اولین کنفرانس ملی حسگرهای فیبرنوری- ۶ آبان ۱۴۰۰
ICOFS 2021
1st Iranian Conference on Optical Fiber Sensors
October 28, 2021
پژوهشکده لیزر و پلاسما

حسگر ضریب شکست فابری-پرو بر پایه موجبر دندانه ای حفره دار

زهرا رسولی عمادی[۱] ، مهدی بهادران[۱*]

[۱] دانشکده فیزیک شیراز-دانشگاه صنعتی شیراز-فارس-ایران

چکیده: : با اعمال دو حفره بر روی مغزی یک موجبردندانه دار ، یک تشدیدگری فابری-پرو با خروجی نور لورنتسی بدست آمد. تابع انتقال نوری به کمک روش ماتریس پراکندگی محاسبه شد. سیستم مورد نظر را به عنوان حسگر ضریب شکست مورد بررسی قرار گرفت و شبیه سازی ها به کمک روش تفاضل محدود حوزه زمان در نرم افزار لومریکال انجام شد. پیکربندی منجر به دست یابی به گستره آزاد طیفی 140nm و حساسیت 46 nm/RIU شد. این حسگر علاوه بر سادگی در طراحی و امکان ساخت ساده دارای مزیت تغییر همزمان در دامنه و طیف عبوری همچنین حساسیت قابل قبول است.

کلید واژگان: تشدید گر فابری -پرو، حسگر نوری ،حسگر ضریب شکست، روش تفاضل محدود حوزه زمان

Fabry-Perot Refractive index sensor using perforated ridge bus-waveguide

Zahra Rasuli Emadi[1], Mahdi Bahadoran[1*]

1 Department of Physics, Shiraz University of Technology, 31371555, Shiraz, Fars, Iran.

Abstract: Implementing two holes on a ridge bus-waveguide provides a Fabry-Perot resonator with the Lorentzian output of light. The optical transfer function for the proposed system was derived using the scattering matrix method. The proposed layout used as a refractive index sensor and results were simulated by Lumerical software using the finite difference time domain method. An extended free spectral range of 140nm and the sensitivity of 46nm/RIU were realized by the system. The superiorities of the proposed system are in its simple design, fabrication feasibility, realizing simultaneous changes in the resonance amplitudes and wavelength spectrum, besides an acceptable sensitivity of the sensor.

Keywords: Fabry-Perot resonator, Optical sensor, Gas sensor, Finite difference time domain

* bahadoran@sutech.ac.ir

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت http://opsi.ir/ قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-11]

۱- مقدمه

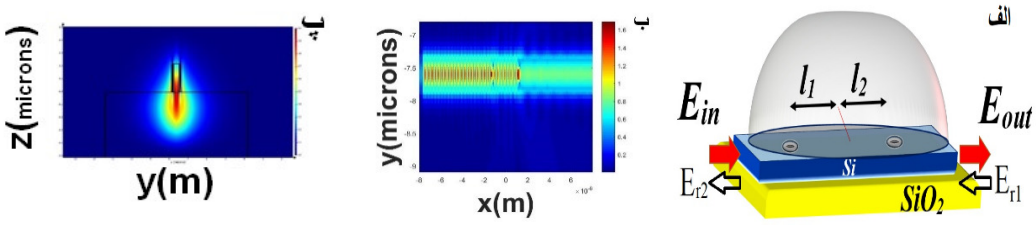
روشهای مختلفی برای ایجاد تشدید لورنتسی وجود دارد که شامل استفاده از فیلترها گذر باند[۱] ، تشدیدگرهای حلقوی[۲] و تشدیدگرهای فابری-پرو [۳]است. این روشها نیازمند امکانات و تجهیزات پیچیده برای ساخت هستند. تداخل سنج فابری- پرو بطور ساده از چیدمان صفحات تخت با ضریب شکستهای مختلف در یک آرایه تشکیل می شود . این چیدمان میتواند در بسترهای مختلفی نظیر تار نوری یا تار بلور فوتونی [۴] قرار گیرد که به صورت گسترده در اتصالات فوتونیکی بر روی تراشه و حسگرها کاربرد دارد. در این مطالعه با ایجاد دو حفره بر روی یک موجبر اتوبوسی دندانه دار از مغزی سیلیکون و زیر لایه سیلیکا ،یک تشدیدگرهای فابری- پرو با خروجی لورنتسی نور طراحی شد. پاسخ لورنتسی طیف وابسته به مکان ، شکل و تعداد حفره ها است. شکل حفره به شکل استوانه ای قائم در نظر گرفته شد که نسبت به حفره مستطیلی و مثلث شکل امکان ساخت راحت تری را مهیا میکند. مزیت سیستم ارایه شده سادگی در ساخت، ابعاد کوچک سیستم و بازده قابل قبول است.

۲- پیکربندی حسگر ضریب شکست فابری-پرو بر پایه موجبر دندانه ای حفره دار

در این مقاله با ایجاد دو حفره استوانه ای در موجبر اتوبوسی، قله های تشدیدی به شکل لورنتسی بدست آمد و از این پیکربندی به عنوان حسگر ضریب شکست استفاده شد. پیکربندی سیستم مورد بررسی در شکل ۱-الف نشان داده شده است. موجبر دندانه دار دارای مغزی از جنس سیلیکون است که بر روی زیر لایه ای از سیلیکا قرار داده شده است. پهنای قسمت مغزی w=500nm، ارتفاع دندانه h=220nm، شعاع هر حفره r=160nm، فاصله بین حفره ها $l1+l2=2.8\ \mu m$ است. برای محاسبه تابع انتقال نوری از روش ماتریس پراکندگی استفاده شد. مطابق شکل ۱-ب اگر دامنه پرتوهای ورودی و خروجی به ترتیب Eout ,Ein باشد و دامنه پرتوهای بازتابیده از گذرگاههای ورودی و خروجی Er2 ,Er1 باشند، رابطه بین پرتوهای خروجی و ورودی سیستم بصورت زیر خواهد بود[۵].

$$\begin{bmatrix} E_{r1} \\ E_{out} \end{bmatrix} = \frac{-1}{1-r_{\%}^2} \begin{pmatrix} -1 & -r_{\%} \\ r_{\%} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} e^{ikn_g l_2} & 0 \\ 0 & e^{-ikn_g l_2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} e^{ikn_g l_1} & 0 \\ 0 & e^{-ikn_g l_1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 & -r_{\%} \\ r_{\%} & 1 \end{pmatrix} \begin{bmatrix} E_{in} \\ E_{r2} \end{bmatrix} \quad (1)$$

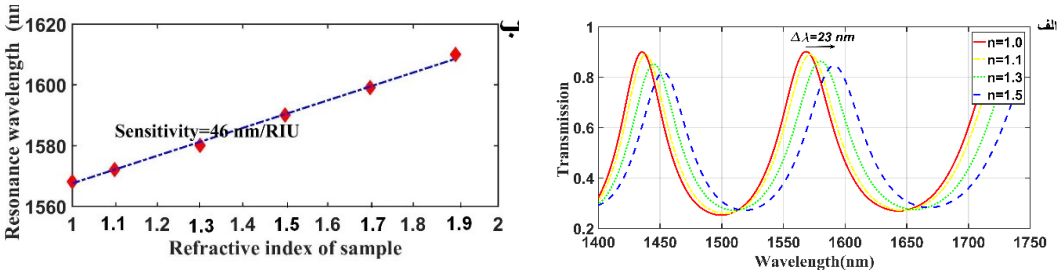
در اینجا r% نشان دهنده درصد بازتابش نور از هرحفره ، k عدد موج، ng ضریب شکست گروه موجبر است. نتایج به کمک نرم افزار لومریکال شبیه سازی شد و در شبیه سازی برای سیلیکون و سیلیکا از ضرایب سلمایر استفاده شد. نور ورودی به پیکربندی بایستی امکان ایجاد مد الکتریکی عرضی را فراهم کند. نمودار شدت میدان الکتریکی در طول موجبر و مقطع موجبر دندانه دار در شکل ۱-ب و ۱-پ نشان داده شده است که نشان دهنده امکان انتشار نور و تشکیل مد درون پیکربندی ارایه شده است.



شکل ۱- الف) پیکربندی از حسگر ضریب شکست شامل موجبر اتوبوسی حفره دار . شدت میدان الکتریکی در ب) طول موجبر دندانه دار پ)مقطع موجبر دندانه دار

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت http://opsi.ir/ قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-11]



شکل ۲- الف) میدان عبور بر حسب طول موج برای تشدیدگر حفره دار برای اعمال شش ماده با ضریب شکستهای مختلف ب) خط حسگری برای تشدیدگر حفره دار

نتایج شبیه سازی در شکل ۲ نشان دهنده ایجاد طیف عبوری از قله های تشدید لورنتسی متناوب است. اعمال مواد مختلف بر روی موجبر باعث تغییر ضریب شکست گروه در موجبر می شوند و این تغییر باعث جابجایی در قله های تشدید نور خروجی حسگر میشود. جابجایی طیفی برای مواد اعمال شده منجر به جابجایی طول موجی 23 nm و حساسیت 46nm/RI شد . مزیت این حسگر علاوه بر سادگی در طراحی و ساخت ساده، دستیابی به گستره آزاد طیفی 140nm همچنین تغییر همزمان در گستره طیف و در ارتفاع دامنه قله های لورنتسی است که امکان طبقه بندی حسگر را به عنوان حسگری دامنه نیز فراهم میکند. نقطه ضعف این حسگر در قله های با پهنای باند بالا در حدود 56nm است که منجر به فاکتور کیفیت پایین میشود. در مقایسه با حسگرهای ضریب شکست با طراحی پیچیده نظیر حسگر تک مد ماخ-زندر با حساسیت28.2nm/RIU [۶] ، حسگرماخ-زندر تک تار با حساسیت 17.1nm/RIU [۷] و حسگر مویینه کوارتز با حساسیت 16.1nm/RIU [۸]، پیکر بندی ارایه شده در این مطالعه دارای حساسیت قابل قبولی است.

نتیجه گیری: حسگر ضریب شکست فابری-پرو با خروجی نور لورنتسی با ایجاد دو سوراخ استوانه های متقارن بر روی مغزی یک موجبردندانه دار ایجاد شد. شبیه سازی ها به کمک روش کمک روش تفاضل محدود حوزه زمان انجام شد که به محدوده آزاد طیفی140nm وحساسیت 46nm/RI منجر شد . مزیت این حسگر علاوه بر سادگی در طراحی و ساخت ساده، دستیابی به گستره آزاد طیفی بالا، تغییر همزمان در دامنه و طیف عبوری است. این حسگر نسبت حسگرهای ضریب شکست با طراحی پیچیده دارای حساسیت مناسبی است.

مراجع

1. M. Al Ahmad, *et . al*., **Microwave and Optical Technology Letters *51*** 1167-1169 (2009) .
2. M. Bahadoran, *et . al*. **Microwave and Optical Technology Letters 63** 653-661(2021).
3. G. Testa, *et . al*. **Optics Letters 46** 352-355 (2021).
4. J. Luo, *et . al*.**Lab on a Chip 21** 1752-1758(2021).
5. L. Gu, *et . al*., **Nanophotonics 8** 841-848(2019).
6. G. Yin, *et . al*., **Optics & Laser Technology 45** 294-300(2013).
7. N. S. Ojha, *et . al*. **Optical Fiber Technology 54** 102118(2020)..
8. I. M. White, *et . al*., **IEEE Sensors Journal 7** 28-35(2006).

این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت http://opsi.ir/ قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-11]