بیست و پنجمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و یازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه شیراز،
شیراز، ایران.
۹-۱۱ بهمن ۱۳۹۷

بررسی مدهای انتشاری و رفتار دوپایداری نوری در موجبر نانومشدد پلاسمونیک غیرخطی با مواد چلکوجناید

فاطمه دهمرده، محسن حاتمی

2014dahmardeh02@gmail.com

چکیده در این‌مقاله مدهای انتشاری و رفتار دوپایداری را در یک نانومشدد پلاسمونیک غیرخطی با ساختار فلز_دی-الکتریک_فلز (MDM) با طول‌موج مخابراتی به صورت عددی با روش تکرار بررسی می‌کنیم. در این سیستم یک موجبر (MDM) به صورت عمودی به یک استب که با شیشه‌های چلکوجناید پر شده است جفت می‌شود و یک نانو رزناتور پلاسمونیک غیرخطی ساخته می‌شود. این نتایج می‌تواند برای کلیدزنی تمام نوری و حافظه به کار برود.

کلید واژه- استب، دوپایداری نوری، نانومشدد پلاسمونیک، نانوپلاسمونیک غیرخطی

Study of distribution modes and optical bistability in nonlinear plasmonic nanoresonator fill with Chalcogenide

Fatemeh Dahmardeh, and Mohsen Hatami

2014dahmardeh02@gmail.com

Abstract-In this paper we study numerically With repeat method distribution modes and the bistable behavior of a nonlinear metal-dielectric-metal (MDM) plasmonic nanoresonator at telecom wavelength. In this system a MDM waveguide, vertically coupled to stub filled with highly nonlinear coefficient chalcogenide glasses to make a nonlinear plasmonic nanoresonator. The result of this research can be used for all optical switching and memory

Keywords:Stub, optical bistability, plasmonic nanoresonator, Nanoplasmonic nonlinear

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-16]

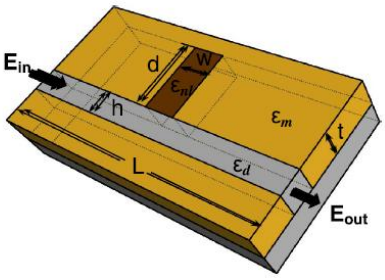
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

مقدمه

نخستین تحقیقات انجام شده بر روی پلاسمونیک به ابتدای قرن بیستم باز می‌گردد. ساختارهای پلاسمونیک، متشکل از فلز و دی‌الکتریک بوده و ابعاد آن‌ها زیرِ طول موج تحریکی، طول موج پرتویی که باعث تحریک امواج پلاسمونیک می‌شود، قرار دارد [۱]. از آنجا که اثرات غیرخطی در آزمایشگاه فقط با لیزرهایی با توان بسیار بالا قابل دیدن بود، از لحاظ آزمایشگاهی کاری بسیار سخت و ناممکن به حساب می‌آمد تا اینکه با تولید مواد جدیدی با ضریب شکست‌های ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ برابر نسبت به ضریب شکست‌های غیرخطی مرسوم که از جنس سیلیکا بودند، این مواد با نام شیشه‌های چلکوجناید شناخته می‌شوند [۲]. در این‌جا هدف ما بررسی رفتار دوپایداری نوری در این موجبر نانوپلاسمونیک است. برای این کار ابتدا مدهای انتشاری در موجبر پلاسمونیک را محاسبه می‌کنیم.

طراحی هندسی

شکل۱ یک دستگاه نانو مشدد پلاسمونیک را نشان می‌دهد که از یک موجبر فلز-دی‌الکتریک-فلز که به طور عمودی با یک استب که با محیط غیر خطی کر پر می‌شود جفت می‌شود، تشکیل شده است. این نوع خاص از موجبر به دلیل متمرکز کردن بالای نور مورد بررسی قرار می‌گیرد. ما ابتدا مشخصه های عبوری این موجبر را بررسی می‌کنیم. پهنا و طول موجبر(استب) به ترتیب h و L (w و d) می‌باشد. ثابت گذر دهی دی‌الکتریک ساختارهای دی‌الکتریک، فلز و استب توسط ε_d،ε_m و ε_{nl} مشخص می‌شود. ثابت گذردهی الکتریکی غیرخطی می‌تواند به میانگین شدت میدان الکتریکی داخل استب به عنوان $\varepsilon_{nl} = \varepsilon_l + \chi^{(3)}\bar{E}_s^2$ مربوط شود، با توجه به اینکه $\chi^{(3)}$ ضریب غیرخطی است [۳].

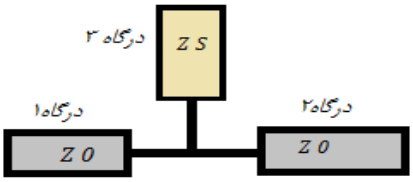


شکل ۱: ساختار مشدد موجبر پلاسمونیک MDM با پهنای h و یک استب باپهنای w و طول d است. [۴].

ساختار شکل۲ متشکل از دو خط گذار است که به موجبرهای اصلی و فرعی مربوط میشود. امپدانس مشخصه این خطوط عبارتند از $Z_0(h,\varepsilon_d) = \beta(h,\varepsilon_d)h/(\omega\varepsilon_0\varepsilon_d)$ و $Z_S(w,\varepsilon_l) = \beta(\mathrm{w},\varepsilon_l)\,\mathrm{w}/(\omega\varepsilon_0\varepsilon_l)$ که ω فرکانس زاویه ای است، ε_0 ثابت گذردهی خلا و $\beta(h,\varepsilon_d)$ ثابت انتشار مد SPP در موجبری با پهنای h است که می‌تواند از رابطه زیر بدست آورد:

$$\tanh(k_d \frac{h}{2}) = -\frac{k_m\varepsilon_d}{k_d\varepsilon_m} \qquad (۱)$$

که $k_x = \sqrt{\beta(h,\varepsilon_d)^2 - k^2\varepsilon_x}$ ($x = m,d$) و d بردار موج فضای آزاد است [۴].



شکل ۲: مدار معادل مشدد پلاسمونیک شکل (۱) که به ۳ درگاه تقسیم میشود[۴].

رابطه بین شدت ورودی وخروجی این ساختار به شکل پارامتریک به صورت زیر می‌باشد [۵]:

$$\left|E_{in}(\bar{\mathrm{E}}_S)\right|^2 = \left|E_1^+(\bar{\mathrm{E}}_S)\right|^2 \exp(\mathrm{L}_1/\mathrm{L}_{SPP}) \qquad (۲الف)$$

$$\left|E_{out}(\bar{\mathrm{E}}_S)\right|^2 = \left|E_2^-(\bar{\mathrm{E}}_S)\right|^2 \exp(-\mathrm{L}_2/\mathrm{L}_{SPP}) \qquad (۲ب)$$

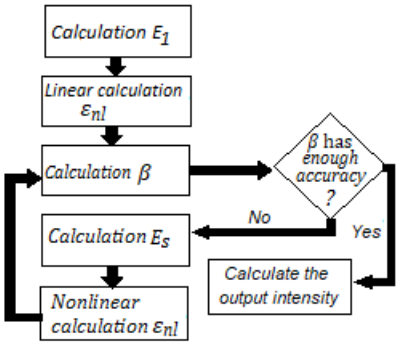
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-16]

E_{in} و E_{out} به ترتیب میدان های الکتریکی ورودی و خروجی از استب است. متوسط شدت میدان الکتریکی دراستب به صورت انتگرال $\bar{E}_s^2 = \int_0^1 |E_s(vd)|^2 dv$ بیان می‌شود.

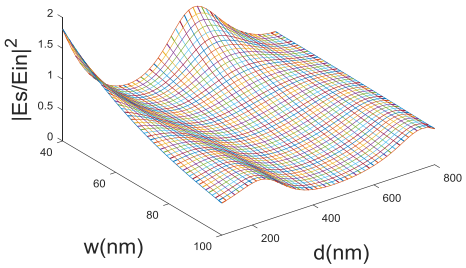
محاسبات عددی

ابتدا میدان الکتریکی داخل استب را در حالت‌های خطی و غیرخطی محاسبه کرده و سپس دوپایدرای را بدست می-آوریم. در حالت خطی گذردهی الکتریکی چلکوجناید در داخل استب مستقل از میدان الکتریکی است بنابراین میدان الکتریکی در استب به طور معمولی محاسبه می-شود. در حالت غیرخطی، گذردهی چلکوجناید در داخل استب به میدان الکتریکی داخل استب و میدان الکتریکی داخل استب به گذردهی وابسته است.



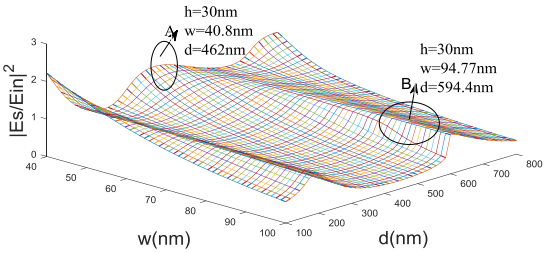
شکل ۳: فلوچارت ثابت انتشار و میدان الکتریکی داخل استب

شکل۴ شدت میدان الکتریکی داخل استب $|E_s|^2$ پهنای موجبر $h = ۳۰nm$ و برای مقدارهای مختلف از پارامترهای d و w استب و دیگر پارامترهای $\lambda = ۱.۵۵\mu m$, $L = ۳۰۰nm$ را در حالت خطی نشان می‌دهیم.



شکل ۴: نسبت شدت میدان داخل استب به شدت میدان ورودی در اصطلاحاتی از d و w بدون در نظر گرفتن اثرات غیرخطی.

شکل۵، نتایج شبیه سازی برای حالت غیر خطی و بدون هیچ تغییری از پارامترهای شکل۴ را نشان می‌دهد.



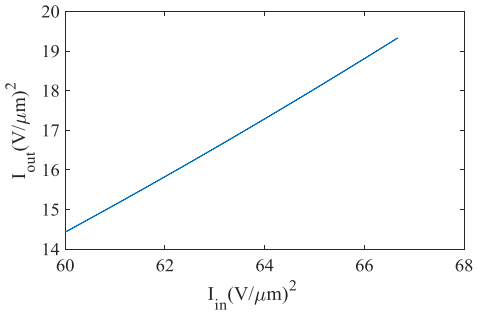
شکل ۵: نسبت شدت میدان داخل استب به شدت میدان ورودی برای $\chi^{(۳)} = ۱۰۰\chi^{(۳)}_{sillica}$ با در نظر گرفتن اثرات غیرخطی.

ما علاقه‌مندیم که رفتار دوپایداری برای توان ورودی و خروجی را بررسی کنیم. به همین دلیل ما دو نقطه در شکل۵ را انتخاب می‌کنیم اولین نقطه A است که میدان داخلی شدیدتری با $w = ۴۰/۸nm$ و $d = ۴۶۲nm$ را دارد و دومین نقطه B است که توان خروجی آن رفتار غیر عادی دارد و تغییرات میدان خروجی آن شدید است. شکل۶ (الف) رفتار غیرخطی و دوپایداری ندارد اما در

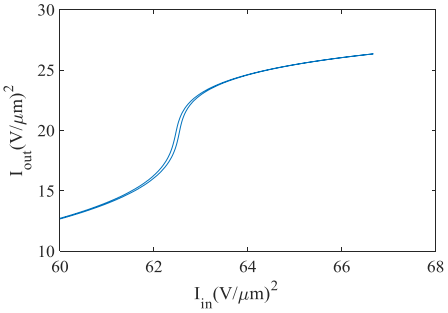
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-16]

شکل ۶(ب) رفتارغیرخطی دارد ولی به دوپایداری نرسیده است.



الف

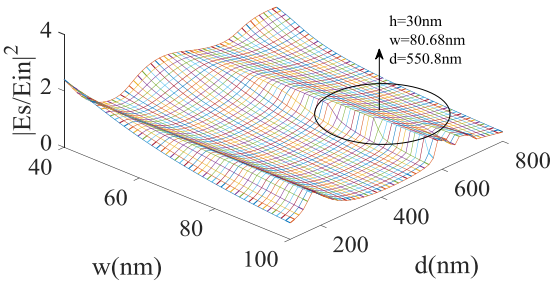


ب

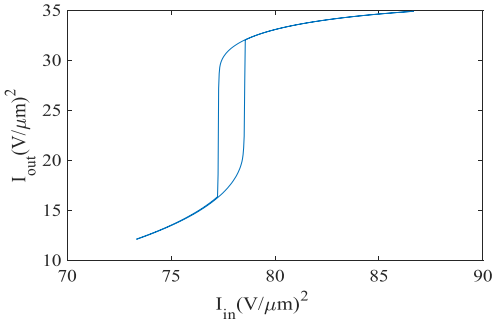
شکل ۶: رفتار دوپایداری نوری (الف) برای پارامترهای در نقطه A.

(ب) برای پارامترهای در نقطه B.

برای رسیدن به دوپایداری ما شدت ورودی را افزایش می‌دهیم و اثرات غیرخطی را در نظر می‌گیریم و به شکل۷ می‌رسیم که در این حالت میدان به طور ناگهانی در بعضی نقاط تغییر می‌کند.



شکل ۷: نسبت شدت میدان داخل استب به شدت میدان ورودی برای $\chi^{(۳)} = ۱۰۰\chi^{(۳)}_{sillica}$ با در نظر گرفتن اثرات غیرخطی.



شکل ۸: رفتار دوپایداری نوری در $\chi^{(۳)} = ۱۰۰\chi^{(۳)}_{sillica}$ با در نظر گرفتن اثرات غیرخطی

نتیجه گیری

رفتار دوپایداری نوری برای یک موجبر استب دار با استفاده از روش عددی تکرار به ازای شدت‌های‌مختلف شبیه سازی کردیم. با افزایش شدت اثرات غیرخطی به وضوح دیده می‌شود و تغییرات ناگهانی در میدان الکتریکی مشاهده می‌شود که در آن نقاط دوپایداری شکل می‌گیرد رفتار دوپایداری مقدمه طراحی حافظه‌های تمام نوری با دستیابی تصادفی است.

مرجع‌ها

[1] Kohler R., ‘‘Terahertz semiconductor-heterostructure laser’’, *Nature*, **417**(6885), 156-159 (2002).

[2] Shiryaev V. S. and Chorbanov M. F., ‘‘Preparation of High-Purity Chalcogenide Glasses’’, *Cheminform*, 46, 3-35 (2015).

[3] Boyd. R., ‘‘Nonlinear Optics’’, 2nd ed. *Academic*, (2003).

[4] Pannipitiya A., Rukhlenko I. D., Premaratne M., ‘‘*Analytical theory of optical bistability in plasmonic nanoresonators*, ’’ *J.Opt. Soc*. **28**, 2820-2826 (2011).

[5] Kohler R., ‘‘Terahertz semiconductor-heterostructure laser’’, *Nature*, **417**(6885), 156-159 (2002).

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

[Downloaded from opsi.ir on 2025-07-16]