำคัญ : Spatial solitons, การเกิดฮาร์โมนิกที่สอง, คลื่นแอร์รี, แบร์ริกเกอร์ตติง, แถบช่องว่าง

Abstract

Project Code : RSA5780061

Project Title : Solitons in PT-symmetric optical systems

Investigator : Associate Professor Dr. Thawatchai Mayteevarunyoo, Mahanakorn
University of Technology

E-mail Address : thawatch@mut.ac.th

Project Period : 3 years (15 June 2015 to 1 July 2017)

We first consider linear and nonlinear modes pinned to a grating-free (gapless) layer placed between two symmetric or asymmetric semi-infinite Bragg gratings (BGs), with a possible phase shift between them, in a medium with the uniform Kerr nonlinearity. The asymmetry is defined by a difference between bandgap widths in the two BGs. In the linear system, exact defect modes (DMs) are found. Composite gap solitons pinned to the central layer are also found in analytical and numerical forms in the nonlinear model. In the asymmetric system existence boundaries for the DMs and gap solitons, due to the competition between attraction to the gapless layer and repulsion from the reflectivity step, are obtained analytically. Stability boundaries for solitons in the asymmetric system are identified by means of direct simulations. Collisions of moving BG solitons with the gapless layer are also studied.

Next, we study spontaneous creation of solitons in quadratic media by the downconversion (i.e., parametric instability against the generation of fundamental-frequency excitations) from the truncated Airy-wave (AW) mode in the second-harmonic component. Parameter regions are identified for the generation of one, two, and three solitons, with additional small-amplitude “jets.” Shares of the total power carried by individual solitons are found. Also considered are soliton patterns generated by the downconversion from a pair of AWs bending in opposite directions.

We also consider conversion of truncated Airy waves (AWs) carried by the second-harmonic (SH) component into axisymmetric $\chi^{(2)}$ solitons in a 2D system with quadratic nonlinearity. The spontaneous conversion is driven by the parametric instability of the SH wave. The input in the form of the AW vortex is also considered. As a result, one, two, or three stable solitons emerge in a well-defined form, unlike

the recently studied 1 D setting, where the picture is obscured by radiation jets. Shares of the total power captured by the emerging solitons and conversion efficiency are found as functions of parameters of the AW input.

Finally, We employ the generic three-wave system, with the (2) interaction between two components of the fundamental-frequency (FF) wave and second-harmonic (SH) one, to consider collisions of truncated Airy waves (TAWs) and three-wave solitons in a setting which is not available in other nonlinear systems. The advantage is that the single-wave TAWs, carried by either one of the FF component, are not distorted by the nonlinearity and are stable, three-wave solitons being stable too in the same system. The collision between mutually symmetric TAWs, carried by the different FF components, transforms them into a set of solitons, the number of which decreases with the increase of the total power. The TAW absorbs an incident small-power soliton, and a high-power soliton absorbs the TAW. Between these limits, the collision with an incident soliton converts the TAW into two solitons, with a remnant of the TAW attached to one of them, or leads to formation of a complex TAW-soliton bound state. At large velocities, the collisions become quasi-elastic.

Keywords : Spatial solitons, Second harmonic Generation, Airy waves, Bragg gratings, bandgap