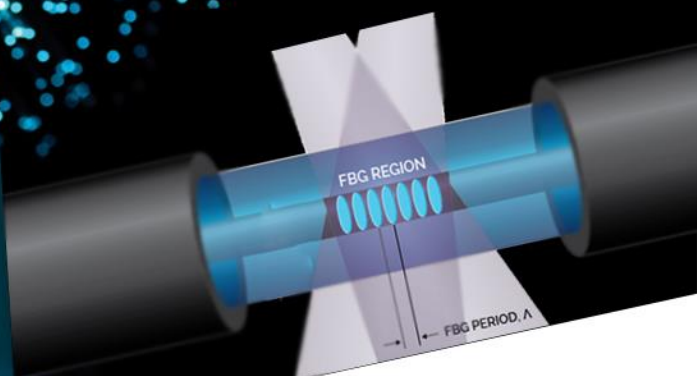


### توسعه الگونیگاری توری پراش (FBG)

بر روی تارهای نوری تک غلافه و دو غلافه  
با استفاده از لیزر فمتوثانیه



مهلت ارسال پروپوزال‌ها:

۱۴۰۱/۰۱/۲۰

اهمیت روزافزون لیزر و فوتونیک در ابعاد مختلف زندگی و کاربردهای متنوع آن، این حوزه را به یکی از حوزه‌های راهبردی علم و فناوری در جهان تبدیل نموده است. ضرورت دستیابی به فناوری و دانش روز دنیا در این حوزه باعث می‌شود فرآیندهای ساخت لیزر به خصوص از نوع فیبری با درصد بیشتری بومی‌سازی شود. در ساخت لیزر فیبری یکی از مهم‌ترین اجزاء، توری پراش فیبری است که در این نیاز تحقیقاتی مدنظر است با زیرساخت موجود شرکت متقاضی و روش الگونیگاری مستقیم مبتنی بر لیزر فمتوثانیه تولید شود.

در این پروژه تحقیقاتی انتظار می‌رود مجری تحقیق، پس از بررسی امکان‌سنجی نظریه ساخت، برهم کنش پالس با مواد سیلیکونی و شفاف را شبیه‌سازی نماید. در گام بعدی، چیدمان آزمایشگاهی ساخت توری پراش را ارائه دهد و چندین نمونه آزمایشگاهی از فیبر تک‌غلافه و سپس دوغلافه را تولید نماید.

شرکت در این فراخوان تحقیقاتی و ارائه پروپوزال در قالب انفرادی، گروهی، شرکتی و سازمانی مجاز است.



پروپوزالی که بیشترین تناسب را با الزامات این نیاز تحقیقاتی داشته باشد انتخاب و به عنوان مجری به شرکت دانش بنیان متقاضی معرفی خواهد شد.



## بسمه تعالی

صندوق نوآوری و شکوفایی به منظور تقویت توان توسعه فناوری شرکت‌های دانش‌بنیان با رویکرد نوآوری باز و همکاری فناورانه، خدمت جدیدی را طراحی و عرضه کرده است که در قالب آن، نیازهای تحقیقاتی و فناورانه شرکت‌های دانش‌بنیان و متعاقباً، گروه‌های پژوهشی و فناور توانمند برای اجرای طرح‌های تحقیقاتی و توسعه فناوری‌های موردنیاز این شرکت‌ها را شناسایی می‌نماید.

آنچه پیش رو دارید، نیاز تحقیقاتی/فناورانه یکی از شرکت‌های دانش‌بنیان متقاضی است که توسط صندوق نوآوری و شکوفایی شناسایی و در قالب فراخوان منتشر شده است. لطفاً به موارد زیر توجه فرمایید:

- ۱) شرکت در این فراخوان تحقیقاتی و ارائه پروپوزال در قالب انفرادی، گروهی، شرکتی یا سازمانی مجاز است. همه پژوهشگران، دانشجویان، دانش‌آموختگان و اعضای هیئت‌علمی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی، شرکت‌های دانش‌بنیان و فناور و سایر علاقه‌مندان می‌توانند با تدوین و ارسال پروپوزال در این فراخوان شرکت کنند.
- ۲) پروپوزال‌ها صرفاً باید در چارچوب تدوین‌شده صندوق نوآوری و شکوفایی و حداکثر تا تاریخ ۲۰ فروردین ۱۴۰۱ در قالب Word در سامانه غزال به آدرس <https://ghazal.inif.ir/grant> ارسال شوند. پروپوزال‌هایی که در چارچوبی غیراز آن، یا به روش‌های دیگر به دست صندوق برسند، وارد فرایند ارزیابی نخواهند شد.
- ۳) پس از اتمام مهلت ارسال پروپوزال‌ها، فرایند ارزیابی آن‌ها توسط صندوق نوآوری و شکوفایی آغاز خواهد شد. پروپوزالی که بیشترین تناسب را با الزامات این نیاز تحقیقاتی داشته باشد، انتخاب و به‌عنوان «مجری» برای مذاکرات تکمیلی به شرکت دانش‌بنیان متقاضی معرفی خواهد شد.
- ۴) در صورت توافق پروپوزال‌دهنده منتخب (مجری تحقیق) و شرکت دانش‌بنیان (متقاضی تحقیق)، قرارداد ۳جانبه‌ای مابین «صندوق»، «متقاضی» و «مجری» منعقد خواهد شد. در قالب این قرارداد، صندوق نوآوری تا ۷۰ درصد هزینه اجرای طرح تحقیقاتی را به شکل بلاعوض به متقاضی خواهد پرداخت تا به‌طور مرحله‌ای و متناسب با پیشرفت اجرای طرح، در اختیار مجری قرار گیرد.
- ۵) گرچه در این فراخوان، گام‌های کلی برای اجرای تحقیق موردنظر پیش‌بینی و معرفی شده است، اما پیشنهاددهندگان می‌توانند افزون بر برنامه معرفی شده، از هر روش یا فناوری دلخواه و در قالب یک برنامه تحقیقاتی متفاوت برای حل این مسئله تحقیقاتی و دستیابی به اهداف آن استفاده کنند.
- ۶) تدوین و ارسال پروپوزال در قالب این فراخوان، به‌منزله بهره‌مندی از حمایت‌های صندوق نوآوری و شکوفایی نخواهد بود و برای فرستنده حقی ایجاد نمی‌کند. صندوق نوآوری و شکوفایی خود را ملزم به رعایت محرمانگی دانسته و مفاد کلیه طرح‌های ارسالی محرمانه نزد صندوق باقی خواهد ماند.
- ۷) هرگونه سؤال یا ابهام در خصوص این فرایند را با شرکت بومرنگ به‌عنوان کارگزار صندوق در میان بگذارید (شماره تماس: ۶۶۵۳۳۸۶۴ و ۶۶۵۳۹۷۳۴-۰۲۱)

## درباره شرکت دانش‌بنیان متقاضی

این فراخوان به سفارش یک شرکت دانش‌بنیان نوپا نوع ۱ تدوین شده است که در سال ۱۳۹۸ آغاز به کارکرد و در سال ۱۳۹۹ موفق به اخذ گواهی دانش‌بنیان خود گردید. این شرکت در زمینه ساخت لیزرهای فیبری صنعتی پالسی (نانوثانیه و فمتوثانیه) و پیوسته (یک کیلووات) فعالیت دارد که لیزر فیبری یک کیلووات، محصول دانش‌بنیان این شرکت می‌باشد.

در همین راستا و پس از تولید لیزر فیبری یک کیلووات، همکاری این شرکت با سایر شرکت‌های دانش‌بنیان ایرانی در حوزه‌های مختلف کاربرد لیزر، نتایج موفق‌تری را به دنبال داشته است که از جمله آن می‌توان به کاربرد لیزر فیبری، دستگاه پوشش‌دهی لیزری و جوش لیزری اشاره نمود.

## ضرورت مسئله

در جهان امروز رشد فناوری‌های مرتبط به نور شامل فناوری‌های آپتیک، الکترواپتیک، لیزر و فوتونیک با روند سریع و پرشتابی در جریان است. علوم و فنون متنوع و کاربردهای چشمگیر این فناوری‌ها باعث شده تا کشورهای پیشرفته صنعتی برای حفظ موقعیت اقتصادی و تسلط علمی و تخصصی جهانی خود، سرمایه‌گذاری‌های کلانی در این عرصه داشته باشند. لذا با توجه به ضرورت و اهمیت توسعه همه‌جانبه این فناوری و کاربردهای مختلف آن در کشور، لزوم تدوین برنامه‌ای جامع و مؤثر جهت رشد و شکوفایی علمی و تخصصی و نیز ایجاد بستر مناسب به‌منظور بهره‌گیری کارآمد از این فناوری کاملاً آشکار و غیرقابل انکار است.

فناوری لیزر و فوتونیک رشد بسیار بیشتری نسبت به سایر علوم دارند و تغییر و تحول در این زمینه بسیار سریع‌تر می‌باشد. به گونه‌ای که فناوری‌های لیزر حالت جامد دمش دیودی که در سال ۲۰۱۰ موضوع روز بودند، در حال حاضر به‌طور کامل کنار گذاشته شده است و فناوری لیزرهای فیبری جایگزین آن شده است. بر اساس موارد مربوط به آینده‌پژوهی انجام‌شده، لیزرهای فیبری تا سال ۲۰۲۴ همچنان به رشد خود ادامه خواهند داد و پس از آن فناوری‌های جدید لیزر دیود و لیزر مدار مجتمع جایگزین آن خواهد شد.

هدف این پروژه تحقیقاتی، دستیابی به دانش فنی ساخت توری پراش فیبری<sup>۱</sup> (FBG) به روش الگو نگاری مستقیم می‌باشد که برای اولین بار در کشور انجام خواهد شد، علاوه بر این، با دستیابی به دانش FBG و موج‌بر<sup>۲</sup> نویسی، از سرریز دانشی آن برای ساخت لیزر در آینده نیز می‌توان استفاده کرد.

## مسئله اصلی تحقیق

### (نیاز تحقیقاتی):

مسئله این تحقیق عبارت است از  
«توسعه الگو نگاری توری پراش (FBG) بر روی تارهای نوری تک‌غلافه و دوغلافه با استفاده از لیزر فمتوثانیه»

<sup>1</sup> Fiber Bragg Grating

<sup>2</sup> waveguide

## مشروح مسئله تحقیقاتی

این نوع FBG در محصولات شرکت مانند لیزر فیبری توان بالای پیوسته و لیزرهای پالسی نانوثنیه و فمتوثانیه مورد استفاده قرار می‌گیرد که در حال حاضر از خارج از کشور تأمین می‌گردد. اکثر شرکت‌های تولیدکننده خارجی از روش فوتوماسک و لیزر فرابنفش<sup>۳</sup> برای تولید FBG استفاده می‌کنند که تولید لیزرهای با توان بالای ۲ کیلووات در داخل به این روش‌ها بسیار دشوار خواهد بود و البته روش مطلوبی برای شرکت متقاضی نیست. در واقع روش الگو نگاری مستقیم مرجح است، زیرا استفاده از لیزر فمتوثانیه نیازمند فوتوماسک‌ها نمی‌باشد و همچنین قابلیت تحمل توان‌های بالاتری را دارد. در این پروژه تحقیقاتی دو هدف مدنظر است:

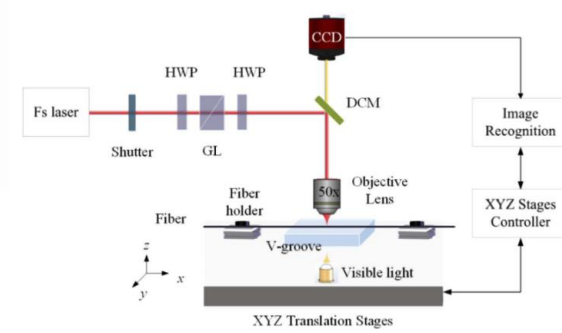
- ۱- توسعه و ساخت نمونه اولیه FBG که برای کاربردهای لیزری و سنسوری مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- ۲- ایجاد زیرساخت مورد نیاز در راستای نیاز آینده مربوط به نگاشت مستقیم<sup>۴</sup> که با انجام این پروژه چالش‌های پیش رو به صورت تئوری و تجربی در مقیاس کوچک مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

هدف اصلی از این طرح، نگاشت مستقیم توری پراش بر روی فیبر نوری با استفاده از لیزر فمتوثانیه با طول موج ۱۰۳۰ نانومتر می‌باشد. طرح کلی موردنظر در شکل ۱ نشان داده شده است. در انجام این طرح، موارد زیر می‌بایست توسط تیم پژوهشی مدنظر قرار گیرد:

۱. بررسی انواع ساختارهای متداول پیاده‌سازی FBG بر روی فیبرهای نوری تک و دوغلافه
۲. آشنایی تئوری و تجربی با نحوه انتشار و اثرگذاری لیزر فمتوثانیه در محیط‌ها و مواد مختلف
۳. انتظار می‌رود تیم پژوهشی دارای حداقل امکانات در زمینه شبیه‌سازی و پیاده‌سازی این پروژه باشند.
۴. لیزر موردنظر برای اجرای این طرح لیزر فمتوثانیه با طول موج ۱۰۳۰ نانومتر می‌باشد.

<sup>3</sup> Photomask + Laser

<sup>4</sup> Direct Writing



شکل ۱- چیدمان کلی پیاده‌سازی طرح

### گام‌های تحقیق

- امکان‌سنجی نظریه ساخت FBG
- شبیه‌سازی مربوط به برهم‌کنش پالس با مواد سیلیکونی و شفاف و بررسی اثرات Three photon absorption
- پیاده‌سازی طرح بر اساس مهندسی سیستم انجام‌شده در گام ۱ و ۲ بر روی فیبر نوری یک‌غلافه
- پیاده‌سازی طرح بر اساس مهندسی سیستم انجام‌شده در گام ۱ و ۲ بر روی فیبر نوری دوغلافه
- مستندسازی کلیه مراحل شبیه‌سازی و تجربی شامل نتایج و مراحل آزمایش و تست



### خروجی‌های مورد انتظار تحقیق

- امکان‌سنجی روش‌های ساخت توری پراش و موج‌بر<sup>۵</sup> با استفاده از لیزر فمتوثانیه
- شبیه‌سازی تئوری در زمینه پیاده‌سازی توری پراش اعم از چیدمان موردنیاز و مشخصات لیزر
- مشخصات توری براگ فیبری مورد نظر در جدول زیر ارائه شده است:

<sup>۵</sup> توری پراش ساختاری در موج‌بر مدنظر ایجاد خواهد کرد.

Optical Parameters HR			
Center wavelength @room temp. <sup>1</sup>		1080	nm
Tolerance on Center wavelength	+/-	1.5	nm
Wavelength mismatch (OC relative to HR)	≤	0.2	nm
Reflectivity	≥	98	%
Reflection bandwidth @ 95%		1	nm
Tolerance on Reflection bandwidth	+/-	0.5	nm
Side mode suppression ratio	>	10	dB
Coupling from LP01 to other modes	< 20 dB		
Optical Power Handling			
Maximum pump power through the grating		2500	W
Thermal slope <sup>2</sup>	≤	<< 0.05	°C/W
Mechanical Parameters			
Pigtail length (on each side)	≥	1.5	m
Proof test (final product)	≥	100	kpsi
Package type			

Note 1: Room temperature (20-23°C).

Note 2: Thermal Slope is the coefficient of temperature elevation relative to the injected pump power (°C/W); the absolute temperature of the grating must be maintained below 40°C. For packaged gratings, the thermal slope is estimated from the thermal slope of the grating in free air convection.

Optical Parameters OC			
Center wavelength @room temp. <sup>1</sup>		1080	nm
Tolerance on Center wavelength	+/-	0.5	nm
Wavelength mismatch (OC relative to HR)	≤	0.2	nm
Reflectivity	≥	8-10	%
Reflection bandwidth @ 10%		0.5	nm
Tolerance on Reflection bandwidth	+/-		nm
Side mode suppression ratio	>	10	dB
Wavelength referenced to			
Optical Power Handling			
Maximum pump power through the grating <sup>2</sup>		2500	W
Thermal slope <sup>3</sup>	≤	<< 0.05	°C/W
Mechanical Parameters			
Pigtail length (on each side)	≥	1.5	m
Proof test (final product)	≥	100	kpsi
Package type			

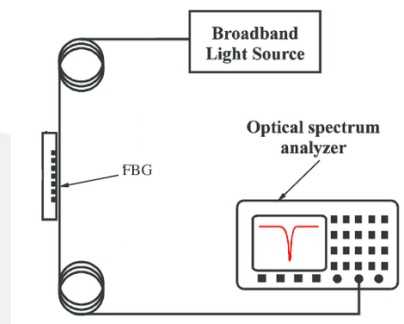
Note 1: Room temperature (20-23°C).

Note 2: The power handling specification is met with the grating in HPR package

Note 3: Thermal Slope is the coefficient of temperature elevation relative to the injected pump power (°C/W); the absolute temperature of the grating must be maintained below 40°C. For packaged gratings, the thermal slope is estimated from the thermal slope of the grating in free air convection.

- برپاسازی چیدمان آزمایشگاهی ساخت FBG، ساخت چندین نمونه آزمایشگاهی و در اختیار گذاشتن نمونه‌ها جهت تست (مرحله اول فیبر تک‌غلافه)
- تست تکرارپذیری محصول در محل شرکت متقاضی به منظور تکرارپذیری کمی با ضریب بیش از ۸۰ درصد که فرآیند تست هر FBG به شرح زیر می‌باشد:

۱- شرایط تست سیگنال: تست سیگنال بر اساس شکل ۲ با استفاده از یک منبع نور پهن باند و یک

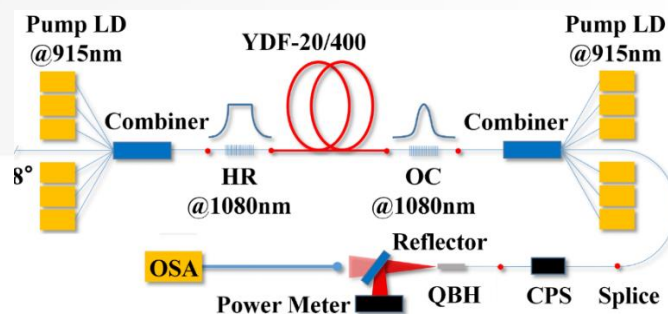


شکل ۲- چیدمان تست سیگنال

۲- تست کارایی لیزر در توان بالا در کاواک لیزر شامل؛

- تست بازدهی لیزر
- تست مداومت کاری در کارکرد ۷۲ ساعت
- تست پایداری دما در ۷۲ ساعت مداومت کاری

- چیدمان تست لیزر در شکل ۳ آورده شده است که در محل شرکت متقاضی انجام می‌شود:



شکل ۳- چیدمان تست لیزر

### الزامات تحقیق

- استفاده از لیزر فمتوثانیه ۱۰۳۰ نانومتر
- قابلیت تکرارپذیری این طرح برای فیبرهای نوری مختلف و در شرایط پیاده‌سازی مختلف
- تجربه تیم مجری در زمینه کار با لیزرهای پالس کوتاه
- تجهیزات موردنیاز: آزمایشگاه می‌بایست امکانات اپتیکی نظیر میز اپتیکی، OSA، سیستم‌های اندازه‌گیری اپتیکی، اتاق تمیز و لیزر فمتوثانیه می‌باشد.





## تجهیزات و زیرساخت‌هایی که متقاضی تحقیق می‌تواند در اختیار مجری قرار دهد

- فیبرهای نوری غیرفعال ۴۰۰/۲۰، ۲۵۰/۱۴، ۱۲۵/۱۰
- منبع نوری پهن باند ۱۰۸۰ نانومتر
- تست توری براگ در توان بالا
- بهینه‌سازی لیزر فیبری موجود در تیم تحقیقاتی برای کاربرد موردنظر

## معیارهای ارزیابی و انتخاب مجری

- تحصیلات و سوابق تیم تحقیقاتی و تناسب آن با مسئله
- رویکرد فنی تیم تحقیقاتی به مسئله
- دسترسی به تجهیزات آزمایشگاهی و مواد اولیه و سایر الزامات اجرای تحقیق
- زمان و هزینه اجرای تحقیق



## تسهیم مالکیت فکری

- **مالکیت معنوی:** مجری در مالکیت معنوی ناشی از اجرای تحقیق سهیم خواهد بود و انتشار مقاله مشترک توسط مجری و متقاضی در ژورنال‌های داخلی و خارجی، ارائه مقاله در کنفرانس‌ها و سمینارها با موافقت و اشاره به نام همه دست‌اندرکاران مجاز خواهد بود.
- **مالکیت منافع مادی:** با توجه به مدل کسب‌وکار شرکت متقاضی، منافع مالی ناشی از توسعه این فناوری تماماً متعلق به شرکت متقاضی بوده و مجری صرفاً حق‌الزحمه اجرای پروژه تحقیقاتی را دریافت خواهد کرد.

## ارسال پروپوزال

پروپوزال‌ها صرفاً باید در چارچوب موردنظر صندوق نوآوری و شکوفایی، تدوین و حداکثر تا تاریخ ۲۰ فروردین ۱۴۰۱ در سامانه غزال به آدرس <https://ghazal.inif.ir/grant> ارسال شوند. پروپوزال‌هایی که در چارچوبی غیرآزان، یا به روش‌های دیگر به دست صندوق برسند، وارد فرایند ارزیابی نخواهند شد.



تهران، میدان ونک، خیابان ملاصدرا، خیابان پردیس، زاینده رود  
شرقی، شماره ۲۴، مجتمع شکوفایی شرکت های دانش بنیان  
کدپستی: ۱۹۹۱۹۱۳۱۱۱  
تلفن: ۰۲۱-۴۲۱۷۰۰۰۰  
پست الکترونیک: info@inif.ir



www.boomerangtt.com

telegram:boomerangtt

insta:boomerangtt.co

۰۲۱-۶۶۵۳۹۷۳۴-۶۶۵۳۳۸۶۴

آدرس: ناحیه نوآوری شریف، میدان شهید تیموری، به  
سمت بزرگراه شیخ فضل الله نوری، خیابان لطفعلی خانی  
خیابان پارس، شماره ۱۵، واحد ۴