

Optics and Photonics
Society of Iran



OPSI

ماهنامه علمی تخصصی انجمن اپتیک و فوتونیک ایران

سال ششم • شماره یازدهم • بهمن ۱۳۹۹



لیزر بسیار کوچک با نانوذرات تولید شد

گسیل لیزر دیسک نازک سبز پیوسته با توان ۴۰۰ وات نزدیک به مد اصلی
تولید و دریافت سیگنال‌های RF توسط لیزر از طریق شانه‌های فرکانسی

ماهنامه علمی تخصصی انجمن اپتیک و فوتونیک ایران

Optics and Photonics Society of Iran (OPSI) Newsletter



صاحب امتیاز :

انجمن علمی اپتیک و فوتونیک ایران

مدیر مسئول :

سیده مهري حميدي سنگدهي (عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی)

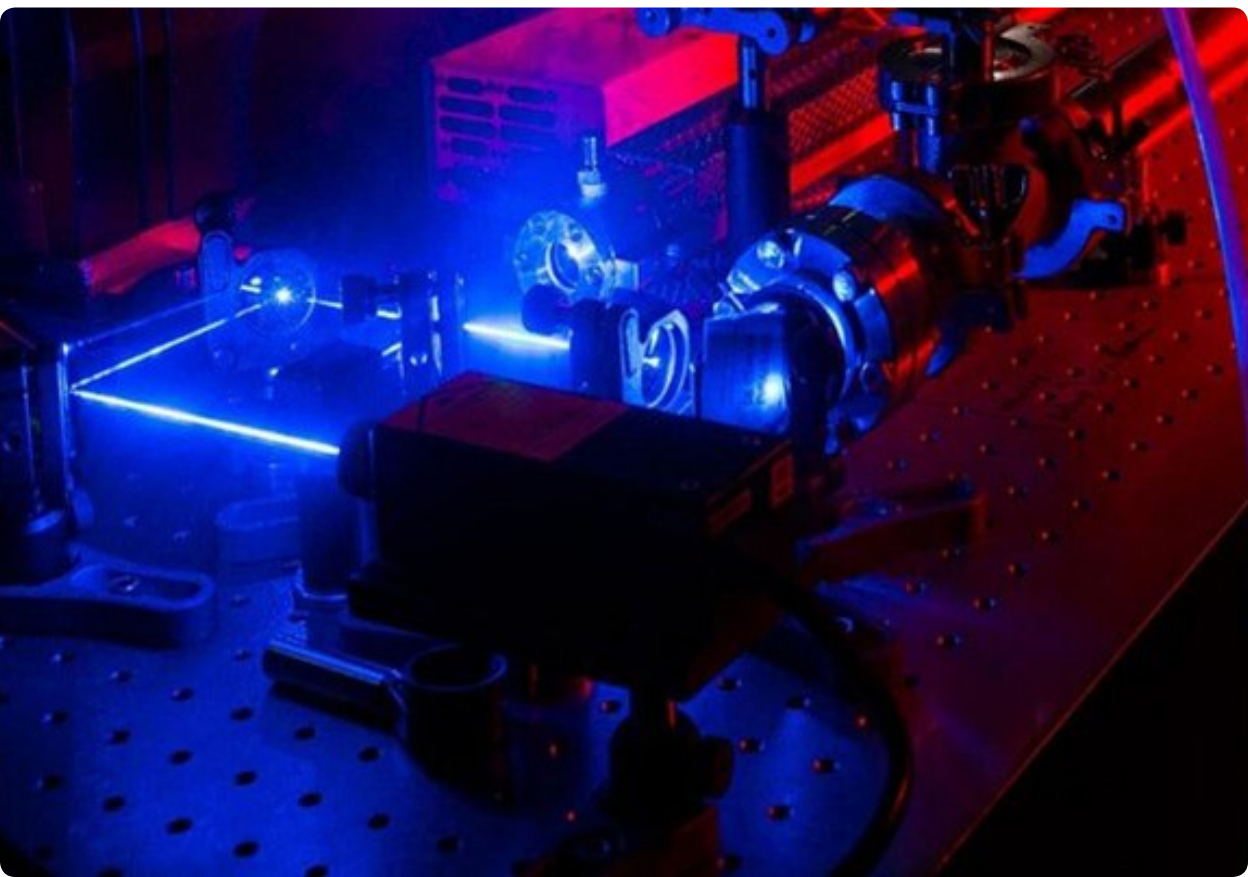
گرافیکست، صفحه آرا و تهیه خبر:

سعید خزائی

-
- لیزر بسیار کوچک با نانوذرات تولید شد ۱
- گسیل لیزر دیسک نازک سبز پیوسته با توان ۴۰۰ وات نزدیک به مد اصلی ۳
- ذرات لیزری قابل جاسازی، کلید تصویربرداری نانو توسط دانشمندان دانشگاه ۴
- هاروارد و MIT ۴
- آشکارساز نوری مبتنی بر گرافن با سرعت ۵۰ گیگاهرتز و پاسخدهی از ۰.۶ تا ۶ ۶
- ۲۰ میکرومتر ۶
- تولید و دریافت سیگنال‌های RF توسط لیزر از طریق شانه‌های فرکانسی ۹
- عکس منتخب این شماره ۱۲
- معرفی کتاب ۱۴
- پوستر ۱۵

لیزر بسیار کوچک با نانوذرات تولید شد

محققان با استفاده از نانوذرات لیزر بسیار کوچکی ساختند که معتقدند یکی از کوچکترین لیزرهای ساخته شده در جهان است. به گزارش خبرگزاری مهر به نقل از ستاد نانو، یک تیم تحقیقات بین‌المللی به رهبری محققان دانشگاه ITMO به‌صورت عملی یکی از کوچکترین لیزرهای نیمه‌هادی جهان را ساختند، لیزری که در دمای اتاق و در محدوده طول موج مرئی نور کار می‌کند. این نانولیزر در دمای اتاق پرتوهای همگرا به رنگ سبز تولید می‌کند. این پرتوها با استفاده از میکروسکوپ نوری استاندارد ایجاد شده و حتی با چشم غیرمسلح نیز قابل مشاهده است.



می‌کنید تا این که شدت تابش به آستانه‌ای مشخص برسد، بعد از آن نانوذرات شروع به تابش لیزر خواهند کرد. وی گفت: اگر نور لیزر به اندازه کافی محدود نشود، نشر پرتو لیزری نیز انجام نخواهد شد. در آزمایش‌های قبلی با مواد و سیستم‌های دیگر که از همین ایده استفاده شده، نشان داده شد که از رزونانس مای (Mie) مرتبه چهار یا پنج استفاده شده بود. ما نشان دادیم که ذره از رزونانس مای از مرتبه سوم پشتیبانی می‌کند، کاری که قبلاً انجام نشده بود. به عبارت دیگر، در شرایطی که اندازه تشدیدکننده برابر یا سه برابر بزرگتر از طول موج نور داخل ماده باشد می‌توان لیزر ایجاد کرد.»

منبع: mehnews.com

در این پروژه، محققان هالید پروسکیتی را به عنوان ماده اصلی نانولیزر استفاده کردند. این هالید پروسکیتی از دو بخش اصلی برخوردار است، اولی یک محیط فعال بوده که اجازه برانگیختگی پرتو را می‌دهد و دیگری یک رزوناتور نوری بوده که به محدود شدن انرژی الکترومغناطیسی کمک می‌کند.

دانشمندان برای تولید پرتو لیزر در دمای اتاق، نانوذراتی به قطر ۳۱۰ نانومتر که به شکل مکعب و از جنس پروسکیت بوده را مورد استفاده قرار داده و آن را با یک لیزر فمتوثانیه پالسی برانگیخته کردند. نانوذرات موجود در این ساختار اجازه می‌دهند تا برانگیختگی و نشر پرتو لیزر با کارایی بالا انجام شود به گونه‌ای که تقویت میدان‌های الکترومغناطیس برای تولید لیزر انجام شود.

کاترینا تیگونتسو از محققان این پروژه گفت: ما از پالس لیزر فمتوثانیه برای پمپ کردن نانولیزر استفاده کردیم. نانوذرات به صورت منفرد مورد تابش قرار می‌گیرند تا به یک حدی برسند که در آن، حد تولید لیزر با شدت بالا انجام شود. در این نقطه، نانوذرات همانند یک لیزر معمولی عمل می‌کنند.

کریل کوشله از محققان این پروژه در ادامه افزود: ایده این است که تولید لیزر یک فرآیند آستانه است. یعنی شما نانوذرات را با یک لیزر پالسی تحریک

گسیل لیزر دیسک نازک سبز پیوسته با توان ۴۰۰ وات نزدیک به مد اصلی

آماده شده و بر روی یک چاه گرمایی الماس نصب شده بود و با دیودی با طول موج ۹۶۹ نانومتر دمش میشد ساختند. فرکانس نور بوسیله یک کریستال تری بورات لیتیم (LBO) با ابعاد $15 \times 4 \times 4$ میلیمتر که در داخل کاواک جاسازی شده بود دو برابر شد. تا توان ۳۰۰ وات باریکه، کیفیت پرتوی (M²) $1/35$ یا کمتر را نشان میدهد. با افزایش توان در نقطه ای پرش ناگهانی در M² تا بیشینه مقدار حدود $1/9$ وجود دارد؛ پژوهشگران این پرش ناگهانی را به وابستگی توانی تغییرات تحمیلی حرارتی زاویه تطبیق فاز بحرانی نسبت میدهند. تنظیم موقعیت کریستال در توانهای بالای ۳۰۰ وات، کیفیت پرتو را بهتر کرد ولی کریستال LBO به اندازه کافی بزرگ نبود که اجازه ایجاد محدوده کامل تنظیم زاویه مورد نیاز برای استفاده بهینه از نور با فرکانس اصلی را بدهد. طبق گفته پژوهشگران، استفاده از یک کریستال بزرگتر یا یک کوره کریستالی اصلاح شده میتواند این مشکل را حل کند.

منبع: laserfocusworld.com

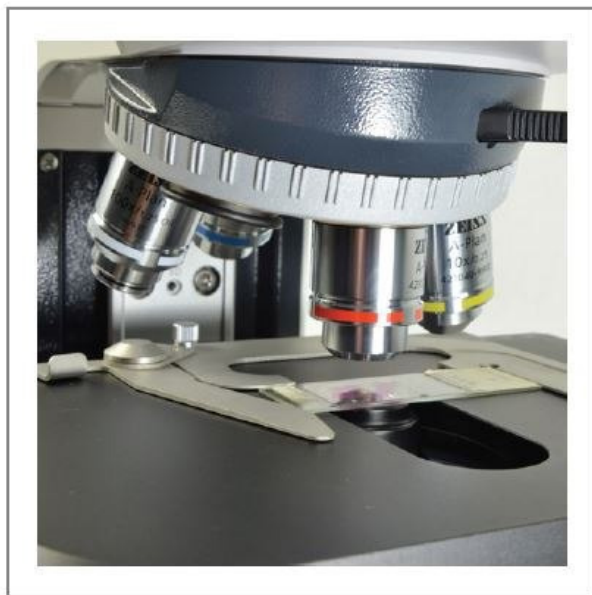
نیاز به منابع لیزر سبز توان بالا در جوشکاری مس، محرکی برای توسعه لیزرهای دیسک هارمونیک دوم و لیزرهای فیبری بوده است که پرتوهایی در ناحیه طیفی ۵۱۵ تا ۵۳۲ نانومتر گسیل میکنند. دستیابی همزمان به توان بالا و عملکرد تک مدی در این لیزرها مشکل است. در حال حاضر، دانشمندان دانشگاه اشتوتگارت آلمان یک دستگاه لیزر دیسک نازک پیوسته (CW) ساخته اند که از تولید هارمونیک دوم برای دستیابی به توان خروجی ۴۰۳ وات در طول موج ۵۱۵ نانومتر با باریکه در حد پراش استفاده میکند. در این سیستم از یک توری موجبر آینه ای درون کاواکی برای پایداری طول موج و باریک نمودن طیف لیزر استفاده شده است که در نتیجه آن بازده دو برابری $40/7\%$ نسبت به توان دمش لیزر به دست آمده است. پژوهشگران، لیزر را با دیسکی به ابعاد تقریبی، ضخامت ۱۳۰ میکرومتر و قطر ۱۵ میلیمتر، از جنس Yb:YAG با آلایش ۱۰ درصدی ایتربیم که توسط شرکت Trumpf (شهر دیتزینگن در آلمان)

ذرات لیزری قابل جاسازی، کلید تصویربرداری نانو توسط دانشمندان دانشگاه هاروارد و MIT

تفکیک پذیری نوری در میکروسکوپ‌های استاندارد به دلیل محدودیت پراش در حد طول موج نور و نهایتاً در حد چند صد نانومتر، محدود می‌شود. برخی از تکنیک‌های تصویربرداری می‌توانند بر حد پراش غلبه کنند، به طور مثال میکروسکوپ‌های هم‌کانون لیزری که بافت نمونه را توسط لکه ای به قطر کمتر از طول‌موج در یک لحظه با فلئورسانس تحریکی ناشی از رنگ‌های تزریقی روشن می‌کنند. هر چند در روبش بافت‌های ضخیم، گسیل از دیگر مؤلفه های سلول حساسیت چنین روش‌هایی را کاهش می‌دهد.

این تکنیک تصویربرداری جدید با به کارگیری سیستم نانو سیم‌های پراوسکیت یدید سرب با طول ۳ تا ۷ میکرومتر و پهنای ۳۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر، بر این محدودیت‌ها غلبه کرده است. طبق مقاله ای که در APS Physics چاپ شده است، این ماده مانند یک لیزر نیمه هادی عمل کرده که می‌تواند با نور سبز پمپاژ و در طول‌موج ۷۷۵ nm گسیل لیزری داشته باشد.

جمعی از دانشمندان دانشگاه MIT، بیمارستان MGH و دانشگاه علوم پزشکی هاروارد، تکنیک تصویربرداری جدیدی را ابداع و توسعه داده‌اند. در این تکنیک با استفاده از ذرات لیزری جاسازی شده ی ریز، نور گسیلی لیزر، بافت چگال را تحت تابش قرار می‌دهد. تفکیک پذیری تصاویر حاصل از این تکنیک نسبت به میکروسکوپ‌های فلئورسانس ۶ مرتبه بیشتر است.



زمانی که باریکه ی پروب با پهنای $5/2 \mu\text{m}$ با نانوسیم ها برخورد می‌کند، نور فلئورسانس پراکنده ای منتشر می‌شود؛ اما اگر نانوسیم ها در آستانه لیزدهی مشخصی تنظیم شده باشند، ذرات با شدت بیشتری نور گسیل می‌کنند در نتیجه تشخیص آنها از نور زمینه امکان‌پذیر است. طبق نتایج تیم تحقیقاتی، تصاویر حاصل از این روش می‌تواند تفکیک‌پذیری تا ۶ مرتبه بیشتر از تصاویر حاصل از میکروسکوپ‌های فلئورسانس داشته باشد.

به گفته ی آقای Sangyeon Cho (دانشجوی فارغ‌التحصیل دانشگاه MIT و سرگروه تیم تحقیق) در مقاله‌ی MIT News، اگر تفکیک‌پذیری میکروسکوپ فلئورسانس $2 \mu\text{m}$ باشد، با استفاده از این روش، تفکیک‌پذیری nm 3000 قابل دستیابی است؛ یعنی حدوداً ۶ مرتبه بهبود نسبت به میکروسکوپ‌های معمولی. این ایده بسیار ساده و در عین حال مفید است و در بسیاری از کاربردهای تصویربرداری مختلف قابل کاربرد است.

دانشمندان فعلاً به صورت تئوری کشف کرده اند با استفاده از روش میکروسکوپی LASE، دریافت زنده می‌توانند از لایه های بافت هدف یا نقاط خاص با جاسازی ذرات لیزری تصویربرداری کنند.

محققین اظهار کرده‌اند که تنها آن

دسته از ذراتی که باریکه روی آنها متمرکز شده، به اندازه‌ی کافی نور یا انرژی جذب کرده و به عنوان لیزر روشن می‌شوند. سایر ذرات که خارج از مسیر باریکه هستند، انرژی کمتری جذب کرده و تنها نور فلئورسانس تابش می‌کنند. محققین انتظار دارند که به کارگیری این روش در بافت‌های زنده، که در حالت عادی نور در آنها به اطراف پراکنده می‌شود و تفکیک‌پذیری را از بین می‌برد، بسیار مفید باشد زیرا با استفاده از ذرات لیزری، نقاط محدودی نور لیزر را انتشار داده و بنابراین نسبت به نور زمینه قابل تشخیص هستند و در نتیجه تفکیک‌پذیری مناسبی قابل دستیابی است.

امید است در آینده ذرات لیزری تا اندازه ای کوچک ساخته شوند که در آزمایش‌های پزشکی قابل تزریق، کاشت و یا بلعیدن باشند. این ذرات می‌توانند درون بدن به ارگان‌ها یا تجمع پروتئین‌های درون سلول‌ها متصل شده و تصویربرداری با تفکیک‌پذیری nm 10 را از این ساختار امکان‌پذیر سازند. در این صورت سلول مانند لیزر می‌درخشد و به عنوان یک منبع نوری داخلی عمل می‌کند.

منبع: photonicsonline.com

آشکارساز نوری مبتنی بر گرافن با سرعت ۵۰ گیگاهرتز و پاسخ‌دهی از ۰.۶ تا ۲۰ میکرومتر

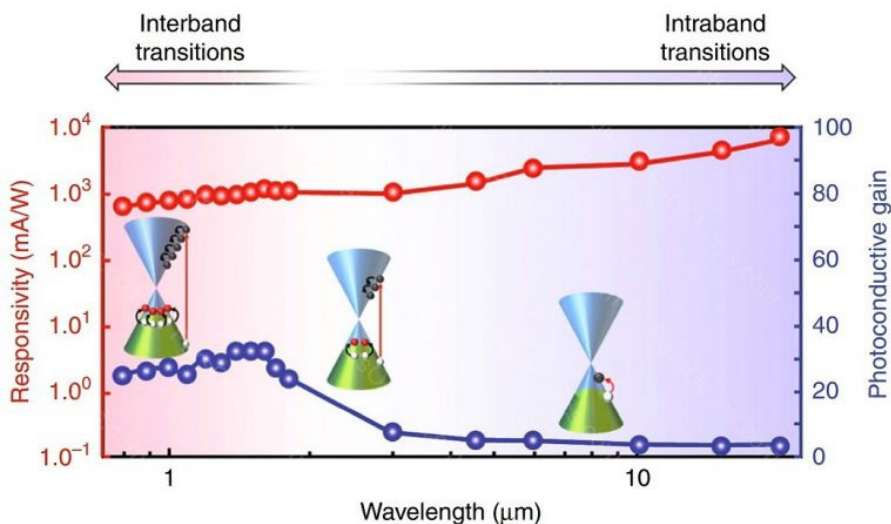
از طریق نور مرئی) تا باندهای مادون قرمز و مایکروویو جذب کند. متأسفانه، گرافن در این محدوده طیفی دارای جذب نوری به میزان ۲٪ است. همچنین، دارای طول عمر حامل نوری بسیار کوتاه است که منجر به ایجاد جریان الکتریکی بسیار کم می‌شود.

اکنون، در سال ۲۰۱۸ یک گروه تحقیقاتی از دانشگاه کالیفرنیا، لس‌آنجلس (UCLA) به قابلیت ویژه‌ای از تشخیص نوری گرافن با ایجاد نانوساختارهایی از آن که به الگوهای از طلا متصل هستند، دست یافته‌اند. ابزار ایجادشده دارای حساسیت با پهنای باند گسترده و محدوده پاسخ‌دهی از A/W ۰.۶ تا A/W ۱۱.۵ در طول موج ۰.۸ میکرومتر تا ۱۱.۵ میکرومتر است. همچنین، این آشکارساز فوق سریع است و با سرعت ۵۰ گیگاهرتز کار می‌کند.

محققین برای ایجاد این آشکارساز، نوارهای گرافن را روی لایه ای از دی اکسید سیلیکون با لایه بستر سیلیکون قرار داده‌اند. سپس آن‌ها مجموعه‌ای از الگوهای نانو از جنس طلا را با عرض دندان ۱۰۰ نانومتر ایجاد کرده‌اند. مساحت

به گزارش گروه تخصصی ParsOptics، مواد نیمه‌هادی مرسوم نظیر سیلیکون، ایندیوم گالیوم آرسناید، تلورید کادمیوم جیوه و ... که در علم فوتونیک خصوصاً آشکارسازهای نوری استفاده می‌شوند، دارای حساسیت قابل ملاحظه‌ای در محدوده کوچکی از طیف نور مرئی و مادون قرمز هستند. در این میان تلورید کادمیوم جیوه دارای خاصیت استثنایی است؛ با تغییر نسبت کادمیوم به جیوه در این ماده، شکاف باند از ۴۰۰ تا ۱۴۰۰ نانومتر قابلیت تنظیم‌پذیری دارد. اما دستگاه‌های تولیدشده با این ماده هنوز دارای پهنای باند باریکی هستند. علاوه بر آن، دستیابی به پاسخ زمانی سریع برای ایجاد پهنای باندی در اندازه چند ده گیگاهرتز برای نیمه‌هادی‌های معمولی بسیار مشکل است.

گرافن دارای مشخصات اپتیکی و الکترونیکی ویژه‌ای است؛ زمانی که از گرافن به عنوان آشکارساز نوری استفاده می‌شود، عملکردی بسیار سریع توأم با پهنای باند گسترده از خود نشان می‌دهد. این ماده می‌تواند انرژی را در دامنه وسیعی از طیف الکترومغناطیسی از ماوراء بنفش



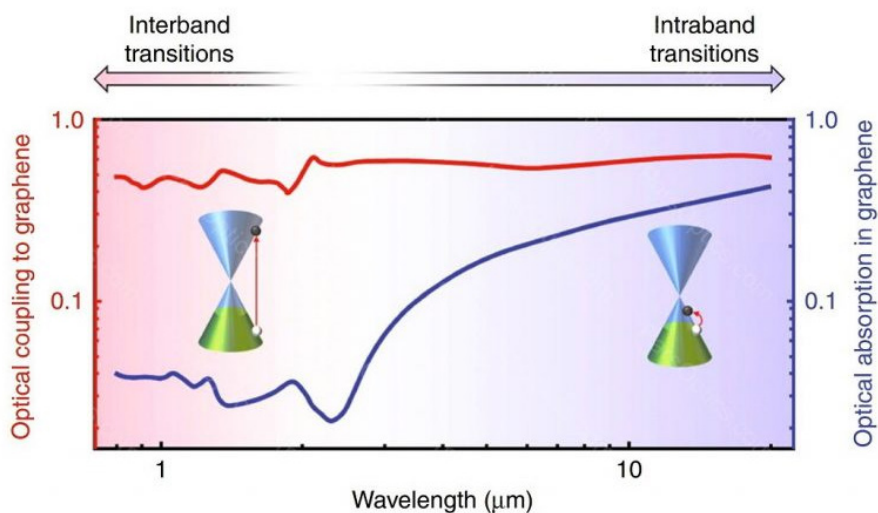
در ساختار موجب ایجاد پاسخدهی بالا نسبت به قطبش نور فرودی می‌شود؛ از این قابلیت در کاربردهای سنجش قطبش و تصویربرداری استفاده می‌شود.

بنا بر گفته محققین، سرعت آشکارسازی ۵۰ گیگاهرتز در آشکارساز به علت زمان بسیار کوتاه انتقال نوری در مرتبه زیر پیکوثانیه است که در نانوالگوهای طلا با پایین نگه‌داشتن پارازیت‌های مقاومتی و خازنی روی می‌دهد و در نهایت موجب پاسخ نوری با فرکانس قطع ۴۲۵ گیگاهرتز می‌شود.

بنا بر گفته محقق این پژوهش، این آشکارساز نوری می‌تواند دامنه و پتانسیل آشکارسازهای نوری را در سیستم‌های سنجش و تصویربرداری توسعه بخشد. همچنین، می‌تواند تصویربرداری حرارتی

کلی آشکارساز مبتنی بر گرافن ۳۰×۳۰ میکرومتر مربع است. الگوهای طلا که بر روی نوارهای گرافن قرار گرفته‌اند باعث تکثیر حامل‌ها و در نتیجه افزایش بهره نوری در طول‌موج‌های کوتاه‌تر می‌شوند. همچنین، این ساختار جذب نوری را خصوصاً در طول‌موج‌های بلند افزایش می‌دهد. در نهایت، ترکیب این دو اثر موجب بهبود کارایی آشکارساز می‌شود.

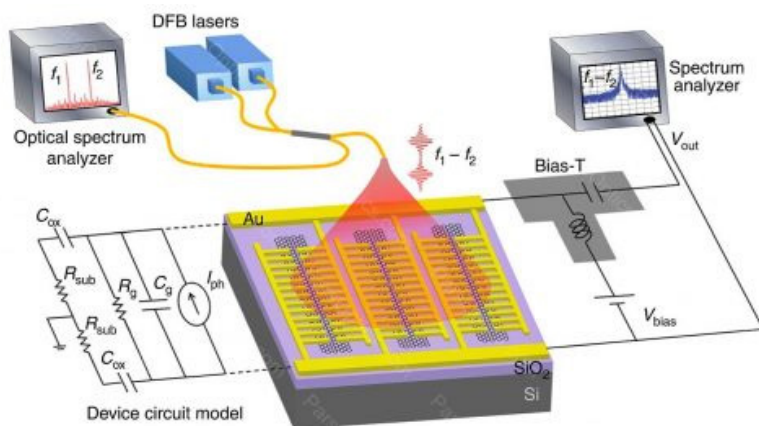
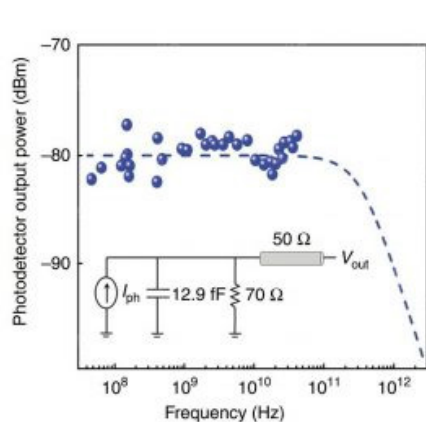
پاسخدهی طیفی آشکارساز در شرایط توان نوری ۲.۵ میکرووات، ولتاژ گیت ۲۵ ولت و ولتاژ بایاس ۲۰ میلی‌ولت اندازه‌گیری شده است. بنا بر گفته محققین، این ساختار دارای پهنای باند وسیعی از آشکارسازی نوری توام با پاسخدهی بسیار بالا است که تاکنون گزارش نشده است. عدم وجود تقارن



دید در شب یا کاربردهای تشخیص دقت مورد سنجش قرار دهد.

منبع: parsoptics.com

پزشکی را بهبود بخشد، چراکه کوچکترین تغییرات در درجه حرارت بدن بیمار می‌تواند اطلاعات زیادی را به پزشکان ارائه کند. علاوه بر این، این آشکارساز می‌تواند در فناوری‌های زیست محیطی نیز استفاده شود و غلظت آلاینده‌ها را به



تولید و دریافت سیگنال‌های RF توسط لیزر از طریق شانه‌های فرکانسی

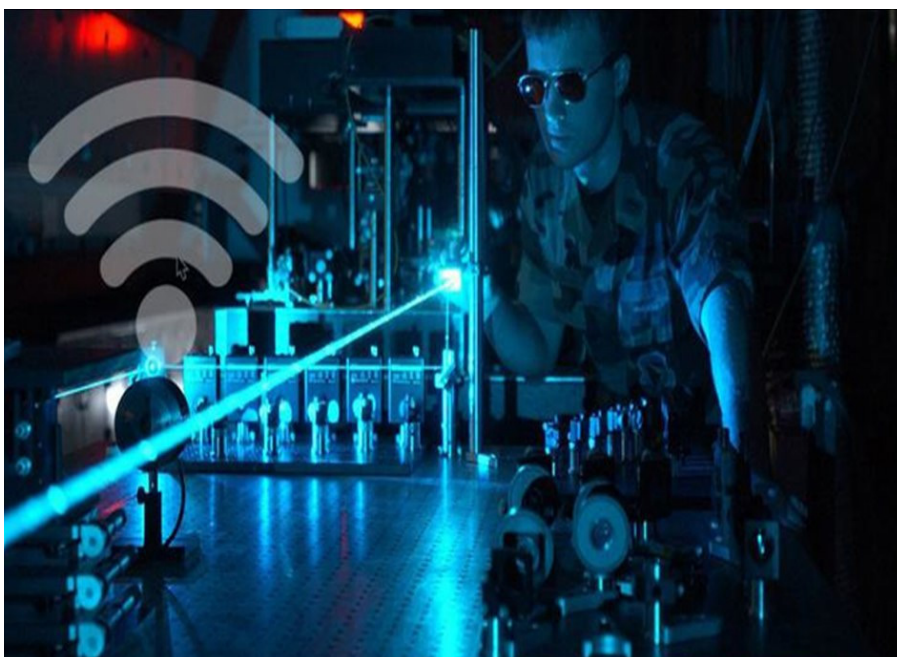
سال ۲۰۱۸، این تیم دریافتند که شانه‌های فرکانسی لیزر آبشار کوانتومی، می‌توانند به عنوان فرستنده‌ها و گیرنده‌هایی که به صورت بهینه اطلاعات را کدگذاری می‌کنند، عمل کنند. اکنون محققین روشی را توسعه داده‌اند که انرژی را استخراج می‌کند و سپس آن را از طریق شانه‌های فرکانسی لیزری به عنوان سیگنال‌های بیسیم انتقال می‌دهد و حتی می‌تواند عملکرد گیرنده مکمل را نیز انجام دهد.

اساس این پیشرفت، شانه فرکانسی بر پایه لیزر نیمه هادی QCL است. طیف خروجی از این ساختار شامل یک سری خطوط فرکانسی با فاصله یکسان و گسسته است (توجه داشته باشید که تئودور دبلیو هونش و جان ال هال، نیمی از جایزه نوبل فیزیک ۲۰۰۵ را برای کمک به توسعه طیف سنج دقیق لیزری، شامل استفاده از شانه فرکانس اپتیکی، اختصاص دادند).

داخل کاواک لیزر، پرتوها با فرکانس‌های مختلف به یکدیگر برخورد کرده و نور در محدوده مایکروویو گسیل می‌کنند. این موضوع بسیار شبیه است به ترکیب

در مقاله‌ای که در مجله Proceedings of the National Academy of Sciences با عنوان فرستنده فرکانس رادیویی بر پایه شانه فرکانس لیزری منتشر شده است، محققین دانشکده مهندسی و علوم کاربردی (SEAS) دانشگاه هاروارد، لیزری را ارائه کرده‌اند که می‌تواند امواج مایکروویو رمزگذاری شده را به عنوان سیگنال‌های بیسیم با فرکانس رادیویی (RF) منتشر کرده، آن‌ها را مدوله کند و سپس همان امواج مایکروویو را به عنوان سیگنال‌های خارجی با فرکانس رادیویی دریافت و یا رمزگشایی کند.

تحقیقات درباره چنین دستگاه‌های الکترو-اپتیکی در آزمایشگاهی به سرپرستی فدریکو کاپاسو و حضور رابرت ال والاس، استاد فیزیک کاربردی و وینتون هیز، پژوهشگر ارشد مهندسی برق در SEAS در حال انجام است و چندان جدید نیست. در سال ۲۰۱۷، محققین این آزمایشگاه دریافتند که یک شانه فرکانسی مادون قرمز در یک لیزر آبشار کوانتومی (QCL) می‌تواند برای تولید فرکانس‌های تراهرتز استفاده شود. در



با مدولاسیون جریان لیزر، سیگنال صوتی را بر روی این حامل به طور مستقیم رمزگذاری کنند.

البته، هر فرستنده برای مفید بودن به گیرنده احتیاج دارد و معماری این گیرنده می تواند به طور کلی متفاوت از فرستنده باشد. به عنوان مثال گیرنده های فرابازتولیدی، سوپرهترودین، zero-IF و SDR هیچکدام شبیه به منبع فرستنده سیگنال نیستند. محققین برای آزمایش اولیه ضریب تبدیل اپتیکی به RF، سیگنال را با استفاده از آنتن شاخه ای دریافت، سپس آن را فیلتر کرده و به منظور رمزگشایی به SDR ارسال کردند. با این حال، اگر فرستنده الکترواپتیکی

غیرخطی سیگنال های جفت شده که بطور گسترده در صوت از طریق سیستم های الکترونیکی RF مورد استفاده قرار می گیرد. نور داخل کاواک لیزر سبب نوسان الکترون ها در فرکانس میکروویو که در حدود ۵ گیگاهرتز و در محدوده ارتباطات استاندارد، از جمله باند Wi-Fi است، می شود.

با طراحی مجدد لایه تماسی بالای لیزر به آرایش فرستنده رادیویی لیزری (LRT)، می توان از تابش انرژی پشتیبانی کرد. سپس محققین با استفاده از این جریان نوسان کننده داخلی، آنتن دوقطبی مجتمع را که در فضای آزاد تابش می کند، درایو کرده اند. آنها همچنین توانسته اند

بسازند و آن را تغذیه کنند تا امکان انتشار امواج رادیویی در فضای آزاد فراهم شود. فرکانس نوت ضربان را می‌توان با مدولاسیون جریان لیزر تنظیم کرد و از این طریق، لیزر نقش جدید و غیر منتظره ای را به عنوان فرستنده رادیویی بی سیم (و حتی گیرنده) با فرکانس حامل ۵.۵ گیگاهرتز بازی می‌کند.

محققین اظهار داشتند که این نتایج ممکن است به کاربردها و قابلیت های جدید شانه های فرکانسی اپتیکی مجتمع برای ارتباط رادیویی بیسیم و همزمان سازی بیسیم با یک منبع مرجع منجر شود. پروفیسور کاپاسو بیان دارد: این تحقیق درهای جدیدی را به روی دستگاه های الکترونیکی-فوتونیکی ترکیبی جدید باز می کند و اولین قدم به سمت وای‌فای با سرعت فوق العاده است.

منبع: laserfocusworld.com

بتواند از یک گیرنده مکمل استفاده کند، این مسئله جذابتر خواهد شد. تیم MIT توانسته است این کار را با استفاده از تنظیم چیدمان در محلی که آنتن، سیگنال RF را دریافت می‌کند انجام دهد، سپس آن ها این سیگنال را به ناحیه فعال لیزر کوپل کرده و باعث قفل شدن این لیزر می‌شوند.

محققین خاطر نشان کردند که در یک چشم انداز گسترده تر، لیزر را می توان به عنوان جفت کننده دو منبع RF، البته در دو فاز مخالف در نظر گرفت. الکتروود بالای این لیزرها معمولاً شامل یک اتصال فلزی پیوسته الکتریکی است که این دو ژنراتور را به هم متصل و از تابش دستگاه جلوگیری می‌کند.

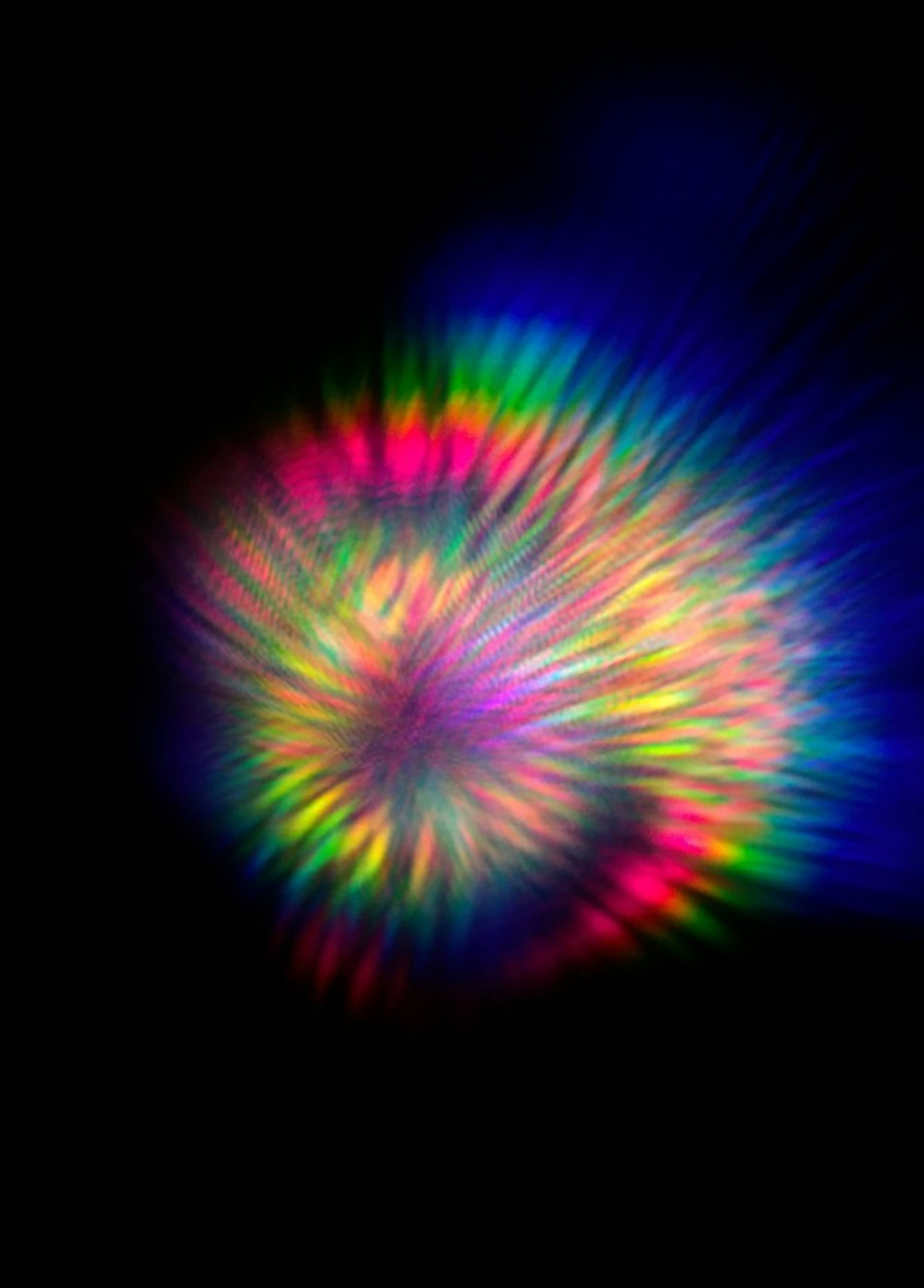
همچنین محققین نشان دادند که با تغییر هندسه لایه تماسی بالای QCL، می تواند آنتن دو قطبی را بر روی تراشه



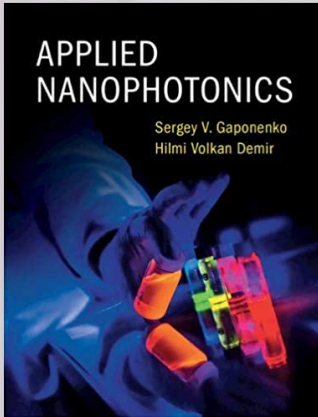
عکس منتخب این شماره

لکه‌های روشن پس از متمرکز شدن پرتوی لیزر فمتوسکند از نظر قطب آزمون‌تال به روی یک تکه کاغذ سفید رهگیری می‌شوند. این نمایش ناشی از وجود شکست نور لیزر در شیشه را نشان می‌دهد. (عکس گرفته شده توسط آیفون ۶). [تقدیرنامه ، مسابقه عکس OPN ۲۰۲۰]

منبع عکس: Zhijun Xu, College of Science, Zhejiang University of Technology, Zhejiang, China



معرفی کتاب



Applied Nanophotonics

نانوفوتونیک کاربردی

انتشارات: Cambridge University Press

نویسندگان: Demir Hilmi Volkan, Gaponenko Sergej V

سال انتشار: ۲۰۱۸

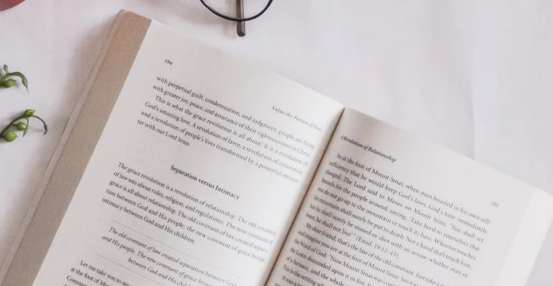
قیمت: ۹۰ دلار

تعداد صفحات: ۴۴۸

چکیده کتاب:

این کتاب تمامی رنگی منحصر به فرد، مقدمه‌ای شده است و زمینه‌های جدید و جدیدی از قبیل فوتونیک کلوئیدی، فوتونیک مبتنی بر سیلیس، نانوپلاسمونی و فوتونیک الهام گرفته از انرژی مورد بحث قرار گرفته است. این راهنمای "به پیش" برای دانشجویان تحصیلات تکمیلی و محققان مهندسی برق است که به نانوفوتونیک علاقه‌مند هستند و دانشجویانی که دوره‌های نانوفوتونیک را می‌گذرانند.

این کتاب تماماً رنگی منحصر به فرد، مقدمه‌ای در دسترس و در عین حال دقیق برای اصول اساسی، فناوری و کاربردهای نانوفوتونیک فراهم می‌کند. این مفاهیم کلیدی فیزیکی مانند حبس کوانتومی در نیمه هادی‌ها، حبس نور در نانو ساختارهای فلزی و دی‌الکتریک و جفت شدن موج در ساختارهای نانو را توضیح می‌دهد، و توضیح می‌دهد که چگونه می‌توان آنها را در منابع روشنایی، لیزرها، مدارهای فوتونی و سیستم‌های فتوولتائیک به کار برد. خوانندگان بینشی بصری در مورد اجرای تجاری اجزای نانوفوتونیک، هم در دستگاه‌های فعلی و بالقوه آینده و هم چالش‌های پیش روی این حوزه کسب می‌کنند. اصول اپتیک نیمه‌هادی،





Optics and Photonics Society of Iran
Monthly Colloquium

04 March 2021

Investigation of Multi-frequency Raman Generated Spectra

Professor Donna Strickland
University of Waterloo
Canada



Nobel Prize in Physics 2018

Time: Iran: 17:30 UTC: 14:00

Open to all but pre-registration is required. Deadline: 02/03/2021.

For registration please visit <https://b2n.ir/147194>

For updates please join <https://b2n.ir/734175>



**Optics and Photonics
Society of Iran**



**Institute for Advanced Studies
in Basic Sciences**
Gava Zang, Zanjan, Iran

5