

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: RMU5380005

ชื่อโครงการ: โซลิตอนในแลตทิซแสงโยกและท่อนำคลื่นแบบมีเกรตติงกระเพื่อม

ชื่อนักวิจัย: รศ.ดร. ธวัชชัย เมธีวรัญญู มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

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

ระยะเวลาโครงการ: 3 ปี (15 มิถุนายน 2553 ถึง 14 มิถุนายน 2556)

เราพิจารณาแบบจำลองโซลิตอนช่องว่างหนึ่งมิติที่มีรากฐานมาจากสมการชเรอดิงเงอร์ไม่เชิงเส้นสองสมการซึ่งได้ควบคุมด้วยความไม่เป็นเชิงเส้นการกล้ำเฟสไขว้โดยปราศจากความไม่เป็นเชิงเส้นการกล้ำเฟสในตัวสมการนี้ได้รวมศักย์แบบมีคาบโดยจะกระทำกับคอมโพเนนต์ทั้งสอง ซึ่งจะทำให้เกิดโซลิตอนช่องว่างชนิดการอยู่ร่วมกัน ที่มีอยู่ได้โดยลำพังอันเนื่องมาจากอันตรกิริยาแบบผลักออกระหว่างคอมโพเนนต์ทั้งสอง เราได้สร้างโซลิตอนช่องว่างแบบการอยู่ร่วมกันพื้นฐานในแถบช่องว่างจำกัดสองแถบแรก พร้อมทั้งได้ทำการศึกษาเสถียรภาพของมัน โซลิตอนสมมาตรในแถบช่องว่างที่สองจะไม่เสถียรหากการแตกสมมาตรอยู่เหนือค่าวิกฤตของกำลังงานรวม เรายังได้ศึกษาโซลิตอนไม่สมมาตรชนิดแบบช่องว่างเดียวกัน และระหว่างช่องว่างโดยที่ค่าคงที่การแพร่กระจายจะพบอยู่ในแถบช่องว่างเดียวกันหรือต่างแถบช่องว่างกันตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของความไม่สมมาตรระหว่างคอมโพเนนต์ จะทำให้เราได้พื้นที่เสถียรของโซลิตอนช่องว่างแคบลง โซลิตอนช่องว่างชนิดระหว่างช่องว่างจะเสถียรเมื่ออยู่ในรูปแบบไม่สมมาตรมากๆ เท่านั้น โดยที่แถบช่องว่างแรกมีอิทธิพลต่อความเสถียรภาพนี้ โซลิตอนชนิดช่องว่างเดียวกันจะไม่เสถียรในแถบช่องว่างที่สอง โซลิตอนช่องว่างที่ไม่เสถียรจะเปลี่ยนเป็น breathers นอกจากพิจารณาเชิงตัวเลขอย่างเป็นระบบแล้ว เรายังได้ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธีการประมาณโทมัส-เฟอมี

นอกจากนี้เรายังได้รายงานผลวิเคราะห์อย่างเป็นระบบของโซลิตอนแบบสองมิติ และโซลิตอนหมุนวนในแบบจำลองฟลักซ์แสงไม่เชิงเส้น หรือ เส้นใยฟลักซ์เชิงแสงโดยมีแลตทิซช่องว่างอากาศเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือขนมเปียกปูน การวิเคราะห์ เราได้มุ่งเน้นแบบจำลองที่มีความไม่เป็นเชิงเส้นแบบผลักออกด้วยตัวเอง ซึ่งจะทำให้เกิดโซลิตอนและโซลิตอนหมุนวนหลายชนิดที่เสถียรในแถบช่องว่างสองแถบแรก โดยเฉพาะ โซลิตอนช่องว่างพื้นฐานมีรูปร่างซับซ้อนในแถบช่องว่างที่สองของผลึกโฟโตนิกส์ที่มีโครงสร้างเป็นรูปขนมเปียกปูน เราได้ศึกษาเสถียรภาพของโซลิตอนจากการคำนวณค่าเฉพาะ และตรวจสอบด้วยการจำลองโดยตรง ขอบเขตเสถียรของโซลิตอนช่องว่าง และโซลิตอนหมุนวน สามารถพบได้ภายในแถบช่องว่างแถบแรกโดยขึ้นกับค่าตัวชี้ไขเคลของแลตทิซ ในบางกรณี โซลิตอน และโซลิตอนหมุนวนจะเสถียร หรือ ไม่เสถียรภายในทุกๆ แถบช่องว่าง เรายังได้ศึกษากรณีการดึงดูดด้วยตัวเองเช่นกัน เราพบว่าโซลิตอนในกรณีนี้จะไม่เสถียรในแถบช่องว่างไม่จำกัด

คำหลัก: สารควบแน่นโบส-ไอน์สไตน์ เส้นใยฟลักซ์เชิงแสง ผลึกโฟโตนิกส์ โซลิตอนช่องว่าง โซลิตอนชนิดช่องว่างเดียวกัน โซลิตอนชนิดระหว่างช่องว่าง

Abstract

Project Code: RMU5380005

Project Title: Solitons in rocking optical lattices and waveguide with undulating gratings

Investigator: Assoc. Prof. Dr. Thawatchai Mayteevarunyoo, Mahanakorn University of Technology

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

Project Period: 3 years (15 June 2010 to 1 July 2013)

We consider a two-component one-dimensional model of gap solitons (GSs), which is based on two nonlinear Schrödinger equations, coupled by repulsive XPM (cross-phase-modulation) terms, in the absence of the SPM (self-phase-modulation) nonlinearity. The equations include a periodic potential acting on both components, thus giving rise to GSs of the “symbiotic” type, which exist solely due to the repulsive interaction between the two components. Fundamental symbiotic GSs are constructed, and their stability is investigated, in the first two finite bandgaps of the underlying spectrum. Symmetric solitons are destabilized, including their entire family in the second bandgap, by symmetry-breaking perturbations above a critical value of the total power. Asymmetric solitons of intra-gap and inter-gap types are studied too, with the propagation constants of the two components falling into the same or different bandgaps, respectively. The increase of the asymmetry between the components leads to shrinkage of the stability areas of the GSs. Inter-gap GSs are stable only in a strongly asymmetric form, in which the first-bandgap component is a dominating one. Intra-gap solitons are unstable in the second bandgap. Unstable two-component GSs are transformed into persistent breathers. In addition to systematic numerical considerations, analytical results are obtained by means of an extended (“tailed”) Thomas-Fermi approximation (TFA).

We also reports results of the systematic analysis of 2D solitons, their bound states of various types, and solitary vortices in two fundamental models of nonlinear optical crystals and/or optical-crystal fibers, with the KP (Kronig-Penney) square or rhombic lattice of voids filled by a linear material. The same model can be realized in terms of the BEC (Bose-Einstein condensate) loaded into a combination of linear and nonlinear 2D lattice potentials. The solitons and solitary vortices can be created experimentally in the physical settings of both types.

The analysis was mainly focused on the models with the self-repulsive nonlinearity, which gives rise to many species of stable solitons and vortices in the two lowest finite bandgaps of the respective linear spectrum. In particular, stable fundamental gap solitons feature intricate shapes in the second finite bandgap of the photonic crystal with the rhombic transverse structure. The stability of the various modes was investigated through