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

بررسی تجربی اثر ضخامت دیافراگم و طول کاواک بر حسگر تار نوری فابری-پرو برای اندازه‌گیری فشار گاز

فرزاد بشیری‌گودرزی*، علی حسن‌شاهی، جواد خلیل‌زاده، علی ریاحی

مرکز تحقیقات لیزر و اپتیک دانشگاه امام حسین (ع)، تهران، ایران

چکیده: در این مقاله، یک حسگر تار نوری نقطه‌ای تداخلی، برای بررسی فشار گازهای مختلف آرگون، اکسیژن و نیتروژن معرفی می‌شود. پروب حسگر فابری-پرو با کاواک هوا و با طول‌های مختلف ساخته شده و دیافراگم مناسب با ضخامت‌های مختلف با هدف دستیابی به‌ضخامت و طول بهینه کاواک فابری-پرو مدنظر گرفته شد. از ماده پی‌وی‌سی برای لایه‌نشانی حسگری استفاده شده و چیدمان حسگری اندازه‌گیری فشار گاز در آزمایشگاه برپا شد. تاثیر ضخامت دیافراگم و طول کاواک به‌عنوان دو پارامتر مهم بر حساسیت حسگری فشار گاز مورد بررسی قرار گرفت. برای تست‌های فشار گاز، ضخامت‌های دیافراگم ۲۸، ۴۲، ۵۶، ۷۰ و ۸۴ میکرومتر، طول‌های کاواک ۰/۳، ۰/۵۵، ۰/۸۵، ۱ و ۱/۲۵ میلی‌متر و بازه فشاری ۲۰ تا ۸۰ میلی‌بار بررسی شد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که با کاهش ضخامت دیافراگم و همچنین کاهش طول کاواک، حساسیت حسگر بیشتر می‌شود.

کلید واژگان: تار نوری؛ حسگر فابری-پرو؛ ضخامت دیافراگم؛ طول کاواک

Experimental study of the effect of diaphragm thickness and cavity length on Fabry-Perot optical fiber sensor for gas pressure measurement

Farzad Bashiri Godarzi*, Ali Hasanshahi, Javad Khalilzadeh, Ali Riahi

Laser and Optics Research Center, Imam Hossein University, Tehran, Iran.

Abstract- In this paper, an interfering point optical fiber sensor is introduced to study the pressure of various argon, oxygen and nitrogen gases. The sensor probe is made with air cavity and with different lengths, and also a suitable diaphragm with different thicknesses is considered in order to achieve the optimal thickness and length of the Fabry- Perot cavity. PVC material is used for sensor layer, and a gas pressure sensor sensor setup was set up in the laboratory. The effect of diaphragm thickness and cavity length as two important parameters on the sensitivity of gas pressure sensor has been investigated. In the laboratory for gas pressure tests, diaphragm thicknesses of 28, 42, 56, 70 and 84 µm, the cavity lengths are 0.3, 0.55, 0.85, 1 and 1.25 mm and the compression range is 20 to 80 mbar. The results show that by reducing the diaphragm thickness and also reducing the cavity length, the sensitivity of the sensor increases.

Keywords: Optical fiber; Fabry-Perot sensor; diaphragm thickness; cavity length

* farzadbashiry0626@gmail.com

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

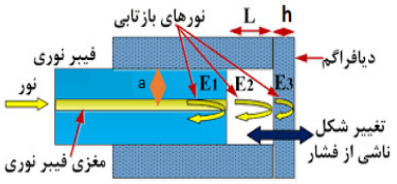
[Downloaded from www.opsi.ir on 2025-08-05]

۱- مقدمه

از حسگرهای تار نوری برای اندازه‌گیری کمیت‌های فیزیکی استفاده می‌شود. حسگرهای تار نوری گوناگونی برای کاربردهای مختلف طراحی و بررسی شده‌اند. یکی از جالب‌ترین آنها، حسگرهای مبتنی بر تداخل‌سنجی بوده و انواع مختلفی اعم از فابری-پرو [۱]، ساگناک و ماخزندر دارند، که در بین آن‌ها حسگر مبتنی بر تداخل‌سنج فابری-پرو نسبت به‌سایر تداخل‌سنج‌ها ساختاری ساده‌تر و فشرده‌تر دارد [۲]. حسگر تار نوری مبتنی بر تداخل‌سنج فابری-پرو (FPI) یک حسگر ذاتی است که دارای حساسیت بسیار خوب، پاسخ دهی سریع و دقت بالا بوده و برای سنجش فشار [۳]، صوت و... به‌کار می‌رود. در این تحقیق، هدف ما بررسی حسگر تار نوری فابری-پرو برای گازهای آرگون، اکسیژن و نیتروژن است. در این راستا حسگر فابری-پرو با طراحی جدید کاواک در آزمایشگاه ساخته شده و از پی‌وی‌سی به‌عنوان دیافراگم استفاده شده است، که در آن تاثیر ضخامت دیافراگم و همچنین طول کاواک بر حساسیت حسگر مورد بررسی قرار گرفته است.

۲-تئوری حسگر

از جمله پارامترهای موثر در حساسیت حسگرهای فابری-پرو، ضخامت کاواک فابری-پرو می‌باشد. حساسیت حسگر به‌میزان جابه‌جایی دیافراگم بستگی دارد. در واقع هر چه ضخامت دیافراگم کمتر باشد؛ به‌تبع آن میزان جابه‌جایی دیافراگم حسگر فابری-پرو در اثر فشار گاز اعمالی به‌آن بیشتر خواهد بود. این موضوع به‌صورت رابطه و شکل(۱) در زیر بیان می‌شود:



شکل ۱- شماتیک تداخل‌سنج فابری-پرو دیافراگمی

$$w_0 = \frac{3(1-\mu^2)pa^4}{16Eh^3} \qquad (۱)$$

که در آن P فشار نرمال، a شعاع کاواک، h ضخامت دیافراگم، μ نسبت پواسون دیافراگم، E مدول یانگ دیافراگم، r فاصله از مرکز صفحه دیافراگم و w_0 میزان انحراف در r=0 می‌باشد [۴]. سه موج منعکس‌شده یکی از انتهای فیبر یعنی سطح E_1 و دو موج دیگر از سطوح داخلی و بیرونی کلاهک PVC یعنی سطح E_2 و سطح E_3 به‌تار نوری منتقل می‌شوند. طول کاواک نیز به‌عنوان یک پارامتر موثر در حساسیت حسگری می‌باشد که با رابطه (۲) مشخص می‌شود و در آن λ_1 و λ_2 طول‌موج‌های دو دره متوالی در نوار تداخلی و n ضریب بارتاب موثر آن است [۵].

$$L = \frac{\lambda_1\lambda_2}{2n(\lambda_1-\lambda_2)} \qquad (۲)$$

۳- ساخت حسگر و آماده‌سازی چیدمان اپتیکی جهت تست حسگر گازی

ابزارها و وسایل مکانیکی جهت ساخت پروب حسگر فابری-پرو و همچنین تجهیزات اپتیکی جهت طیف‌سنجی و تست مورد نیاز است. طول‌های مختلف کاواک همراه با گاف هوا اندازه‌گیری شده و لایه پی‌وی‌سی با ضخامت‌های مختلف روی تار لایه‌نشانی شده است. پس از

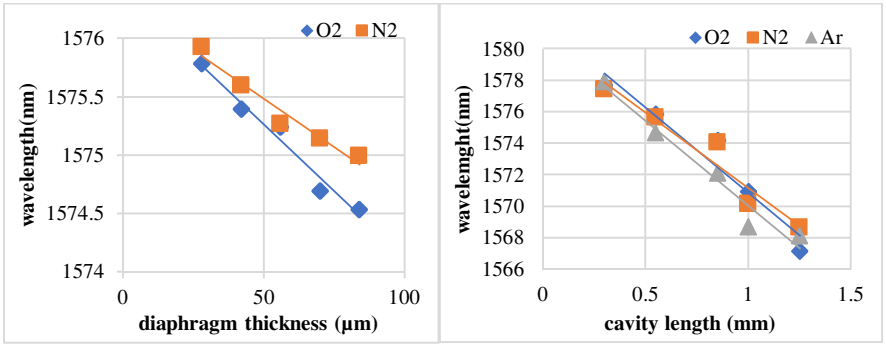
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت http://opsi.ir/ قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2025-08-05]

اتمام فرآیند ساخت، حسگر تحت آزمایش فشار قرار گرفت. در این آزمایش نور از دیود با طول‌موج مرکزی ۱۵۴۷ نانومتر و پهنای باند ۷۹/۶ نانومتر از طریق تار نوری تک‌مد به‌یک کوپلر می‌رسد. نور توسط کوپلر ۲*۲ گسیل شده و به‌دو قسمت مساوی تقسیم می‌شود. یکی از بازوهای خروجی کوپلر به‌حسگر فابری-پرو و دیگری به OSA متصل می‌شود. گیج خلا آنالوگ مستقیماً به‌محفظه خلا متصل شده و فشار را برحسب میلی‌بار اندازه‌گیری می‌کند. سپس فشار ایجاد شده توسط گاز در محفظه توسط ولت‌سنج یا گیج خلا آنالوگ اندازه‌گیری می‌شود.

۴- تحلیل طیف خروجی از حسگر

حسگر به‌کمک تحلیل‌گر طیف نوری مورد تست قرار گرفت. با استخراج اطلاعات مهم از طیف خروجی OSA به‌کمک نرم‌افزار اکسل و رسم نمودار تغییرات طول‌موج برحسب فشار و تحلیل نمودار هر کدام از این تارها و قیاس آن‌ها با یکدیگر، می‌توان ضخامت لایه‌نشانی و طول کاواک بهینه را تعیین کرد. طول‌های کاواک و ضخامت‌های لایه‌نشانی شده نسبت به‌طول‌موج برای فشار ثابت ۵۰ میلی‌بار انجام گرفته است. اگر در شکل (۲-الف) و (۲-ب) به‌شیب تغییرات طول موجی حسگری نسبت به‌طول‌های کاواک و ضخامت‌های لایه‌نشانی شده دقت شود، مشاهده خواهد شد که تغییرات طول‌موج نسبت به‌طول‌های کاواک و ضخامت‌های لایه‌نشانی شده کاهشی است.



(ب) (الف)

شکل ۲- (الف) نمودار تغییرات طول‌موج برحسب ضخامت دیافراگم برای گازهای اکسیژن و نیتروژن، (ب) نمودار تغییرات طول‌موج برحسب طول کاواک برای گازهای آرگون، اکسیژن و نیتروژن.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله طراحی و ساخت یک حسگر فابری-پرو تار نوری برای اندازه‌گیری فشار گاز با لایه‌نشانی PVC معرفی شده و جزئیات طراحی، ساخت و تست آن مورد بررسی قرار گرفته است. جهت بررسی تاثیر ضخامت لایه‌نشانی، PVC با ضخامت‌های ۲۸، ۴۲، ۵۶، ۷۰ و ۸۴ میکرومتر لایه‌نشانی و سپس تست حسگری با گازهای مختلف انجام شده است. در مرحله بعد طول کاواک را به۰/۳، ۰/۵۵، ۰/۸۵، ۱ و ۱/۲۵میلی‌متر تغییر داده و تست‌های آن انجام شده است. نتایج نشان داد که با کاهش ضخامت دیافراگم و همچنین کاهش طول کاواک، حساسیت حسگر بیشتر می‌شود. بنابراین بیشترین حساسیت حسگر مربوط به‌طول کاواک ۰/۳میلی‌متر و ضخامت لایه‌نشانی ۲۸ میکرومتر است.

مراجع

1. K. R. Kaufman T. **J. Biomechanices. 36**, 283-287, 2003.
2. A. T. Edwards. **M.Sc. thesis. University of Virginia Blacksburg**, 2000.
3. W. Tsai and C. Lin, **Journal of Lightwave Technology**, vol. 19, no. 5, pp. 682-686, 2001.
4. Said, Muzalifah Mohd, et al. **2009 Fifth International Conference on MEMS NANO, and Smart Systems. IEEE**, 2009.
5. J. Ma. **IEEE Photonics Technology Letters 25**(10), 932-935, 2013.

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

[Downloaded from www.opsi.ir on 2025-08-05]