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 : ۱-۱۶۹۷-۱۰-A

تاثیر مشخصه‌های طول و زاویه نازک‌شدگی بر حساسیت حسگر فیبر نوری نازک شده در آشکارسازی گاز هیدروژن

بهناز فاتحی راویز و محمد واحدی

دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده - این مقاله به بررسی سه حسگر فیبر نوری نازک‌شده در آشکارسازی گاز هیدرژون می‌پردازد. در این پژوهش قطر نازک‌شدگی ثابت است و طول و زاویه نازک‌شدگی به صورت جداگانه متغیر قرار داده شده‌اند. به این ترتیب تاثیر تغییرات طول و زاویه نازک‌شدگی بر حساسیت اندازه‌گیری شده‌است. نتایج نشان می‌دهد برای فیبرهایی با قطر و طول ثابت، با افزایش زاویه از ۲° به ۴°، حساسیت حسگر از ٪۲/۶ به ٪۷/۳ می‌رسد. همچنین برای فیبرهایی با قطر و زاویه نازک‌شدگی ثابت، با افزایش طول نازک شده‌گی از ۹ میلی‌متر به ۲۲ میلی‌متر، درصد حسگری از ٪۷/۳ به ٪۸/۵ می‌رسد. نتایج نشان می‌دهد تاثیر زاویه بر حساسیت، به طور چشم‌گیری بیشتر از تاثیر طول است.

کلید واژه- حسگر فیبر نوری نازک شده، زاویه نازک شدگی، طول نازک شدگی

Effect of Taper Geometry on the Sensitivity of Tapered Optical Fiber Sensors

BehnazFatehiRaviz and Mohammad Vahedi

Iran University of Science and Technology

Abstract- We investigated the effects of taper parameters on the sensitivity of optical fiber tapers. To study the effects of taper profiles on the sensitivity of the tapered fiber, we divided our study into two experiments where the main parameters of each experiment are tapering angle and taper length.we have defined three fibers with the same conditions that are different only in the tapering angle and length,separately. According to our experiments, the sensitivity increases from 2.6% to 7.3% when the angle was increased from 2° to 4°. Furthermore, the sensitivity increases from 7.3% to 8.5% when the taper length was increased from 9mm to 22mm.

Keywords: Tapered optical fiber sensor, Tapering angle, Taper length

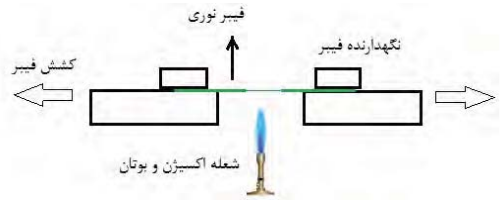
این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترس باشد.

مقدمه

هیدروژن یکی از گازهایی است که کاربردهای متنوعی دارد و دسترسی به آن آسان است. مهم‌ترین کاربرد هیدروژن استفاده از این گاز به عنوان یک سوخت تمیز است.نکته قابل توجه درمورد هیدروژن این است که این گاز بسیار فرار است و وجود ۴ درصد از این گاز در محیط کافی است تا با یک نیروی محرکه بسیار کوچک، انفجار و احتراق رخ بدهد.به همین علت، همواره در مجاورت این گاز، استفاده از حسگر هیدروژن میتواند کمک بزرگی به حفظ ایمنی بکند.از دیرباز تا کنون روش‌های متفاوتی برای ساخت حسگر هیدروژن مورد استفاده قرار گرفته اند که از جمله آنها می‌توان به حسگرهای نیمه هادی با اکسید فلزی[۱]، حسگرهای الکتروشیمیایی[۲]، حسگرهای ترموالکتریک[۳] و حسگرهای نوری[۴] اشاره کرد. از این میان، حسگرهای نوری به سبب دقت و حساسیت بالا و همچنین صرفه‌ی اقتصادی، بسیار مورد توجه واقع شدند. موجی که در یک فیبر نوری تک مد منتشر می‌شود، در طول مسیر انتشار توانایی راه‌یابی به بیرون از فیبر را ندارد و شدت میدان موج در سطح خارجی تقریبا صفر است. بنابراین، انتشار نور در یک فیبر استاندارد کاملا مستقل از محیط انجام می‌شود. اگر بخواهیم موج اولیه در طول مسیر انتشار در فیبر تحت تاثیر محیط خارجی باشد، باید به دنبال راهی باشیم که به برهمکنش موج و محیط اطراف بی‌انجامد. یکی از راه‌هایی که باعث حساسیت فیبر نسبت به محیط پیرامون می‌شود نازک کردن آن است.با نازک کردن فیبر بخشی از میدان ناپایدار درون فیبر به بیرون راه پیدا می‌کند و ضریب شکست محیط خارجی بر نحوه انتشار نور داخل فیبر تاثیر می‌گذارد. به این ترتیب می‌توانیم انواع حسگرهای فیبر نوری میدان میرا را طراحی کنیم. با بررسی شدت نور خروجی، می‌توان ویژگی‌های میدان میرا را تعیین کرد و با استفاده از آن به نوع و مقدار ماده خارجی پی برد. در این پژوهش ما به ساخت حسگر هیدروژن با استفاده از فیبر نوری نازک شده پرداختیم و مولفه‌های زاویه و طول نازک شدگی در فیبر نوری نازک شده و میزان تاثیر هر مولفه بر میزان حسگری را مورد بررسی قرار دادیم.

روش آزمایشگاهی ساخت حسگر فیبر نوری نازک شده

برای ساختن یک فیبر نوری نازک‌شده ابتدا بخشی از یک فیبر نوری تک مد با استفاده از شعله ترکیبی گاز بوتان و اکسیژن گرم می‌شود تا به نقطه ی ذوب برسد و حالت خمیری پیدا کند، سپس با اعمال کشش به دو سر فیبر نوری قسمت نرم آن باریک می‌شود.در این روش فیبر نوری بر روی دستگاه کشش فیبر قرار می‌گیرد و توسط دو موتور پلهای، با سرعت تقریبی یک دهم میلیمتر بر ثانیه از دو طرف کشیده می‌شود.با در نظر داشتن مدت زمانی که کشش به فیبر اعمال می شود و میزان حرارتی که شعله ایجاد می‌کند، می‌توان به فیبرهایی با مشخصات نازک‌شدگی مختلف دست یافت. سپس با تصویربرداری نهایی از فیبر نازک‌شده، مشخصات دقیق آن‌ها را اندازه گیری نمود. شکل ۱ چگونگی نازک کردن فیبر نوری را نشان می‌دهد.



شکل ۱:طرح شماتیکی نازک کردن فیبر با استفاده از شعله

جدول شماره ۱ مشخصات فیبرهای نازک شذه ساخته شده در این پژوهش را نشان می‌دهد.

جدول ۱: مشخصات فیبرهای نازک شده

شماره فیبر	قطر	طول	زاویه
۱	۲۵	۹	۲
۲	۲۵	۹	۴
۳	۲۵	۲۲	۴

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

به منظور اینکه فیبر نوری نازک شده نسبت به گاز هیدروژن حساسیت ویژه‌ای داشته باشد، در ناحیه نازک شده از لایه نازکی از فلز پالادیوم به ضخامت ۲۰ نانومتر استفاده کردیم. فلز پالادیوم جاذب قوی برای گاز هیدروژن است و حضور آن در سیستم موجب جذب حداکثری این گاز در مجاورت ناحیه نازک شده می‌شود[۵].سپس فیبر لایه نشانی شده را در محفظه ای قرار می‌دهیم که علاوه بر محافظت از فیبر نازک شده، امکان کنترل نوع گاز را نیز فراهم کند و دارای مسیرهای مجزا برای ورود و خروج گاز باشد. با در نظر گرفتن این نکات، محفظه ای طراحی کردیم که دو کانال برای ورود و خروج گاز داشته باشد و به طور مجزا مسیری برای عبور دادن فیبر نوری در آن تعبیه شده است. به منظور سنجش حساسیت فیبر نوری نازک شده نسبت به حضور گاز هیدروژن، نیازمند کنترل درصد گازهای هیدروژن و نیتروژن ورودی به محفظه هستیم. برای این منظور از دو کنترل‌گر شارش جرمی در مسیر گازهای هیدروژن و نیتروژن استفاده می‌کنیم. نحوه استفاده از کنترل‌گرها به این صورت است که ابتدا یکی از آن‌ها را روی مقدار دلخواه ۳/۵sccm تنظیم می‌کنیم و در مسیر ورودی گاز هیدروژن قرار می‌دهیم، سپس کنترل‌گر دیگر را برای کنترل میزان گاز نیتروژن روی ۱۰۰sccm تنظیم کرده و آن را در مسیر ورودی گاز نیتروژن قرار می‌دهیم. سپس گازهای خروجی از هر دو کنترل‌گر را قبل از رسیدن به محفظه ترکیب می‌کنیم به طوری که می‌توان ادعا کرد حدودا ۳/۴ درصد از گاز ورودی محفظه را گاز هیدروژن تشکیل می‌دهد. شکل ۲ چیدمان آزمایشگاهی ساخت حسگر فیبر نوری نازک شده را نشان می‌دهد.

شکل ۲: چیدمان آزمایشگاهی حسگر فیبر نوری نازک شده

برای اندازه‌گیری حساسیت فیبر نوری نازک شده نسبت به گاز هیدروژن، از یک لیزر با طول موج ۱۵۵۷nm و یک آشکار ساز برای بررسی توان خروجی از فیبر نوری نازک شده استفاده کردیم. روش کار به این صورت است که با ثبت توان در شرایطی که گاز هیدروژن در فضا حضور دارد و همچنین شرایط عدم حضور این گاز در محیط، تغییرات توان ناشی از تغییر ضریب شکست محیط مجاور حسگر را اندازه‌گیری می‌کنیم و با توجه به درصد تغییرات توان خروجی،میزان حساسیت فیبر نازک شده در آشکارسازی هیدروژن را می‌سنجیم.

نتایج آزمایشگاهی

در این پژوهش حساسیت حسگرهای فیبر نوری نازک شده با ویژگی‌های نازک‌شدگی مختلف مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.جدول ۲ میزان حساسیت برای هر فیبر نوری نازک شده را نشان می‌دهد.

جدول ۲: حساسیت برای فیبرهای نوری مختلف

فیبر	قطر (μm)	طول (mm)	زاویه (°)	حساسیت
۱	۲۵	۹	۲	۲.۶
۲	۲۵	۹	۵	۷.۳
۳	۲۵	۲۲	۴	۸.۵

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

در این پژوهش قطر نازک شدگی را ثابت نگه داشتیم و دو پارامتر زاویه نازک‌شدگی و طول نازک‌شدگی را به طور جداگانه تغییر دادیم. نتایج نشان می‌دهد که اگر قطر و طول نازک‌شدگی را ثابت نگه داریم، با دو برابر کردن زاویه نازک شدگی، حساسیت از ۲/۶ درصد به ۷/۳ درصد می‌رسد، به عبارت دقیق‌تر با دو برابر کردن زاویه نازک شدگی، حساسیت ۲/۸ برابر افزایش می‌یابد.

به منظور بررسی تاثیر طول ناحیه نازک شده بر حساسیت، آزمایش را با فیبرهایی با قطر و زاویه نازک‌شدگی ثابت و در دو طول مختلف تکرار کردیم. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش طول ناحیه نازک شده از ۹ میلی‌متر به ۲۲ میلی‌متر، حساسیت از ۷/۳ درصد به ۸/۵ درصد ارتقا یافت. طبق آزمایش‌های ما در آشکارسازی گاز هیدروژن با استفاده از حسگر فیبر نوری نازک شده، زاویه و طول نازک شدگی هر دو بر حساسیت این حسگرها تاثیر گذار هستند. به این صورت که در محدوده‌ی اندازه‌های انتخاب شده در این پژوهش، با افزایش طول و زاویه نازک‌شدگی، با بهبود حساسیت مواجه شدیم. نتایج نشان می‌دهد که تاثیر افزایش زاویه نازک شدگی بر حساسیت، به طور چشمگیری بیشتر از تاثیر طول است.

مرجع‌ها

[1] K. Skucha, Z. Fan, K. Jeon, A. Javey, and B. Boser, "*Palladium/silicon nanowire Schottky barrier-based hydrogen sensors*", Sens. Actuators B, vol. 145, no. 1, pp. 232–238, 2010.

[2] G. Korotcenkov, S. D. Han, and J. R. Stetter, "*Review of electrochemicalhydrogen sensors*", Chem. Rev., vol. 109, no. 3, pp. 1402–1433, 2009.

[3] M. Nishibori, W. Shin, N. Izua, T. Itoh, I. Matsubara, S. Yasuda, and S. Ohtani, "*Robust hydrogen detection system with a thermoelectric hydrogen sensor for hydrogen station application*", Int. J. Hydrogen Energy, vol. 34, no. 6, pp. 2834–2841, 2009.

[4] K. Lin, Y. Lu, J. Chen, R. Zheng, P. Wang, and H. Ming, "*Surface plasmon resonance hydrogen sensor based on metallic grating with high sensitivity*", Opt. Exp., vol. 16, no. 23, pp. 18599–18604, 2008.

[5] R. Tabassum, and B.D. Gupta, "*Fiber optic hydrogen gas sensor utilizing surface plasmon resonance and native defects of zinc oxide by palladium*", Journal of Optics, 18(1), p.015004, 2015.

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