بیست و هفتمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک
ایران و سیزدهمین کنفرانس مهندسی و فناوری
فوتونیک ایران،
دانشگاه سیستان و بلوچستان،
زاهدان، ایران.
۱۴-۱۶ بهمن ۱۳۹۹

کد مقاله : ۲-۲۱۸۱-۱۰-A

انتشار نور در آرایه یک‌بعدی مارپیچی فیبوناچی از موجبرهای نوری

محسن یعقوبی*[۱]، مجتبی گلشنی[۲]

[۱]دانشکده علوم پایه، بخش فیزیک، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران

[۲]دانشکده فیزیک، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان

***mohsenyaghoobi121072@gmail.com**

چکیده:در این مقاله به بررسیتاثیر اندازه شعاع چرخش بر انتشار نور در آرایه یک‌بعدی مارپیچی فیبوناچی از موجبرهای نوریمی-پردازیم.نتایج عددی بدست آمده نشان می دهد که در اختلاف ثابت انتشار کوچک، افزایش شعاع چرخش باعث کاهش گسترش جانبی نوردر طول انتشار و نهایتا منجر به جایگزیدگی عرضی می‌گردد، اما در اختلاف ثابت انتشار بزرگ، بدون توجه به مقدار شعاع چرخش،نور بدون گسترش عرضی در راستای طولی منتشر می‌شود و شعاع چرخش تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر رفتار آن ندارد.

کلید واژه: آرایه مارپیچی فیبوناچی از موجبرهای نوری، جایگزیدگی عرضی، نرخ مشارکت

Light Propagation ina 1DTwistedFibonacci Optical Waveguide Array

Mohsen Yaghoobi[1], Mojtaba Golshani[2]

[1]DepartmentofPhysics, Shahid Rajaee Teacher Training University, Tehran
[2]Faculty of Physics, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman

***mohsenyaghoobi121072@gmail.com**

Abstract - In this paper, we investigate the effect of rotational radius on light propagation in 1D twisted Fibonacci optical waveguides array. The numerical results show that for small values of propagation constants discrepancy, increasing of the radius of rotation reduces the lateral spreading of light and results in transverse Localization. However, at a larger propagation constant discrepancy, regardless of the value of the rotational radius, light propagates without considerable transverse spreading, and the radius of rotation does not have a significant effect on its behavior.

Keywords: TwistedFibonacci Optical Waveguide Array, Transverse Localization, Participation rate

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

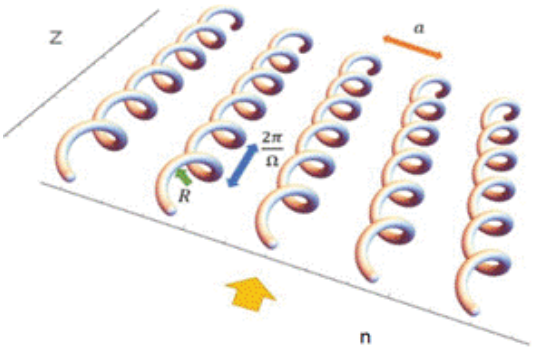
مقدمه

آرایه‌ای موجبرهای نوری، یک سیستم ایده‌آل برای بررسی پدیده‌های گوناگون مربوط به سیستم‌های گسسته است و از آنجایی‌که امکان مشاهده مستقیم تحول تابع موج را فراهم می-کنند، بسیار مورد توجه می‌باشند[۲،۱].تاکنون پدیده‌های گوناگونی از جمله جایگزیدگی اندرسون، تقارن پاریته-زمان و خاصیت حفاظت توپولوژیکی در آرایه‌های مختلفی از موجبرهای نوری مورد بررسی قرار گرفته‌اند[۴،۳]. با توجه به اینکه که آرایه موجبرهای نوری یک آزمایشگاه در دسترس و ارزان برای بررسی پدیده‌های مختلف در سیستم‌های گسسته اپتیک و ماده چگال است، می‌تواند در شبیه سازی تاثیر چرخش موجبرها بر انتشار نور مورد استفاده قرار گیرد. این چرخش از آنجایی‌که مشابه اعمال میدان مغناطیسی بر بلور الکترونی است، بسیار مورد توجه است. در کارهای گذشته تاثیر چرخش موجبرها بر آرایه‌های نوری منظم و بی‌نظم مورد بررسی قرار گرفته است، اما درباره رفتار امواج نوری در آرایه-های شبه‌منظم (شبه‌بلور فوتونی)، اطلاعات کمی در دسترس می‌باشد. آرایه موجبرهای نوری فیبوناچی یک از این آرایه‌ها است که دارای ویژگی‌های نوری جذابی می‌باشد[۶،۵]. در آرایه‌های نوری فیبوناچی، ثابت انتشار یا فاصله بین موجبرها بر اساس الگوی فیبوناچی انتخاب می‌شوند.در این مقاله با بررسی مستقیم نحوه تحول نور و همچنین محاسبه نرخ مشارکت، اثر شعاع چرخش بر انتشار نور در آرایه چرخشی موجبرهای فیبوناچی مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

معرفی سیستم

سیستم مورد مطالعه، آرایه یک بعدی از N موجبر مارپیچی می‌باشد که در فاصله ثابت a از یکدیگر قرار گرفته اند (شکل ۱).تعداد و ثابت انتشار موجبرها،همانطور که در ادامه بیان خواهد شد، بر اساس الگوی فیبوناچی تعیین می‌شود. در این پژوهش تنها جفت‌شدگی به همسایه‌های اول درنظر گرفته خواهد شد؛ بنابراین هر موجبر با موجبرهای کناری خود انرژی مبادله می‌کند.در تقریب جفت شدگی مدها ، معادلات تنگ-بست حاکم بر انتشار دامنه میدان الکتریکی موجبر nام E_nبه صورت زیر است[۴]:

$$-i\,\frac{\partial E_n}{\partial z} = \beta_n\,E_n + c\sum_{<m,n>} e^{iA(z).r_{m,n}}\,E_m$$



شکل ۱: آرایه یک‌بعدی مارپیچی از موجبرهای نوری

که در آن $< m,n >$ نشان‌دهنده جمع روی نزدیک‌ترین همسایه‌های موجبر nام است.در نوشتن معادلات، فرض شده است که موج دارای قطبش در یک راستای مشخصی باشد، به همین دلیل به صورت اسکالر نوشته شده‌اند. در رابطه فوق، بردار

$$A(z) = k_0 R\Omega[sin(\Omega z), -cos(\Omega z), 0]$$

نشان دهنده‌ی پتانسیل برداری معادل با چرخش موجبرها، Ω فرکانس چرخش، k_0 عدد موج در محیط، Rشعاع چرخش، β_n ثابت انتشار موجبر nام ، c ضریب جفت شدگی بین موجبرهای مجاور، و نهایتا $r_{j,k} = r_j - r_k$اختلاف مکان بین موجبر jام و kام است.هدف این مقاله بررسی نحوه انتشار نور در آرایه یک‌بعدی چرخشی از موجبرها، که در آنثابت انتشار موجبرها بر اساس الگوی شبه‌بلور فیبوناچی انتخاب شده اند، می‌باشد. بدین منظور، با انتخاب دو ثابت انتشار β_A و β_B (دو نوع موجبر متفاوت)، بسته به تعداد موجبرهاN، ثابت انتشار موجبرها از مجموعه B_N،

$$B_0 = \{\beta_A\}$$
$$B_1 = \{\beta_B\}$$
$$B_2 = B_0B_1 = \{\beta_A, \beta_B\}$$
$$B_3 = B_1B_2 = \{\beta_B, \beta_A, \beta_B\}$$
$$B_5 = B_2B_3 = \{\beta_A, \beta_B, \beta_B, \beta_A, \beta_B\}$$
$$B_8 = B_3B_5 = \{\beta_B, \beta_A, \beta_B, \beta_A, \beta_B, \beta_B, \beta_A, \beta_B\}$$

انتخاب می‌شوند[۶]. با توجه به الگوی فوق، تعداد موجبرها تنها می‌تواند یکی از اعداد فیبوناچی ۲، ۳، ۵، ۸، ۱۳، ۲۱، ۳۴، ۵۵،

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

۸۹ و ... باشد. در این مقاله تعداد موجبرها ۵۵ درنظرگرفته شده است.از آنجایی‌که یک جابجایی مشخص در ثابت انتشار کلیه موجبرهامعادل ضرب دامنه میدان کلیه موجبرها در یک فاز ثابت است، بدون از دست‌دادن کلیات مسئله می‌توان $\beta_A = 0$ و $\beta_B = \beta_0$درنظرگرفت، که در آن β_0 اختلاف ثابت انتشار بین موجبرهای متفاوت است.

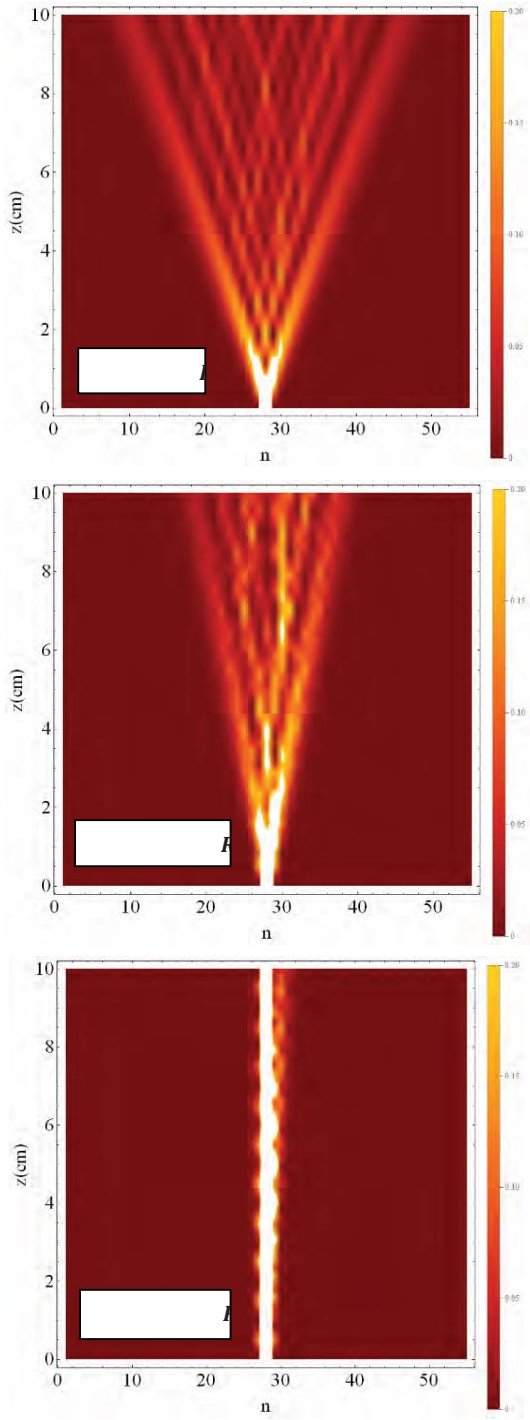
به منظور بررسی میزان گسترش عرضی نور، می‌توان از معیار نرخ مشارکت $PR = \frac{\left(\sum_{n=1}^{N}|E_n(z)|^2\right)^2}{\sum_{n=1}^{N}|E_n(z)|^4}$استفاده کرد. این معیار تعداد موجبرهای اشغال‌شده توسط نور را نشان می‌دهد. بنابراین هرچه نرخ مشارکت بزرگتر باشد، گسترش عرضی نور نیز بیشتر خواهد بود.

نتایج عددی

معادلات حاکم بر سیستم شامل $N = 55$ موجبر نوری، به ازای پارامترهای

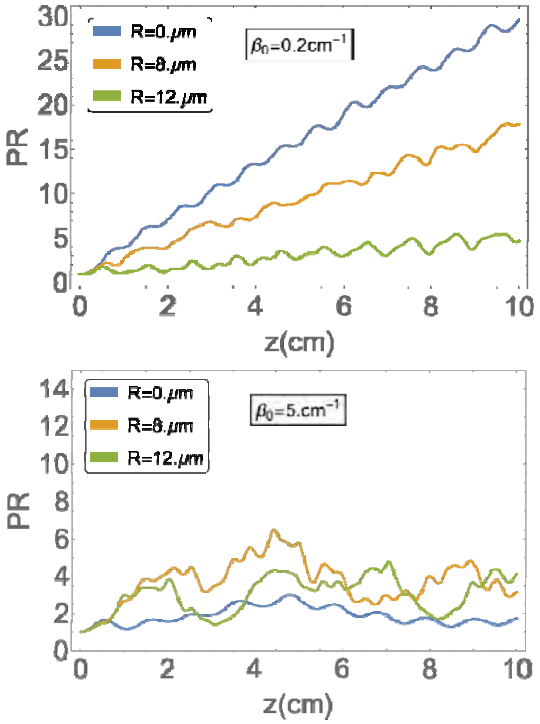
$\Omega =$
$a =$

به صورت عددی حل شده‌اند. شرط اولیه به صورت ورود نور در موجبر میانی $n_0 = 28$، $E_n(z = 0) = \delta_{n,n_0}$درنظر گرفته شده است.شکل‌های (۲)و (۳) به ترتیب نشان دهنده‌ی نحوه انتشار نور برای سه شعاع چرخش Rمتفاوت صفر (موجبرهای مستقیم)، ۸ میکرون و ۱۲ میکرون، برای دو اختلاف ثابت انتشار کوچک $\beta_0 = 0.2\ cm^{-1}$ و بزرگ $\beta_0 = 5\ cm^{-1}$می‌باشند.علاوه‌براین، شکل (۴) نحوه تغییر نرخ مشارکت برحسب طول انتشار را برای پارامترهای مورد استفاده در شکل‌های (۲) و (۳) نشان می‌دهد.با توجه به شکل (۲) و قسمت اول شکل (۴)، در اختلاف ثابت انتشار کوچک $\beta_0 = 0.2\ cm^{-1}$، در شعاع‌های چرخش کوچک، با افزایش شعاع چرخش، میزان گسترش عرضی نور کاهش می‌یابد. در مقادیر بزرگ‌تر شعاع چرخش، گسترش عرضی انرژی متوقف شده، نور در تعداد محدودی از موجبرها باقی مانده و وارد رژیم جایگزیدگی عرضی رخ می‌دهد. بنابراین، افزایش شعاع چرخش، کاهش گسترش عرضی پرتو را بدنبال دارد. اما همانطور که شکل (۳) و قسمت دوم شکل (۴) نشان می‌دهد، در اختلاف ثابت انتشار بزرگ $\beta_0 = 5\ cm^{-1}$، بدون توجه به مقدار شعاع چرخش سیستم در رژیم جایگزیده قرار دارد، و افزایش شعاع چرخش تاثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر نرخ مشارکت و میزان گسترش عرضی نور ندارد.

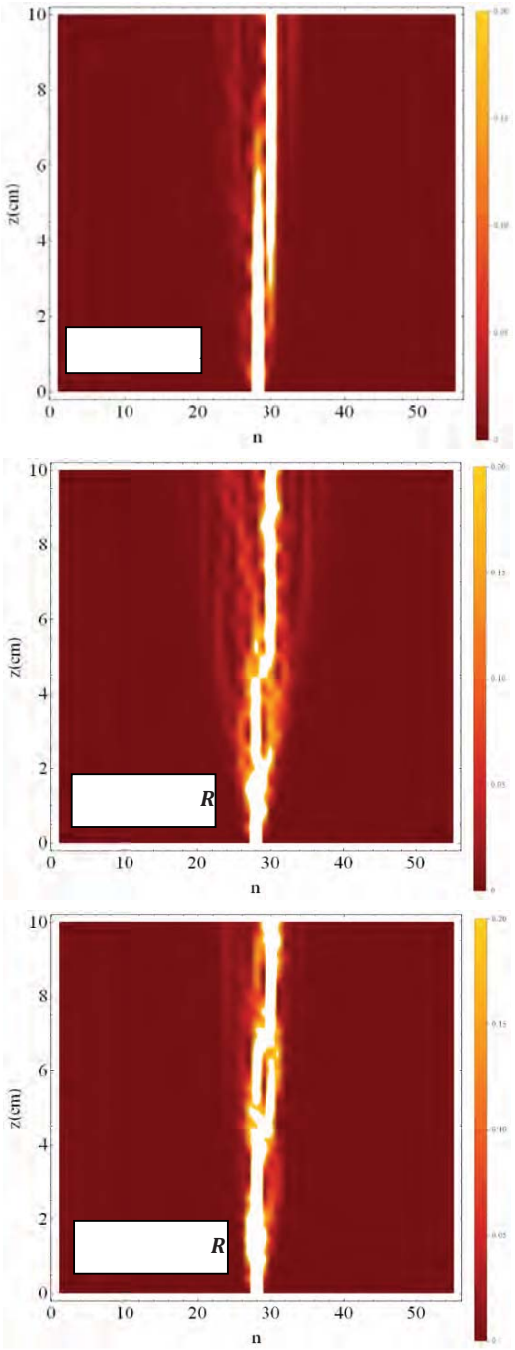


شکل۲: الگوپانتشار نور برای شعاع های چرخش متفاوت در اختلاف ثابت انتشار $\beta_0 = 0.2\ cm^{-1}$

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.



شکل ۴: نحوه تغییرنرخ مشارکت برحسب طول انتشار برای شعاع-های چرخش متفاوت در دو اختلاف ثابت انتشار مختلف



شکل۳: الگوی انتشار نور برای شعاع های چرخش متفاوت در اختلاف ثابت انتشار $\beta_0 = 5\ cm^{-1}$

خلاصه و نتیجه‌گیری

در این مقاله، به بررسی نحوه انتشار و جایگزیدگی نور در آرایه چرخشی یک بعدی فیبوناچی از موجبرهای نوری پرداخته شد.

نتایج عددی بدست آمده نشان می‌دهد که بسته به مقدار اختلاف ثابت انتشار، افزایش شعاع چرخش تاثیر متفاوتی بر الگوی انتشار نور دارد. در اختلاف ثابت انتشار کوچک، افزایش شعاع چرخش کاهش گسترش عرضی انرژی را بدنبال دارد، درحالی‌که در مقادیر بزرگ اختلاف ثابت انتشار، سیستم در رژیم جایگزیده قرار دارد و افزایش شعاع چرخش تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر میزان گسترش عرضی نور ندارد.

مرجع ها

[1]S. Longhi, Laser & Photon. Rev. 3, 243 (2009).
[2]D. N. Christodoulides, F. Lederer, and Y. Silberberg, Nature 424, 817 (2003).
[3]Tal Schwartz, Guy Bartal, Shmuel Fishman, and Mordechai Segev,Nature 446, 52 (2007).
[4]Mikael C. Rechtsman et al., Nature 496, 196 (2013).

[5]R.B., Capaz, B.Koiller, S.L.A.de Queiroz, Phys. Rev. B 42, 6402 (1990).
[6]M. Tavakoli, Y. SeyedJalili,Journal of Theoretical and Applied Physics8 (113) (2014).

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.