پژوهشکده فیزیک کاربردی و ستاره شناسی

گروه فوتونیک

پایان‌نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

عنوان :

سالیتون کاواک گسسته درآرایه موجبرهای جفت شده درمحیط غیرخطی اشباع پذیر

اساتید راهنما

دکتر رضا خردمند

دکتر کیوان محمود اقدمی

پژوهشگر

سمانه مشکی

آبان ۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحيم

نام خانوادگی دانشجو: مشکی **نام:** سمانه

عنوان پایان نامه: سالیتون کاواک گسسته درآرایه موجبرهای جفت شده درمحیط غیرخطی اشباع پذیر

اساتید راهنما: دکتر رضا خردمند و دکتر کیوان محمود اقدمی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد **رشته:** فوتونیک **گرایش:** مخابرات

دانشگاه: تبریز **دانشکده:** : پژوهشکده فیزیک کاربردی و ستاره شناسی

فارغ التحصیل: آبان ۱۳۹۰ **تعداد صفحه:** ۹۵

کلید واژه: سالیتون، سالیتون گسسته، کاواک، ناپایداری مدولاسیون، دوپایایی

چکیده

اخیرا وجود سالیتون ها در سیستم های گسسته مانند آرایه موجبری جفت شده که توسط میدان محرک برانگیخته می‌شوند، مورد بررسی قرارگرفته است. در چنین سیستم‌هایی سالیتونهای فضایی تولید شده و به منظور سوئیچ تمام نوری در ادوات اپتیکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. فرآیند شکل گیری نوری در چنین سیستم هایی تعادل میان غیرخطیت و پراش گسسته است. توجه خود را بر نوعی دیگر از سالیتون های گسسته که سالیتون کاواک گسسته نام دارد، متمرکز می‌کنیم که درون کاواک هایی که در ابتدا و انتهای آنها آینه هایی قرار دارد شکل می‌گیرند. سالیتون های کاواک گسسته به دلیل خواص منحصربه فردشان، پتانسیل بالایی در کاربردهای آینده در پردازش اطلاعات دارند. یکی از مزیت های سالیتون کاواک گسسته این است که آنها می‌توانند به گونه ای مستقل از یکدیگر نوشته و یا پاک شوند و همچنین در توان های نوری کمتری نسبت به بقیه سالیتون ها تشکیل می‌شوند.

در این پایان نامه، انتشار نور در آرایه کاواک جفت شده با غیرخطیت اشباع پذیر در محیط خودکانون در دوسیستم (بدون اتلاف خطی و با اتلاف خطی) که توسط میدان محرک برانگیخته می‌شود، مورد مطالعه قرار گرفته و نشان داده می‌شود که کجی میدان محرک شرایط ناپایداری مدولاسیون را اساسا تغییر می‌دهد و خانواده متنوعی از آنها به طور عددی به ازای میدان پمپ متفاوت بدست آمده و رفتار دینامیکی و حرکت عرضی آنها شبیه سازی شده است. همچنین امکان نوشتن و پاک کردن سالیتون کاواک گسسته و سوئیچ انواع متفاوت آنها به وسیله برهم نهی پرتو گاوسی و موج تخت نشان داده می‌شود.

با احترام

تقدیم به پدر و مادرم

که با صبر و پشتیبانی همیشگی خود در تمامی دوران های زندگی ام امید موفقیت را در من زنده نگاه داشتند.

تقدیم به همه عزیزانی که بدون یاری آن ها اتمام این پایان نامه امکان پذیر نبود...

خدایا به داده هایت شکر

به نداده هایت شکر

به گرفته هایت شکر

چون

داده هایت نعمت

نداده هایت حکمت

و گرفته هایت امتحان است...

تقدیر و تشکر

و بعد از مدت‌ها، پس از پیمودن راه‌های فراوان که با حضور شیرین اساتید عزیزم جناب آقای دکتر کیوان محمود اقدمی و جناب آقای دکتر رضا خردمند، با راهنمایی‌ها و دغدغه‌های فراوانشان، نگاه‌های پدر و مادرم، و زیبایی حضور دوستانم در کنارم، با چشم‌های پر از برق شوق که خستگی‌های این راه را به امید و روشنی راه تبدیل کرده اند، امیدوارم بتوانم در آینده‌ی نزدیک جواب‌گوی این همه محبت آنها باشم...

با تشکر از استاد خوبم آقای دکتر سهراب احمدی که داوری این پایان نامه را به عهده گرفتند.

و در نهایت از تمامی دوستان عزیزم به ویژه خانم رقیه کریمی کمال تشکر را دارم امیدوارم قادر به درک زیبایی‌های وجودشان باشم.

فهرست مطالب

مقدمه ۱۱

فصل اول: بررسی منابع ۱۵

۱-۱ سالیتون ۱۵

۱-۱-۱ سالیتون های نوری زمانی ۱۶

۱-۱-۲ سالیتون های نوری فضایی ۱۷

۱-۲ پدیده های غیر خطی نور ۲۱

۱-۲-۱ ضریب شکست وابسته به شدت و غیرخطیت کر ۲۱

۱-۲-۲ غیرخطیت اشباع پذیر ۲۴

۱-۲-۳ اثر خود کانونی و خود واکانونی ۲۷

۱-۲-۴ ناپایداری مدولاسیون ۲۷

۱-۲-۵ دوپایایی نوری ۲۸

۱-۳ سیستم نوری گسسته ۲۹

۱-۳-۱ آرایه موجبری ۳۰

۱-۳-۲ پراش گسسته ۳۲

۱-۳-۳ خصوصیات غیرخطی و سالیتون های گسسته ۳۴

۱-۳-۴ سالیتون های متحرک گسسته ۳۹

۱-۳-۵ سالیتون کاواک گسسته ۴۰

فصل دوم: مواد و روش ها ۴۳

۲-۱ جفت شدگی غیر خطی دو موجبر ۴۳

۲-۲ آرایه ای از موجبرهای جفت شده.....۴۶

۲-۳ آرایه ای از کاواک های جفت شده با غیر خطیت اشباع پذیر.....۴۷

۲-۴ جواب های ایستای همگن و تحلیل پایداری آنها.....۴۸

۲-۵ جواب های غیر همگن و پایداری آنها.....۵۰

۲-۵-۱ روش حل عددی نیوتن رافسون.....۵۰

۲-۵-۲ حل معادلات جفت شده با روش نیوتن رافسون.....۵۲

۲-۵-۳ تحلیل پایداری خطی جواب های غیر همگن.....۵۳

۲-۶ روش دینامیکی.....۵۴

۲-۶-۱ روش اویلر.....۵۵

۲-۶-۲ روش رانگ- کوتا.....۵۶

فصل سوم: بحث، نتیجه گیری و پیشنهادات.....۵۹

۳-۱ بررسی دو پایایی و ناپایداری مدولاسیون جواب های همگن.....۵۹

۳-۲ سالیتون کاواک گسسته.....۶۳

۳-۲-۱ سالیتون های متحرک.....۷۳

۳-۳ سوئیچ زنی سالیتون کاواک گسسته با استفاده از گرادیان دامنه.....۷۶

فهرست شکل ها

شکل (۱-۱) کانال آب در اسکاتلند که اسکات راسل آزمایش خود را در آن انجام داد.....۱۶

شکل(۱-۲) انتشار پالس در دو محیط پاشنده و غیر خطی.....۱۷

شکل(۱-۳) الف) انتشار نور در محیط خطی: پرتو نور در حین انتشار دچار پراش شده است. ب) سالیتون فضایی.....۱۸

شکل(۱-۴) شباهت سالیتون های فضایی با عدسی است. پدیده پراش همانند عدسی واگرا و ماده غیر خطی مانند عدسی همگرا عمل خواهد کرد. هرگاه دو عدسی اثر یکدیگر را خنثی کنند سالیتون تولید می‌شود.....۱۹

شکل (۱-۵) طرحی از اثر خود کانونی. پرتو در محیطی که ضریب شکست در مرکز بیشتر از لبه ها است کانونی خواهد شد.....۲۷

شکل(۱-۶) طرحی از اثر خودواکانون. ضریب شکست لبه ها بیشتر از قسمت مرکزی است و محیط خودواکانون است.....۲۷

شکل(۱-۷) رابطه هیسترزیس ورودی و خروجی برای سیستم دوپایا.....۲۹

شکل(۱-۸) آرایه ای از موجبرهای جفت شده از طریق میدان الکتریکی.....۳۰

شکل (۱-۹) انتشار نور در آرایه خطی از موجبرها در حالتی که موجبر میانی تحریک شده است. شکل سمت چپ تغییرات شدت در موجبرها به ازای طول انتشار و شکل سمت راست تغییرات توان در موجبر تحریک شده P_0، موجبر اول p_1 و موجبر دوم P_2 نسبت به طول انتشار را نشان می-دهد.....۳۱

شکل(۱-۱۰) طرح پراشی گسسته مشاهده شده در خروجی به ازای پهنای ورودی.....۳۲

شکل (۱-۱۱) تغییرات بردار موج طولی به ازای تغییرات اختلاف فاز بین موجبرها $\kappa = k_x d$.....۳۳

شکل(۱-۱۲) وابستگی طرح پراشی به زاویه پرتوی ورودی.....۳۴

شکل(۱-۱۳) در سمت راست آرایه *AlGaAs* ودر سمت چپ تشکیل سالیتون نوری گسسته. با افزایش توان ورودی از بالا به پایین امکان تشکیل سالیتون وجود خواهد داشت.....۳۵

شکل(۱-۱۴) تغییرات توان در موجبر تحریک شده نسبت به طول انتشار به ازای ۳ توان ورودی.....۳۵

شکل(۱-۱۵) توزیع عرضی میدان در موجبرها نسبت به توان ورودی.....۳۶

شکل(۱-۱۶) نمونه ای از سالیتون های روشن و تاریک در آرایه ای از موجبرهای جفت شده.....۳۷

شکل(۱-۱۷) نمونه ای از سالیتون های فرد و زوج شطرنجی و غیر شطرنجی در سیستم های گسسته.....۳۷

شکل(۱-۱۹)وابستگی پتانسیل پیرز نابارو به صورت تابعی از توان.....۴۰

شکل(۱-۲۰) سمت راست طرحی از کاواک و سمت چپ آرایه ای از کاواک های جفت شده.....۴۱

شکل(۲-۱) نحوه انتشار نور در دو موجبر غیرخطی جفت شده در توان های بالا و پایین.....۴۴

شکل(۲-۲) سمت چپ توان باقیمانده در موجبر برانگیخته نسبت به طولی که نور داخل موجبر طی می‌کند به ازای توان های ورودی مختلف. رژیم خطی (رنگ سیاه(۱)) به ازای توان بحرانی (رنگ قرمز(۲) و به ازای پنج برابر توان بحرانی(رنگ سبز(۳)). سمت راست: وابستگی میزان توان باقیمانده به توان ورودی در موجبر تحریک شده.....۴۵

شکل(۲-۳)آرایه ای از موجبرهای جفت شده. خطوط سبز رنگ پراش گسسته را به ازای توان کم ورودی در آرایه ی موجبری از *AlGaAs* نشان می‌دهد. خط قرمز جایگزیدگی نور به ازای توان ورودی بالا در کانال اول را نشان می‌دهد.....۴۶

شکل(۲-۴) توضیح روش نیوتن – رافسون به صورت شماتیک..... ۵۱

شکل(۳-۱) سمت چپ منحنی دوپایایی به ازای سه مقدار مختلف $\delta = -10.3, -10.8, -11.25$ به ازای $\alpha = 10$. سمت راست منحنی دوپایایی به ازای سه مقدار متفاوت $\alpha = 10, 9.5, 9.15$ به ازای $\delta = -10.3$..... ۶۰

شکل(۳-۲) منحنی دوپایایی مربوط به جوابهای همگن(دامنه خروجی برحسب دامنه ورودی میدان) $\delta = -10.3, \alpha = 10, C = 0.5, Q = 0$..... ۶۱

شکل(۳-۳) سمت چپ ناحیه ناپایداری مدولاسیون به ازای پارامترهای $\delta = -10.3, \alpha = 10, C = 0.5$ در فضای پارامتری $|A| - q$ به ازای کجی های مختلف میدان پمپ(Q) . کمترین ناحیه ناپایداری مربوط به $Q = \pi/2$ است. سمت راست منحنی دوپایایی به ازای اختلاف فاز متفاوت بین موجبرها . نواحی که با نقطه چین در شکل آورده شده است نواحی ناپایداری سیستم را نشان می‌دهد. به ازای تمامی Qها ناحیه ناپایداری مدولاسیون بین دو نقطه بازگشتی منحنی دوپایایی محدود می‌شود..... ۶۲

شکل(۳-۴) سمت چپ مرز ناپایداری مدولاسیون در فضای پارامتری $|A| - q$ به ازای Qهای مختلف را نشان می‌دهد. کمترین ناحیه ناپایداری مربوط به حالتی است که $Q = 0, \pi$ است. به ازای $0 \langle Q \langle \pi$ بازه ناپایداری سیستم افزایش می‌یابد.سمت راست منحنی دوپایایی را به ازای Qهای متفاوت نشان می‌دهد. در حالتی که $Q = 0, \pi$ است شاخه پایینی دوپایایی و قسمتی از شاخه بالایی آن پایدار است و به ازای $0 \langle Q \langle \pi$ فقط شاخه پایینی منحنی دوپایایی پایدار بوده و کل شاخه بالایی ناپایدار است. پارامترهای سیستم $\delta = -9.2 + 0.05i, \alpha = 10, C = 1$ است..... ۶۳

شکل(۳-۵) پروفایل دامنه سالیتون روشن در آرایه از کاواک های جفت شده با غیرخطیت اشباع پذیر $\delta = -10.3, \alpha = 10, C = 0.5, Q = 0$..... ۶۴

شکل(۳-۶) منحنی دوپایایی مربوط به جواب های همگن و سالیتونهای روشن و تاریک .خط پهن مربوط به جوابهای همگن سیستم است که نواحی ناپایداری با نقطه چین نشان داده شده است.خطوط مارپیچی نازک مربوط به منحنی چند پایایی شاخه های سالیتونی برای حالتی که پرتو نگهدارنده به صورت عمود بر آرایه می‌تابد ، را نشان می‌دهد. (a) شاخه مارپیچی مربوط به سالیتونهای روشن

است که خطوط پررنگ تر سالیتونهای پایدار را نشان می‌دهد. (b) شاخه مارپیچ مربوط به سالیتونهای تاریک است و خط پرنگ بر این منحنی سالیتون تاریک پایدار را نشان می‌دهد. $\delta=-10.3,\alpha=10,C=0.5,Q=0$ ۶۴

شکل(۳–۷) پروفایل دامنه سالیتون کاواک روشن پایدار. (۱)حالتی را نشان می دهد که ماکزیمم دامنه در ۵ موجبر وسطی متمرکز شده است.(۲)مربوط به حالتی است که ماکزیمم دامنه در ۲۱ موجبر وسطی تمرکز یافته است..... ۶۵

شکل(۳–۸) پروفایل دامنه سالیتون تاریک ناپایدار که ماکزیمم دامنه در ۱۱ موجبر وسطی متمرکز شده است..... ۶۶

شکل(۳–۹) سمت چپ سالیتون روشن پایدار که با گذر زمان دامنه و فاز مربوط به آن تغییر نمی‌کند و شکل اولیه خود را حفظ کرده است. سمت راست تغییرات زمانی سالیتون تاریک ناپایدار را نشان می‌دهد. با گذر زمان این سالیتون دستخوش نوسانات می‌شود..... ۶۷

شکل(۳–۱۰) منحنی دوپایایی جواب های همگن و سالیتونهای سطحی روشن.خط پهن مربوط به جوابهای همگن است که نواحی ناپایداری با نقطه چین نشان داده شده است. منحنی مارپیچ مربوط به شاخه های سالیتونی در حالی که پرتو نگهداره به صورت عمود بر آرایه موجبری می تابد ،را نشان می‌دهد. مارپیچ نشان داده شده دارای خانواده متنوعی از سالیتونهای سطحی روشن است که مراتب مختلفی نیز دارند. خطوط پر رنگ بر روی مارپیچ سالیتونهای سطحی پایدار رانشان می‌دهد. $\delta=-10.3,\alpha=10,C=0.5,Q=0$ ۶۸

شکل(۳–۱۱) پروفایل دامنه سالیتون کاواک گسسته سطحی روشن . سالیتون شماره ۱ مربوط به حالتی است که بیشینه شدت در ۳ موجبراول متمرکز شده و سالیتون شماره ۲، بیشینه شدت در ۹ موجبراول تمرکز یافته است. $\delta=-10.3,\alpha=10,C=0.5,Q=0$ ۶۸

شکل(۳–۱۲) منحنی دوپایایی جواب های همگن و شاخه سالیتونی. در این منحنی ناپایداری با نقطه چین نشان داده شده است. منحنی مارپیچ مربوط به شاخه های سالیتونی در حالی که پرتو نگهداره به صورت عمود بر آرایه موجبری می تابد ،را نشان می‌دهد. مارپیچ نشان داده شده مربوط به سالیتون

کاواک گسسته سطحی تاریک است. خطوط پر رنگ بر روی مارپیچ سالیتونهای سطحی پایدار رانشان می‌دهد. $\delta=-10.3,\alpha=10,C=0.5,Q=0$ ۶۹

شکل(۳–۱۳) پروفایل دامنه سالیتون کاواک گسسته سطحی تاریک. سالیتون شماره ۳ بیشینه شدت در ۵ موجبر اولیه متمرکز شده است. $\delta=-10.3,\alpha=10,C=0.5,Q=0$ ۶۹

شکل(۳–۱۴) منحنی دوپایایی جوابهای همگن به همراه چند پایایی مربوط به شاخه های سالیتونی. (شاخه a) مربوط به سالیتونهای غیرسطحی روشن و (شاخه b) مربوط به سالیتونهای سطحی روشن است. $\delta=-10.3,\alpha=10,C=0.5,Q=0$ ۷۰

شکل(۳–۱۵) منحنی دوپایایی جوابهای همگن به همراه شاخه دوپایایی مربوط به سالیتونهای غیرسطحی تاریک(شاخه a) و مربوط به سالیتونهای سطحی تاریک (شاخه b) است. $\delta=-10.3,\alpha=10,C=0.5,Q=0$ ۷۰

شکل(۳–۱۶) منحنی دوپایایی جوابهای همگن. خطوط نقطه چین ناپایداری سیستم را نشان می‌دهد. (a)و(b) شاخه سالیتونی سالیتونهای درون موجبری و بین موجبری را به ترتیب نشان می‌دهند. خطوط پررنگ مربوط به سالیتونهای پایدار است. $\delta=-9.2+0.05i,\alpha=10,C=1,Q=0$ ۷۱

شکل(۳–۱۷) سمت چپ پروفایل دامنه سالیتون درون موجبری از مرتبه ۳ و سمت راست نمایه دامنه سالیتون بین موجبری از مرتبه ۴. $\delta=-9.2+0.05i,\alpha=10,C=1,Q=0$ ۷۲

شکل(۳–۱۸) پروفایل دامنه سالیتون کاواک سطحی. بیشینه شدت در دو موجبر اول متمرکز شده است. $\delta=-9.2+0.05i,\alpha=10,C=1,Q=0$ ۷۲

شکل(۳–۱۹) سالیتون درون موجبری متحرک $\delta=-9.2+0.05i,\alpha=10,C=1,Q=0.03$ ۷۳

شکل(۳–۲۰) موقعیت قله برحسب زمان و بدست آوردن سرعت سالیتون درون موجبری متحرک به ازای Qهای مختلف. $\delta=-9.2+0.05i,\alpha=10,C=1$ ۷۴

شکل(۳–۲۱) سالیتون بین موجبری متحرک $\delta=-9.2+0.05i,\alpha=10,C=1,Q=0.02$ ۷۴

شکل(۳-۲۲) موقعیت قله برحسب زمان و بدست آوردن سرعت سالیتون بین موجبری متحرک به ازای Qهای مختلف. با زیاد شدن Q سرعت سالیتون نیز افزایش می‌یابد. $\delta=-9.2+0.05i, \alpha=10, C=1$ ۷۴

شکل(۳-۲۳) سمت چپ پروفایل شدت سالیتون در لحظه اول و سمت راست نمایه شدت بعد از برخورد. $\delta=-9.2+0.05i, \alpha=10, C=1, Q=0.2$ ۷۵

شکل (۳-۲۴) فرآیند برخورد یک سالیتون بین موجبری و یک سالیتون سطحی که نهایتا یک سالیتون سطحی پایدار باقی می‌ماند. $\delta=-9.2+0.05i, \alpha=10, C=1, Q=0.2$ ۷۵

شکل(۳-۲۵) آرایه ای از کاواک های جفت شده با غیرخطیت اشباع پذیر تحت تابش پرتو تخت به همراه پرتو گاوسی. ۷۶

شکل(۳-۲۶) تحولات زمانی شدت خروجی در حین اعمال پرتو گاوسی حین نوشتن سالیتون و بعد از حذف پرتو گاوسی.در این شکل زمان با گام ۰,۰۵ در نظر گرفته شده است. $\delta=-9/2+0.05i, \alpha=10, C=1, Q=0, p_1=0.5,\ p_g=4, w=5, \varphi_{ph}=0, t_{inj}=1.2$ ۷۸

شکل(۳-۲۷) نمایی دیگر از نوشتن سالیتون درون موجبری بر روی زمینه همگن پایدار. در این شکل زمان با گام ۰,۰۵ در نظر گرفته شده است. $\delta=-9/2+0.05i, \alpha=10, C=1, Q=0, p_1=0.5,\ p_g=4, w=5, \varphi_{ph}=0, t_{inj}=1.2$ ۷۸

شکل(۳-۲۸) تغییرات زمانی شدت موجبر مرکزی بر حسب زمان. نوشتن سالیتون در دو مرحله انجام می‌شود. مرحله اول اعمال پرتو گاوسی($10\langle t\langle 11.2$) و مرحله دوم حذف این پرتو و رسیدن سیستم به حالت پایدار($11.2\langle t\langle 125$) است. $\delta=-9/2+0.05i, \alpha=10, C=1, Q=0, p_1=0.5,\ p_g=4, w=5, \varphi_{ph}=0, t_{inj}=1.2$ ۷۹

شکل(۳-۲۹) وابستگی زمان اعمال پرتو گاوسی به دامنه پرتو گاوسی به ازای $w=4$ و $w=5$ ۸۰

شکل (۳-۳۰) تحولات زمانی شدت خروجی در حین اعمال پرتو گاوسی حین نوشتن سالیتون بین موجبری و بعد از حذف پرتو گاوسی.در این شکل زمان با گام ۰,۰۵ در نظر گرفته شده است.
$\delta = -9/2 + 0.05i, \alpha = 10, C = 1, Q = 0, p_1 = 3.5,\ p_g = 2, w = 3, \varphi_{ph} = 0, t_{inj} = 2$ ۸۰

شکل (۳-۳۱) نمایی دیگر از نوشتن سالیتون بین موجبری بر زمینه همگن پایدار. در این شکل زمان با گام ۰,۰۵ در نظر گرفته شده است.
$\delta = -9/2 + 0.05i, \alpha = 10, C = 1, Q = 0, p_1 = 3.5,\ p_g = 2, w = 3, \varphi_{ph} = 0, t_{inj} = 2$ ۸۱

شکل۳-۳۲ نمایی از پاک کردن سالیتون با استفاده از گرادیان دامنه به وسیله پرتو گاوسی. در این شکل زمان با گام ۰,۰۵ در نظر گرفته شده است.
$\delta = -9/2 + 0.05i, \alpha = 10, C = 1, Q = 0, p_1 = 0.7,\ p_g = 6, w = 5, \varphi_{ph} = pi, t_{inj} = 7$ ۸۱

شکل (۳-۳۳) تغییرات شدت موجبر مرکزی بر حسب زمان. پاک کردن سالیتون در دو مرحله انجام می‌شود. مرحله اول اعمال پرتو گاوسی و مرحله دوم حذف این پرتو و رسیدن سیستم به حالت شاخه همگن پایینی است.
$\delta = -9/2 + 0.05i, \alpha = 10, C = 1, Q = 0, p_1 = 0.7,\ p_g = 6, w = 5, \varphi_{ph} = pi, t_{inj} = 7$ ۸۲

شکل(۳-۳۴) نوشتن و پاک کردن سالیتونها مستقل از یکدیگر

$\delta = -9/2 + 0.05i, \alpha = 10, C = 1, Q = 0, p_1 = 0.5,\ p_g = 4, w = 5, \varphi_{ph} = 0, t_{inj} = 1.2$

$\delta = -9/2 + 0.05i, \alpha = 10, C = 1, Q = 0, p_1 = 0.5,\ p_g = 10, w = 5, \varphi_{ph} = pi, t_{inj} = 50$ ۸۳

شکل(۳-۳۵) نوشتن سالیتون سطحی. در این شکل زمان با گام ۰,۰۵ در نظر گرفته شود.
$\delta = -9/2 = 0.05i, \alpha = 10, C = 1, Q = 0, p_1 = 0.9,\ p_g = 6, w = 4, \varphi_{ph} = 0, t_{inj} = 10$ ۸۴

شکل(۳-۳۶) نوشتن سالیتون سطحی. نوشتن سالیتون سطحی نیز در دو مرحله انجام می شود. مرحله اول اعمال پرتو گاوسی که در اینجا ۱۰ واحد زمانی پرتو اعمال شده است و مرحله دوم حذف پرتو گاوسی و شکل گیری سالیتون پایدار است.
$\delta = -9/2 + 0.05i, \alpha = 10, C = 1, Q = 0, p_1 = 0.9,\ p_g = 6, w = 4, \varphi_{ph} = 0, t_{inj} = 10$ ۸۴

شکل(۳–۳۷) تغییرات شدت موجبر اول برحسب زمان

$\delta=-9/2+0.05i, \alpha=10, C=1, Q=0, p_1=0.9,\ p_g=6, w=4, \varphi_{ph}=0, t_{inj}=10$ ۸۵

شکل(۳–۳۸) پاک کردن سالیتون سطحی است که گام زمانی ۰,۰۵ است.

$\delta=-9/2+0.05i, \alpha=10, C=1, Q=0, p_1=0.7,\ p_g=9, w=4, \varphi_{ph}=\pi, t_{inj}=10$ ۸۵

شکل(۳–۳۹) پاک کردن سالیتون سطحی. پاک کردن سالیتون سطحی نیز در دو مرحله انجام می شود. مرحله اول اعمال پرتو گاوسی که در اینجا ۱۰ واحد زمانی پرتو اعمال شده است و مرحله دوم حذف پرتو گاوسی تا سیستم به حالت همگن پایدار برسد.

$\delta=-9/2+0.05i, \alpha=10, C=1, Q=0, p_1=0.7,\ p_g=9, w=4, \varphi_{ph}=\pi, t_{inj}=10$ ۸۶

شکل (۳–۴۰) تغییرات شدت موجبر اول بر حسب زمان

$\delta=-9/2+0.05i, \alpha=10, C=1, Q=0, p_1=0.7,\ p_g=9, w=4, \varphi_{ph}=\pi, t_{inj}=10$ ۸۶

شکل(۳–۴۱) نوشتن دو سالیتون در موقعیت موجبر ۱۲ و ۵۲

$\delta=-9/2+0.05i, \alpha=10, C=1, Q=0, p_1=0.5,\ p_g=4, w=5, \varphi_{ph}=0, t_{inj}=1.2$ ۸۷

شکل(۳–۴۲) به حرکت در آوردن دو سالیتون نوشته در موقعیت موجبر ۱۲ و ۵۲ به وسیله ی کجی پرتو پمپ در یک زاویه مشخص این دو سالیتون کمترین فاصله موجبری(یک موجبر) را از یکدیگر تجربه خواهند کرد. گام زمانی ۰,۰۵ است. $\delta=-9/2+0.05i, \alpha=10, C=1, Q=-0.25, p_1=0.5$ ۸۷

شکل(۳–۴۳) پروفایل شدت نهایی دو سالیتون.

$\delta=-9/2+0.05i, \alpha=10, C=1, Q=-0.25, p_1=0.5$ ۸۸

مقدمه

سالیتونها یا امواج سالیتونی، امواج جایگزیده‌ای هستند که تحت شرایط خاصی در مواد غیر خطی ایجاد شده و بدون تغییر شکل در محیط منتشر می‌شوند. سالیتون ها هم از نظر تئوری و هم از نظر عملی در زمینه های مختلف علمی از جمله هیدرودینامیک، اپتیک غیرخطی، فیزیک پلاسما و بیولوژی وارد شده و دارای اهمیت می‌باشند. برای اولین بار سالیتون در سال ۱۸۳۴ توسط جیمز اسکات راسل در کانال آبی اسکاتلند مشاهده شد[۱] .

از لحاظ اپتیکی، سالیتونها به دودسته، سالیتونهای فضایی و زمانی رده بندی می‌شوند و بسته به اینکه موج در حال انتشار در فضا یا زمان جایگزیده شود، سالیتون فضایی وزمانی خواهیم داشت. هر دو نوع سالیتونها به علت تغییر در ضریب شکست محیط که از طریق شدت میدان الکتریکی توسط پدیده‌هایی مانند غیرخطیت کر، غیرخطیت درجه دو، جاذب اشباع‌پذیر و ... به سیستم القا شده است، به وجود می‌آیند.

میدان های الکترو مغناطیسی توابع پیوسته ای از فضا و زمان هستند اما با تقریب می‌توان میدان را به صورت مجموعه ای از مدهای گسسته بسط داد .آرایه ای از موجبرهای جفت شده از طریق میدان الکتریکی را می‌توان یکی از نمودهای این تقریب دانست که در آن تحولات میدان به صورت گسسته بیان می‌شود. گسسته بودن محیط از لحاظ ضریب شکست در راستای عمود بر انتشار سبب به وجود آمدن پدیده های جالب توجهی می‌شود که از جمله آنها پراش گسسته است . مسئله انتشار نور در آرایه‌های خطی[1] اولین بار به صورت تئوری توسط جونز در سال ۱۹۶۵[۲] و بعدها توسط یاریو و همکارانش [۳] در آرایه ای از گالیم آرسنایدمطالعه شد. اولین بررسی تئوری سالیتونهای گسسته در سال ۱۹۸۸توسط کریستودولاید و جوزف [٤] انجام شد. سپس آیزنبرگ[٥]در آرایه ای از آلومینیوم

[1] Linear arrays

گالیم آرسناید آنها را به صورت تجربی مشاهده کرد. در عمل به خاطر کوچک بودن هم پوشانی میدان موجبر ها جفت شدگی کم بوده و برای مشاهده پدیده های مذکور نیاز است که طول موجبر ها نسبتا بلند باشد و این موضوع مانع از کوچک سازی و استفاده در مدارات مجتمع نوری می‌شود . بنابر این با قرار دادن آینه هایی در ابتدا و انتهای موجبر ها و مسیر نوری در سیستم تا شده و به صورت آرایه ای از کاواک ها ی جفت شده در می آید.

به دلیل بازتاب‌های متوالی نور از آینه‌های مرزی که کاواک را تشکیل می‌دهند، اندرکنش نور با ماده غیر خطی داخل کاواک به طور مؤثر افزایش می‌یابد. در نتیجه سالیتونها در توان ورودی کمتری نسبت به سالیتونهای معمولی ایجاد خواهند شد. پرتو نگهدارنده به عنوان تأمین کننده انرژی سیستم به سیستم اعمال می‌شود. از مزیت های دیگر سالیتون کاواک مستقل بودن آنها از یکدیگر است به گونه ای که به طور جداگانه قابل پاک شدن و یا نوشتن می‌باشند. این خاصیت جالب در سالیتون های کاواک باعث شده است تا آنها کاندیدای مناسبی در پردازش اطلاعات نوری، کدگذاری نوری و کاربردهای تکنولوژی اطلاعات تلقی شوند. قدیمی ترین مطالعات بر روی سالیتون های کاواک توسط جی.وی.مولونی و همکارانش[٦,٧,٨] انجام گرفت که شامل ماده خود کانونی کر در حضور پدیده دوپایایی بررسی گردیده است.در سال های اخیر نیز ویلی.اجی.فرتز و همکارانش[٩] وجودسالیتون های کاواک را در مواد اشباع پذیر بررسی کردند.

در این پایان نامه آرایه ای از کاواک های جفت شده با غیرخطیت اشباع پذیر مورد بررسی قرار می-گیرد و سالیتونهای کاواک گسسته در این محیط معرفی می‌شود. این پایان نامه در سه بخش اصلی تنظیم شده است. در فصل اول به بررسی منابع، توضیح مفاهیم اساسی در مورد سالیتون، آرایه موجبری، پراش گسسته، غیرخطیت اشباع و ... پرداخته می‌شود. در فصل دوم و سوم ابتدا با شروع از جوابهای همگن و بررسی وضعیت دوپایایی آنها شرایط پارامتری که سبب ناپایداری آنها می‌شود در

دو سیستم با اتلاف خطی و بدون اتلاف خطی بررسی می‌گردد و اثرات اختلاف فاز بین میدان الکتریکی موجبرها که به سبب کجی در تابش پرتو نگهدارنده به وجود می‌آید، مطالعه می‌شود. بعد از مشخص شدن نواحی ناپایداری، انواع مختلف سالیتونهای کاواک گسسته و پایداری آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد. در نهایت امکان کلیدزنی این سالیتونها توسط گرادیان دامنه مطالعه می‌شود و نتایج حاصل از شبیه سازی بیان می‌گردد.

فصل اول

بررسی منابع

(مفاهیم اساسی و پیشینه ی پژوهش)