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

مقایسه پهنا و توان پیک بازتابی از یک FBG یکنواخت در تکنیک طرّه مورّب برای اندازه‌گیری همزمان دما و کرنش

محسن منصورسمائی[۱،*]، عبداله ملکزاده[۲]، مهدی غلام‌پور[۳]

[۱] گروه فوتونیک، دانشکده علوم‌پایه، دانشگاه جامع امام حسین(ع)، تهران، ایران
[۲] مدرسه نجوم، پژوهشگاه دانش‌های بنیادی، تهران، ایران
[۳] گروه فیزیک، دانشکده علوم پایه، دانشگاه امام علی (ع)، تهران، ایران

چکیده: استفاده از حسگر توری براگ فیبری (FBG) به‌عنوان حسگر کرنش در کاربردهای عمرانی و صنعتی همچون پایش ابرسازه‌های عمرانی (پل، برج، سد و ...) و حفاظت پیرامونی از اماکن حساس امنیتی و دولتی همواره مورد توجه محققان این صنایع بوده است. به دلیل همپوشانی تغییرات دما و کرنش در طیف بازتابی از حسگرهای FBG، یکی از کارآمدترین روش‌ها برای کاهش خطای اندازه‌گیری در این حسگرها، اندازه‌گیری همزمان تغییرات دما و کرنش است. در این مقاله برای انتخاب روشی مناسب و به‌صرفه به‌منظور اندازه‌گیری همزمان دما و کرنش در کاربردهای عمرانی و صنعتی، از دو روش مبتنی بر تکنیک طرّه مورّب که تنها نیاز به یک FBG یکنواخت دارند استفاده می‌شود. درنهایت از بین این دو روش که بر پایه تغییرات پهنا و توان پیک بازتابی از FBG می‌باشند، به کمک نرم‌افزار متلب روش مبتنی بر تغییرات پهنا در نصف مقدار بیشینه (FWHM)، به‌عنوان بهترین و باصرفه‌ترین روش انتخاب شده است.

کلید واژگان: توری براگ فیبری؛ حسگر FBG؛ طرّه مورّب؛ حفاظت پیرامونی.

Comparison of reflection width and peak power of a uniform FBG in tilted cantilever beam technique for simultaneous measurement of temperature and strain

Mohsen Mansoursamaei[1,*], Abdollah Malakzadeh[2], Mahdi Gholampour[1]

1 Imam Hossein University, Physics Group, Basic Sciences department, Tehran, Iran.
2 School of astronomy, institute for research in fundamental sciences, Tehran, Iran.
3 Imam Ali University, Physics Group, Basic Sciences Department, Tehran, Iran.

Abstract- The use of FBG as a strain sensor in civil and industrial applications such as monitoring of civil superstructures (bridges, towers, dams, etc.) and perimeter protection of security and government sites has always been of interest to researchers. Due to the overlap of temperature and strain changes in the reflection spectrum of FBG sensors, one of the most efficient ways to reduce measurement error in these sensors is simultaneous measurement of these parameters. In this paper, to select a suitable and cost-effective method for simultaneous measurement of temperature and strain in civil and industrial applications, two methods based on the tilted cantilever beam technique that require only a FBG are used. Finally, among these two, which are based on the changes in width and peak power reflectance of FBG, the full width at half maximum (FWHM) method has been selected as the best and most cost-effective method by MATLAB software.

Keywords: Fiber Bragg grating, FBG sensor, Tilted cantilever beam, Perimeter protection.

* m.samaei@ihu.ac.ir

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-10]

۱- مقدمه

حسگر توری براگ فیبری (FBG) به‌طور گسترده در اندازه‌گیری پارامترهای محیطی همچون تغییرات دما، کرنش، رطوبت، خمش و ... در بسیاری از کاربردهای عمرانی و صنعتی همچون پایش ابرسازه‌های عمرانی (پل، برج، سد و ...) و حفاظت پیرامونی از اماکن حساس امنیتی و نظامی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این‌حال، برخی محدودیت‌ها در این حسگر منجر به کاهش چشمگیر عملکرد آن شده است که یکی از مهمترین آن‌ها همپوشانی تغییرات محیطی در طیف بازتابی از این حسگر است. از آنجایی که طول‌موج براگ با تغییرات کرنش و دما تغییر می‌کند، جبران همپوشانی آن‌ها برای اندازه‌گیری همزمان این دو پارامتر الزامی است [۲-۱].

در دو دهه اخیر، تکنیک‌های بسیاری برای اندازه‌گیری همزمان دما و کرنش با استفاده از حسگر FBG پیشنهاد شده است. تمام تکنیک‌های پیشنهادی را می‌توان به سه دسته اصلی تقسیم کرد. در دسته اول، بیش از یک FBG یکنواخت و در دسته دوم، تنها یک FBG خاص (غیریکنواخت) برای اندازه‌گیری همزمان استفاده می‌شود. هر دو دسته دارای معایبی هستند که از آن جمله می‌توان به استفاده از بیش از یک FBG یکنواخت، پیچیدگی در ساخت FBGهای خاص، استفاده بیش از حد از منابع طیفی، عدم دسترسی آسان به آن‌ها و به ویژه هزینه بالای ساخت آن‌ها نام برد. در دسته سوم، که اخیراً معرفی شده و بسیار مورد توجه قرار گرفته است، فقط یک FBG یکنواخت با کمک یک ترفند مکانیکی برای اندازه‌گیری همزمان دما و کرنش استفاده می‌شود [۴-۳].

در این دسته جدید، بر خلاف دو دسته قبلی، روش‌های زیادی وجود ندارد و تنها چند تکنیک محدود گزارش شده است [۶-۵]. در دو گزارش اخیر منتشر شده توسط گروه ما، که آن‌ها نیز در دسته سوم قرار می‌گیرند، از یک FBG یکنواخت چسبیده شده بر روی یک طرّه مورّب، برای اندازه‌گیری همزمان کرنش و دما استفاده شده است [۴-۳]. طرّه مورّب، کرنش یکنواخت اعمال شده بر روی سازه را به توزیع کرنش غیریکنواخت بر روی FBG تبدیل می‌کند. بنابراین، با ایجاد کرنش غیریکنواخت در امتداد FBG، مقدار پهنا و حداکثر توان طیف بازتابی از FBG به تغییرات کرنش حساس می‌شوند. در این دو گزارش که یکی از آن‌ها بر اساس تغییر FWHM و دیگری بر اساس تغییر توان پیک بازتابی از FBG یکنواخت است، دما با تغییر طول‌موج براگ و کرنش با تغییر دو شاخص FWHM و توان پیک بازتابی بدست می‌آید [۳]. در این مقاله، ما حساسیت دو شاخص FWHM و توان پیک بازتابی در روش طرّه مورّب را برحسب کرنش اعمالی به سازه مقایسه کرده و نشان خواهیم داد که کدام شاخص، شاخص دقیق‌تری برای اندازه‌گیری همزمان دما و کرنش برای کاربردهای عمرانی و صنعتی است.

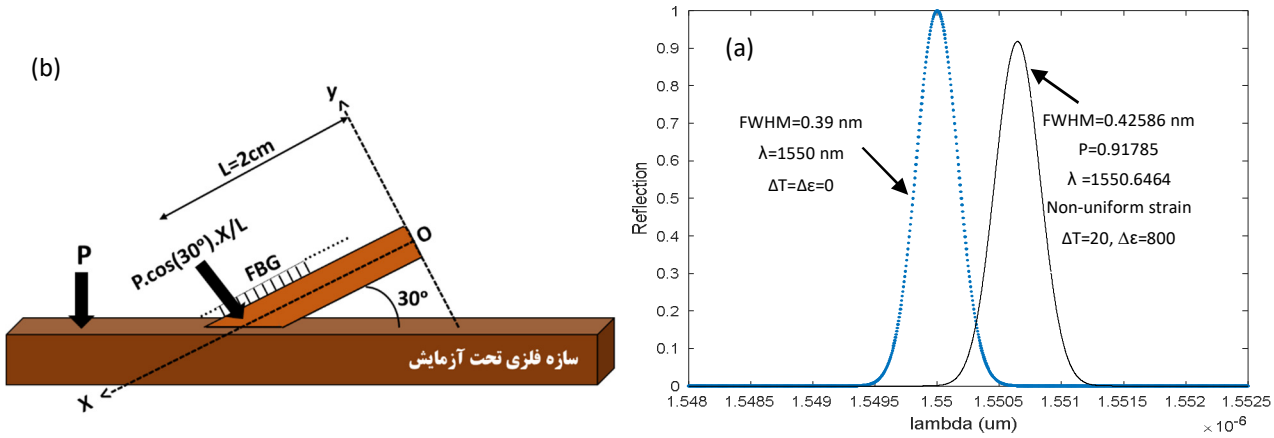
۲- مقایسه دو روش تغییرات FWHM و توان پیک بازتابی در روش طرّه مورّب

در روش طرّه مورّب (شکل ۱) هنگامی که یک کرنش یکنواخت به سازه‌ی نمونه اعمال می‌شود، علاوه بر تغییر طول‌موج براگ (۰/۴۵۳ pm/με) منجر به تغییر FWHM/توان پیک بازتابی نیز می‌شود. درحالی‌که تغییر دمای یکنواخت فقط منجر به تغییر طول‌موج براگ (۰/۰۱۴۲ nm/°C) می‌گردد. در محیطی که هم دما و هم کرنش در حال تغییر است، با مشاهده حداکثر تغییر طول‌موج و تغییرات FWHM / توان پیک بازتابی از FBG، دما و کرنش اعمال شده به سازه تحت آزمایش را می‌توان با دو معادله با دو مجهول طبق معادله (۱) بدست آورد [۴-۳]:

$$\Delta FWHM = 6\times10^{-8}\varepsilon_s^2 - 2\times10^{-6}\varepsilon_s + 0.0002$$
$$\Delta\lambda = 0.000453\varepsilon_s + 0.0142\Delta T$$
or (۱)
$$\Delta P = 1\times10^{-7}\varepsilon_s^2 + 1\times10^{-5}\varepsilon_s - 0.0005,$$
$$\Delta\lambda = 0.000453\varepsilon_s + 0.0142\Delta T$$

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-10]

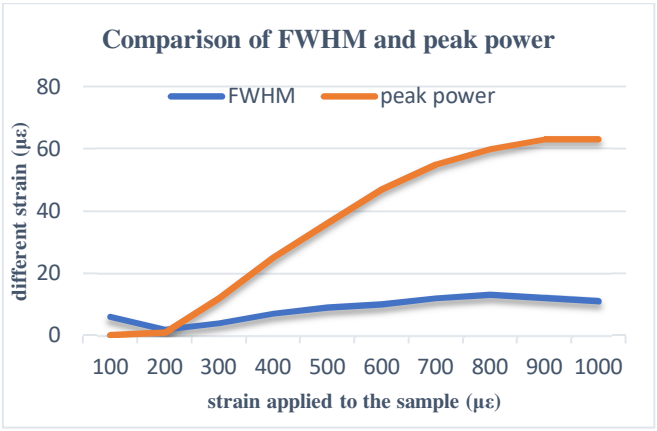


شکل۱: a) نحوه تغییر پهنا و توان پیک بازتابی با اعمال کرنش ۸۰۰με و دمای ۲۰°C و b) نحوه قرار گرفتن FBG و طرّه بر روی سازه نمونه

ازآنجاکه نتایج این دو روش کمی متفاوت از یکدیگر است، اکنون می‌خواهیم به کمک جدول۱ از نتایج شبیه‌سازی متلب برای پیدا کردن روش دقیق‌تر استفاده کنیم. همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده است، هر دو تکنیک معادل هم هستند و تقریباً رفتار مشابهی دارند. تکنیک توان پیک بازتابی نتایج دقیق‌تری در محدوده کرنش‌های پایین دارد و تکنیک FWHM برای محدوده کرنش‌های بالا دقیق‌تر است. با رسم تفاوت کرنش بین این دو تکنیک نسبت به کرنش اصلی (شکل۲)، می‌توان تعیین کرد که هر کدام از این دو تکنیک برای اندازه‌گیری چه محدوده‌ای از کرنش‌ها مناسب است.

جدول۱- مقایسه کرنش اعمالی به سازه با روش‌های FWHM و توان پیک بازتابی

Strain in sample ε_s (με)	$\varepsilon_{s,FWHM}$ (με)	$\varepsilon_{s,Peak\ Power}$ (με)
100	94	100
200	198	201
300	296	312
400	393	425
500	491	536
600	590	647
700	688	755
800	787	860
900	888	963
1000	989	1063



شکل۲- نمودار فیت‌شده دو روش FWHM و توان پیک بازتابی با توجه به جدول۱

با توجه به شکل۱، مشاهده می‌شود که برای کرنش‌های کمتر از ۲۰۰με، تکنیک حداکثر توان بازتابی نتایج دقیق‌تری را نشان می‌دهد و با افزایش کرنش بر روی سازه، بهتر است از تکنیک FWHM برای اندازه‌گیری دما و کرنش به طور همزمان استفاده شود. ازآنجایی‌که کرنش‌های اعمالی به سازه‌های عمرانی و صنعتی در محدوده ۵۰۰με و بالاتر است، بنابراین بهتر است از تکنیک FWHM برای آن‌ها استفاده شود.

مراجع

1. L. A. A Ferreira, *et. al.* **Optical Engineering 39**(8) 2226, (2000).
2. C. E. Campanella, *et. al.* **Sensors 18**(9) 3115 و(2018).
3. M. Mansoursamaei and A. Malakzadeh. **Optical Review 28**(3) 289, (2021).
4. A. Malakzadeh, M. Mansoursamaei and R. Pashaie. **Optical and Quantum Electronics 53**(5) 1, (2021).
5. X. Xia, *et. al.* **Optical Engineering 58**(11) 116104, (2019).
6. S. Sarkar, *et. al.* **Journal of Applied Physics. 127**(11) 114503, (2020).

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

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-10]