

پیشتازان PIONEERS

۷۶ سومین بانوی برنده جایزه نوبل فیزیک

راهنما GUIDE

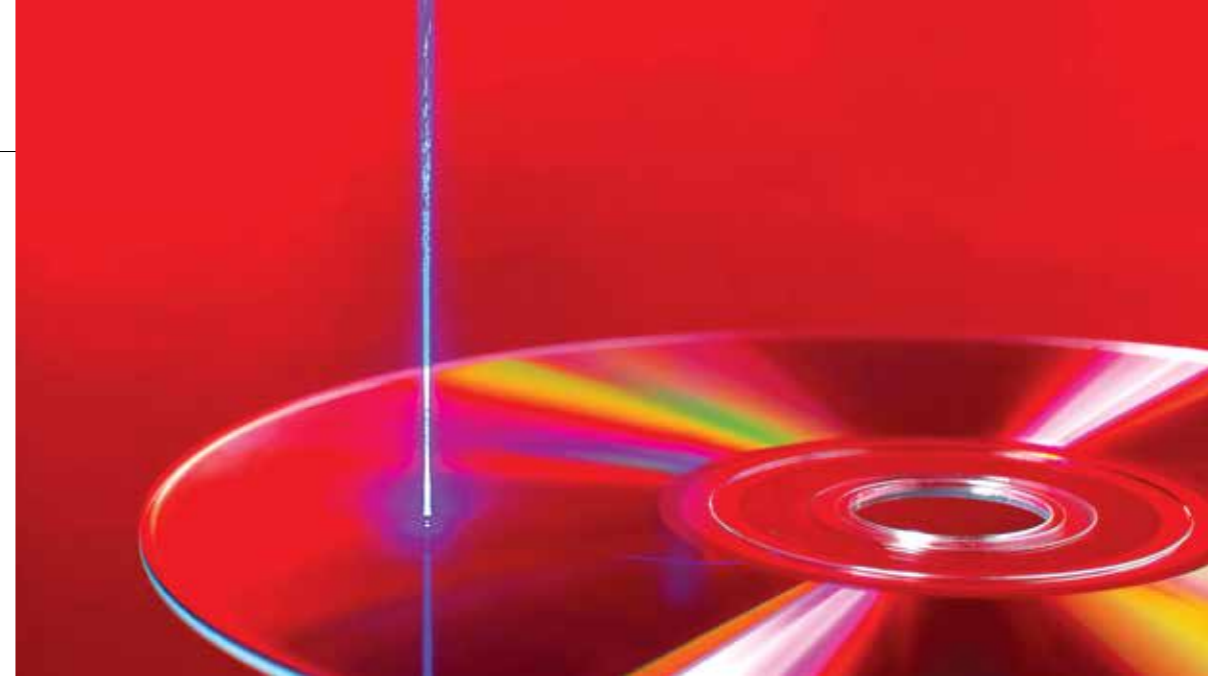
۸۰ ساخت قطعات و سیستم‌های اپتیکی
۸۲ طراحی افزاره‌های سه‌بعدی پیچیده با سیلوآکو

مدرسه فناوری ACADEMY

۸۸ آزمایش‌های عجیب با شیشه و آینه
۹۴ یک پروژکتور هولوگرام سه بعدی بسازید



ویژه‌نامه **دانش‌بنیان**



ویژه‌نامه دانش‌بنیان
فناوری لیزر و فوتونیک
شماره دوازدهم • مهر ۱۳۹۷

لیزر
و فوتونیک

صاحب امتیاز: معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری
مدیر مسئول: سورنا ستاری
سر دبیر: پرویز کرمی
جانشین سر دبیر: مهدی انصاری فر
دبیر تحریریه: مرضیه کبیری
دبیر علمی: آرین گودرزی
تحریریه: زهرا متولیان، مهنوش غلامزاده، محمدرضا شریفی مهر، آزاده امیراحمدی، مریم زند، مریم فیض پور، زهرا رجب‌لو، سمیرا کشمیری، نجمه سادات حسینی مطلق، رضا عسگری
مدیر هنری: محمدرضا وکیلان
صفحه آرایی: مجید خضری پور
ویراستار: محمدجعفر نظری
روابط عمومی: شیرین جلیلیان
پشتیبانی: کیومرث مهدی نیا گتایی
با تشکر از: حامد افشاری، داوود دانایی، راحله سعیدی، علیرضا ثابتی فر
وبسایت: www.slpn.isti.ir
رایانامه سر دبیری: m.ansaryfar@isti.ir
کانال تلگرام: www.telegram.org/slpn_isti
تلفن سر دبیری: ۰۲۱ ۲۲۱۸۳۱۱۳
دورنگار سر دبیری: ۰۲۱ ۲۲۱۸۳۱۱۴
نشانی: تهران، زعفرانیه، خیابان شهید سرلشکر فلاحی، کوچه شیرکوه، پلاک ۱۱، ستاد توسعه فناوری‌های لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی

از تمامی خوانندگان محترم، فنواران و اعضای محترم پارک‌های علم و فناوری، شرکت‌های دانش‌بنیان، مراکز فناوری و شتاب‌دهنده‌ها دعوت به همکاری می‌گردد. لطفاً نظرات، انتقادات و پیشنهادات خود را به آدرس ایمیل نشریه ارسال فرمائید.
ایمیل: mag.slpn@isti.ir

چشم‌انداز VISION

۳۰ سردسازی بالیزر روشی برای شناسایی آفرینش
۳۶ جنین‌های دوقلو با لیزر از تساوای حقوق برخوردار می‌شوند
۴۰ ردپای لیزر روی دیسک‌های نوری
۴۶ مجسمه‌ای از تارهای عنکبوت

از علم تا ثروت LASERTECH

۵۶ از تجهیزات پزشکی تا نفوذ به عمق فضا
۶۰ ستاره‌ای درخشان برای پیشرفت جمهوری آفریقای جنوبی

لیزنیوز LASERNEWS

۶۶ به پرتوی اشاره‌گر لیزری خیره نشوید
جایزه‌ی نوبل فیزیک ۲۰۱۸ برای ایجاد کشیدگی، خمیدگی و انفجار مولکول‌ها با لیزر
۶۸
۷۲ کیمیاگری پاشعه‌بازی

سخن‌اول EDITORIAL

۶ سخن اول

گفتیم INTERVIEW

۸ پرورش رابطان علم و صنعت لیزر در علم و صنعت ایران
۱۸ مسیر خوداتکایی در حوزه‌ی لیزر و فوتونیک

گزارش REPORT

۲۲ تفاهم دوجانبه بین لیزر و پزشکی
۲۴ لیزر سرآمد در صنعت

؟؟؟؟؟؟؟؟؟؟

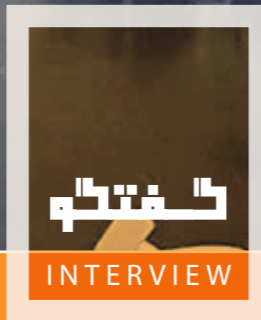
؟؟؟؟



؟؟؟؟؟؟؟؟
؟؟؟؟



پرویش رابطان علم و صنعت لیزر در علم و صنعت ایران ۸



.....	پرویش رابطان علم و صنعت لیزر در علم و صنعت ایران	۸
.....	مسیر خوداتکایی در حوزه‌ی لیزر و فوتونیک	۱۸
.....		



مصاحبه با دکتر محمد حسین مهدیه

پروورش را بطن علم و صنعت لیزر در علم و صنعت ایران

زهرامتولیان

z.motavallian@yahoo.com

در ادامه گفتگوهای ویژه‌نامه با افراد خبره در زمینه لیزر و فوتونیک، این بار به سراغ یکی از اساتید دانشگاه علم و صنعت ایران رفتیم. دکتر محمد حسین مهدیه از اساتیدی است که با وجود همه موانع و سختی‌های کارهای تحقیقاتی، کارنامه‌ای پر بار و اثر بخش در حوزه لیزر و کاربردهای آن دارد.

آقای دکتر شما در کدام دانشگاه‌ها تحصیل کردید؟

من دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را در دانشگاه صنعتی شریف در رشته فیزیک گذراندم. برای تحصیل در مقطع دکترا به انگلستان رفتم و در دانشگاه اسکس (Essex) مشغول به تحصیل شدم. من قبل از ورود به دانشگاه علاقه‌ی زیادی به زمینه‌های کاربردی فیزیک داشتم و این علاقه در دوره دانشجویی کارشناسی بیشتر شد. در اوایل دوره دانشجویی با گروه فیزیک جهاد دانشگاهی شریف ارتباط پیدا کردم و در این دوره با برخی پروژه‌های کاربردی در زمینه‌ی اپتیک-لیزر و آکوستیک از نزدیک درگیر شدم و این انگیزه‌ی خوبی برای ادامه فعالیت در این زمینه شد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد من روی موضوع طراحی و ساخت لیزر ازت طولی با فرکانس بالا بود. به دلیل کمبود امکانات لیزر در آن زمان در دانشگاه، برای اجرای این پروژه با مرکز لیزر انرژی اتمی مرتبط شدم. در این پروژه که در مرکز لیزر سازمان انرژی اجرا شد یک لیزر طولی ازت طراحی کردم و با امکانات مرکز این لیزر را ساختم. تقریباً تمامی بخش‌های این لیزر یعنی منبع تغذیه و ولتاژ بالا-تیوب لیزر - سوییچ ترگاترون (ولتاژ بالا) را خودم ساختم. لیزر را راه‌اندازی کردم و بعد اثر گازی مثل هلیوم و آرگون را روی خروجی لیزر مطالعه کردم. در دوره‌ی دکترا خیلی علاقه‌مند به ادامه تحقیقات لیزری بودم، اما متأسفانه در یکی دو تا از دانشگاه‌های انگلستان که در این زمینه فعالیت خوبی داشتند اجازه ورود به این موضوع داده نشد و من مجبور شدم دوره دکترا را روی موضوع مورد علاقه بعدی یعنی «برهم‌کنش لیزر با پلاسما» کار کنم که البته ناراضی نیستم چون چیزهای زیادی در این دوره یاد گرفتم و تجربیات خوبی کسب کردم.

نتایج پژوهشی این فعالیت‌ها چه بود؟

در دانشگاه محل تحصیل من، برعکس دانشگاه‌های ایران، از ایه‌ی مقاله معیاری برای فارغ‌التحصیلی نبود. دانشگاه، استاد راهنما و گروهی که ارزیاب سطح علمی دانشجو بودند، تشخیص می‌دادند که دانشجو برای دفاع از پایان‌نامه‌ی خود آماده است یا خیر. البته مقالاتی را برای مجلات ارسال کرده بودم اما در زمان دفاع از پایان‌نامه هنوز جوابی از مجلات دریافت نکرده بودم. شش ماه بعد از دفاع من، ۵ مقاله در رابطه با همان موضوعات دوره دکترا در مجلات خوب و معتبر بین‌المللی به چاپ رسید.

چه سالی به ایران برگشتید و پس آن چه فعالیت‌هایی در داخل کشور داشتید؟

من در سال ۷۶ به ایران برگشتم و چون بورسیه‌ی وزارت علوم بودم، از طرف این وزارت، دانشگاه علم و صنعت برای فعالیت من انتخاب شد. حدود یک سال به صورت حق‌التدریس فعالیت کردم و بعد از آن به استخدام پیمانی دانشگاه درآمدم. حدود دو سال بعد از دوره‌ی استخدام پیمانی تغییر وضعیت دادم و ابتدا رسمی آزمایشی و سپس استخدام رسمی دانشگاه شدم. من در سال ۱۳۸۴ به مرتبه‌ی دانشیاری و در سال ۱۳۸۹ به مرتبه‌ی استاد تمام ارتقا مرتبه یافتیم. بخشی از مسئولیت من در دانشگاه آموزش و بخشی دیگر پژوهش بوده است. البته در تمام این مدت (غیر از ۸ سال گذشته) فعالیت اجرایی مثل مدیریت گروه و یا معاونت پژوهشی و معاونت آموزشی هم در دانشکده داشتم. در زمینه‌ی آموزش در مقطع کارشناسی و تحصیلات تکمیلی تدریس داشتم. به عنوان مثال در مقطع کارشناسی دروسی نظیر فیزیک پایه، الکترومغناطیس، مکانیک کوانتومی فیزیک پلاسما، فیزیک لیزر - کاربردهای لیزر - اپتیک کاربردی آکوستیک و آزمایشگاه‌های فیزیک پایه ۳، مدرن، اپتیک و

آزمایشگاه اندازه‌گیری دقیق لیزری و آزمایشگاه برهم‌کنش لیزر با مواد و پلاسمای دانشگاه علم و صنعت به‌طور رسمی در سال ۸۴، با کمک مالی و پشتیبانی «مرکز صنایع نوین - وزارت صنایع و معادن»، راه‌اندازی شده است. تجهیزات این آزمایشگاه امکان تحقیقات در دو زمینه‌ی کلی ذیل را فراهم نموده است:

اندازه‌گیری بر مبنای لیزر (Laser Based Measurement) برهم‌کنش لیزر با مواد و پلاسما (Laser and plasma interaction) وجود لیزرهای هلیوم-نئون، یون آرگون، لیزر پالسی دیودی و برخی تجهیزات اندازه‌گیری دقیق بر مبنای لیزر را در این آزمایشگاه فراهم نموده است.

از طرفی لیزر یابگ با سوئیچ Q، با پالس‌های لیزری نانوثانیه‌ای و انرژی ماکزیمم ۸۰۰ میلی ژول در فرکانس‌های اول (وانرژی کمتر در فرکانس‌های دوم، سوم، و چهارم) امکان مطالعه برهم‌کنش لیزرهای پالسی با مواد و پلاسما و تعیین مشخصات آن‌ها را فراهم نموده است. همچنین در این آزمایشگاه به کمک یک لیزر دیود پیوسته با توان ۵ وات در محدوده طیفی ۸۰۰ نانومتر و یک لیزر پالسی ۷۰ پیکوثانیه (در محدوده طول موجی آبی)، فرایندهای سریع در برهم‌کنش‌های لیزری مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

پدیده‌ی لنز حرارتی:

در انتشار پرتو لیزرهای پرتوان در یک محیط جاذب، بخشی از انرژی پرتو در مسیر انتشار جذب می‌شود و دمای مسیر پرتو را افزایش می‌دهد. تغییر دما در محیط منجر به تغییرات ضریب شکست موضعی می‌گردد. در صورتی که شدت پرتو در عرض پرتو غیر یکنواخت باشد، ضریب شکست به صورت غیر یکنواخت در عرض پرتو شکل می‌گیرد. چنین محیطی با ضریب شکست غیر یکنواخت را محیط شبه‌لنزی می‌گویند. در واقع چنین محیطی شبیه یک لنز عمل می‌کند. در صورتی که ضریب شکست از مرکز به سمت کناره افزایش یابد لنز هم‌گرا و در صورتی که ضریب شکست از مرکز به سمت کناره کاهش یابد یک لنز واگرا شکل می‌گیرد. این پدیده لنز حرارتی (Thermal lensing) نامیده می‌شود. پدیده‌ی لنز حرارتی باعث می‌شود که توزیع فضایی لیزر به دلیل عبور از این محیط شبه‌لنزی دستخوش تغییرات شود.



لیزر را رایج کرده‌ام. همچنین در مقطع تحصیلات تکمیلی دروسی نظیر مکانیک کوانتومی پیشرفته-الکترو دینامیک کلاسیک (در مقطع کارشناسی ارشد)، فیزیک لیزر پیشرفته، فیزیک پلاسما پیشرفته، کاربردهای لیزر، و برهم‌کنش پرتو لیزر با مواد و پلاسما تدریس نموده‌ام. فعالیت‌های تحقیقاتی در دانشگاه بیشتر فیزیک کاربردی و تجربی بوده و می‌باشند. موضوعات مورد مطالعه در زمینه‌ی اپتیک-فتونیک-لیزر و پلاسما است. تا به حال بیش از ۶۰ پایان‌نامه کارشناسی ارشد و حدود ۱۰ پایان‌نامه دکتری تحت راهنمایی من اجرا شده‌است. در حال حاضر ۴ دانشجوی دکترا و ۵ دانشجوی کارشناسی ارشد تحقیقات خود را تحت نظر من انجام می‌دهند. اغلب این پایان‌نامه‌ها در زمینه فیزیک تجربی (و بعضاً محاسباتی) بوده‌است که در آزمایشگاه

آقای دکتر شما مسئولیت آزمایشگاهی را در دانشگاه به عهدہ دارید. توضیحی در مورد نحوه شکل‌گیری این آزمایشگاه بفرمایید.

سالی که من به دانشگاه آمدم، امکانات محدودی مانند یک لیزر گازی (۱۰۰ وات)، یک لیزر ازت عرضی، و یک لیزر هلیوم-نون و تعداد بسیار محدودی وسایل اپتومکانیک از یک شرکت داخلی خریداری شده بود. این امکانات برای تحقیقات به‌هیچ‌وجه مناسب نبودند و من با این تجهیزات، یک آزمایشگاه آموزش محور

به‌نام آزمایشگاه لیزر با ۱۰ آزمایش برای دوره‌ی کارشناسی ایجاد کردم. البته همواره به این فکر بودم که در زمینه‌ی کارهای تحقیقاتی مورد علاقه هم فعالیت‌هایی داشته باشم. تا این که در سال ۸۰، مرکزی به‌نام مرکز صنایع نوین در وزارت صنایع و معادن شکل گرفت. رییس این مرکز، آقای مهندس هاشمی، فرد بسیار خوش‌فکری بود. از تعداد قابل‌توجهی از اعضای هیئت علمی دانشگاه‌های مختلف در سطح کشور دعوت شد تا گروه‌های تخصصی مربوط به تکنولوژی‌های نوین را راه‌اندازی کنند. در این گروه‌ها، پروژه‌هایی که در صنعت کاربردی بودند و مبنای آن‌ها تکنولوژی‌های جدید بود معرفی می‌شدند و تحت حمایت این مرکز قرار می‌گرفتند. هدف دیگری که این مجموعه دنبال می‌کرد، تجهیز آزمایشگاه‌هایی برای توسعه‌ی علوم جدید در کشور بود. یکی از گروه‌های تخصصی در این مرکز گروه «اپتیک و لیزر» بود و من نیز به‌عنوان یک عضو، به این گروه دعوت شدم. در این دوره (۸۰ تا ۸۴) پیشنهاد اجرای یک پروژه تحقیقاتی (تحت عنوان طراحی و ساخت یک سرعت‌سنج لیزری) و پیشنهاد تجهیز آزمایشگاه اندازه‌گیری‌های دقیق را دادم و هر دو مورد موافقت قرار گرفت. تجهیزاتی که در اختیار ما قرار گرفت در آزمایشگاه برهم‌کنش لیزر با مواد نیز کاربرد داشت. سال ۸۳ تا ۸۵ با بودجه‌ای حدود ۱۰۰ میلیون از قراردادهای منعقد شده با مرکز صنایع نوین، آزمایشگاه تحقیقاتی اندازه‌گیری دقیق اپتیک و لیزری و برهم‌کنش لیزر با مواد در دانشگاه علم و صنعت راه‌اندازی شد.

در خصوص پروژه سرعت‌سنجی لیزری توضیحاتی بفرمایید.

مرکز صنایع نوین بر این اعتقاد بود که صرفاً تجهیز آزمایشگاه نتیجه‌ی موثری ندارد و باید از

همان ابتدا فعالیت‌ها و پروژه‌هایی برای آن تعریف شود. ما نیز پروژه سرعت‌سنجی لیزری را به آن‌ها معرفی کردیم. قبل از اینکه تجهیزات آن به دست ما برسد، تحقیقات را با دو، سه نفر از دانشجویان شروع کردم. اساس کار سرعت‌سنجی لیزری، طراحی یک سیستم اپتیک است که با استفاده از پرتو لیزر الگویی از فریزهای تاریک و روشن (بر اساس پدیده تداخل) در فضایی کوچک (مثلاً حدود ۱۰۰ میکرون)، سرعت ذرات اندازه‌گیری می‌شود. در این سیستم، ذرات (داخل یک سیال در حرکت) که از این الگوهای تاریک و روشن عبور می‌کنند، پراکندگی با الگوی منظم ایجاد می‌کنند. اگر پراکندگی نور توسط ذرات سیال را آشکارسازی بکنیم، رفتار زمانی حرکت ذرات داخل سیال معین می‌شود و از روی اطلاعات به‌دست آمده می‌توان سرعت مجموعه ذرات (و در نتیجه سیال در حال حرکت) را اندازه‌گیری کرد. در واقع در سیگنالی که با اسیلوسکوپ از پراکندگی ذرات در حین عبور از فریزهای تاریک و روشن مشاهده می‌شود، به‌صورت دره و قله‌های متعدد است که با استفاده از اطلاعات این سیگنال می‌توان سرعت را تخمین زد. ما از همین ایده برای ابعادسنجی ذرات نیز استفاده کردیم. یعنی اگر ابعاد ذره از ابعاد فریزها بزرگ‌تر بود، پراکندگی آن‌ها قله و دره روی سیگنال اسیلوسکوپ ایجاد نمی‌کند، اما اگر کوچک‌تر بود، دره و قله‌ها ایجاد می‌شوند. بنابراین می‌توان با اطلاعات ابعاد فریزها ابعاد ذرات گذرکننده از فریزها را نیز تخمین زد.

بعد از پروژه سرعت‌سنجی چه فعالیت‌های دیگری در این آزمایشگاه‌ها انجام شد؟

یک بخش از فعالیت‌های تحقیقاتی ما در اندازه‌گیری دقیق اپتیک و لیزری انجام می‌گیرد و بیشتر به‌اندازه‌گیری پارامترهای

تداخل‌سنج‌ها بر اساس ترکیب دو پرتو هم‌فاز و یا با اختلاف‌فاز محدود کار می‌کنند. از ترکیب دو پرتو با اختلاف‌فاز محدود پدیده‌ی تداخل شکل می‌گیرد. تداخل‌سنجی کاربردهای متنوعی دارد. به‌عنوان مثال با استفاده از تداخل‌سنجی می‌توان تغییرات ضریب شکست یک محیط را تعیین کرد. فرض کنید در یکی از بازوهای تداخل‌سنج یک محیط پلاسمایی داشته باشیم که پرتو از آن عبور می‌کند. پرتو در اثر عبور از محیط پلاسمای تضعیف و دچار تغییرات می‌شود. این تغییرات به دلیل تغییرات در ضریب شکست محیط اتفاق می‌افتد که باعث اعوجاج در پرتو می‌شود. اعوجاج پرتو باعث اعوجاج فریزها می‌شود. از روی اعوجاج فریزها، می‌توان تغییرات ضریب شکست محیط و پلاسما را تعیین کرد.



از دیگر کارهایی که در آزمایشگاه دانشگاه علم و صنعت صورت گرفته است، ابعادسنجی ذرات نانویی است. اساس کار این موضوع، پراکندگی و پراش است. عبور پرتو از محیط کلوییدی که در آن ذرات با ابعاد نانو قرار دارد دچار تغییرات شده و بر اساس پدیده‌ی پراش و پراکندگی از این ذرات الگوهایی در پرده‌ی جلوی ظرف حاوی آن‌ها ایجاد می‌شود که با بررسی الگوها می‌توان ابعاد ذرات را اندازه‌گیری کرد.

فیزیکی مختلف برمی‌گردد که بر مبنای روش اپتیکی است و با استفاده از لیزر کار می‌کند. به‌عنوان مثال صافی‌سنجی (اندازه‌گیری صافی و یا زبری اجسام)، اندازه‌گیری ابعاد ذرات ریز (نانویی و میکروبی)، سرعت‌سنجی (سیالات بخصوص سیالات گازی) و ضخامت‌سنجی و دماسنجی دقیق نمونه پروژیهایی بوده است که در آزمایشگاه اندازه‌گیری‌های دقیق اپتیکی و لیزری انجام شده است. پدیده‌ی لنز حرارتی (Thermal Lensing) از موضوعاتی است که در این آزمایشگاه مطالعه شده است. این موضوع کاربرد زیادی در اندازه‌گیری‌های فیزیکی (نظیر اندازه‌گیری ظرفیت گرمایی) دارد. در عملکرد برخی لیزرهای توان بالا و همچنین انتشار پرتو لیزرهای پرتوان در محیط‌های مختلف نیز دچار تغییرات لنز حرارتی می‌شوند و این مطالعات می‌تواند در این رابطه مفید باشد. همچنین آزمایشگاه روش تداخل‌سنجی را راه‌اندازی کردیم. اساس کار روش تداخل‌سنجی، تغییر ضریب شکست یک قسمت از محیط است. با این شیوه تغییرات دمای یک مایع، از مرتبه ۰/۰۵ درجه را اندازه‌گیری کردیم. هم‌چنین غلظت ماده‌ای در مایع نیز بررسی شد.

از فعالیت‌های دیگری که انجام دادیم هولوگرافی ماکروسکوپی دیجیتال (Digital Holographic Macroscop) بود. یعنی کار هولوگرافی، بر اساس ایجاد یک سیستم تداخل‌سنجی، توسط کامپیوتر صورت می‌گیرد. این اندازه‌گیری در رابطه با همکاری علمی با یک گروه ژاپنی شکل گرفت. همکاری در زمینه‌ی ساخت سنسورهای فیبرنوری بود. این سنسورها اساساً با ایجاد یک تخریب میکرونی در ناحیه مرز بین غلاف و هسته‌ی فیبر کار می‌کند. عملکرد سنسور به ابعاد منطقه‌ی تخریب و تعداد آن‌ها وابسته است. با استفاده از DHM می‌توان اطلاعات ابعاد و ضریب شکست منطقه تخریب شده میکرونی را به‌دست

آورد. به‌همین دلیل بخشی از فعالیت تحقیقاتی ما در این چند سال روی این موضوع متمرکز شد. ناصافی‌سنجی از مرتبه‌های بسیار ریز مثلاً در حدود چند ده یا صد نانومتر و در ادامه زبری‌سنجی که با سیستم اپتیکی صورت می‌گرفت و خلل و فرج اجسام تشخیص داده می‌شد، از دیگر کارهایی بوده است که در این آزمایشگاه مورد توجه بوده است.

در بخش برهم‌کنش لیزر - مواد آزمایشگاه چه اتفاقاتی تا به امروز صورت گرفته است؟

بخش دیگری از فعالیت‌های پژوهشی در آزمایشگاه برهم‌کنش لیزر با مواد و پلازما انجام

می‌شود. مثلاً چندین سال است روی زمینه‌هایی نظیر ایجاد ناصافی‌های نانویی و میکرونی با تابش‌دهی لیزر بر روی سطوح نیم‌رساناها و فلزات فعال بوده‌ایم. در آزمایشگاه برهم‌کنش، تغییر خلل و فرج سیلیکون که در سلول‌های خورشیدی کاربرد دارد را در برنامه داشتیم. با تغییر خلل و فرج، میزان جذب این ماده بالا می‌رود. با بالا رفتن تعداد خلل و فرج‌ها، پرتو در قله‌ها می‌افتد و در رفت‌وبرگشت‌های مختلف، سطح موثر سلول خورشیدی بیشتر خواهد شد. چون این کار را با لیزر انجام می‌دهیم، با انعکاس‌سنجی و پراکندگی پرتو از سطح، میزان تغییر ارتفاع خلل و فرج‌ها را می‌سنجیم. همچنین ماده‌برداری (Laser Ablation) از سطوح

فلزات بخش دیگری از تحقیقات آزمایشگاه بوده است. اساساً این کار با متمرکز کردن پرتو یک لیزر پالسی پرتوان روی سطح یک فلز انجام می‌شود. با جذب پرتو لیزر روی سطح ماده، با فرآیندهای مختلفی، ماده (در ابعاد پرتو متمرکز شده) از سطح فلز کنده می‌شود و به سمت لیزر پرتاب می‌شود. به‌این ترتیب با هر پالس مقدار بسیار کمی از ماده در منطقه‌ی تابش‌دهی برداشته می‌شود. هدف اصلی در این تحقیقات تخمین میزان ماده‌برداری، و شکل حفره‌ای که بعد از ماده‌برداری در سطح فلز باقی می‌ماند، می‌باشد. می‌خواهیم ببینیم تحت شرایط مختلف این پدیده چگونه خواهد بود. این موضوع کاربردهای مختلفی دارد که مهم‌ترین آن ماشین‌کاری ظریف و کنده‌کاری می‌باشد. در این



همکاری با یک گروه ژاپنی در زمینه‌ی ساخت سنسورهای فیبرنوری و یک گروه تحقیقاتی در دانشگاه بورک انگلستان از همکاری‌های بین‌المللی دکتر مهدیه به‌شمار می‌رود.



مطالعات پدیده‌ای تحت عنوان انفجار فاز (Phase explosion) اتفاق می‌افتد که مرتبط با موضوع ماده‌برداری می‌باشد. این موضوع نیز چندین سال است که در آزمایشگاه ما مورد مطالعه بوده است. در این زمینه مقالات متعددی نیز ارائه کردیم. از جمله فلزات آزمایش شده طلا و نقره بودند. این دو فلز کاربرد پزشکی دارند. در رابطه با این موضوع نیز چندین مقاله به چاپ رساندیم.

در این زمینه مقالات خوبی در مجلات بین‌المللی چاپ کرده‌ایم. دو دانشجوی دکتر با این موضوع فارغ‌التحصیل شده‌اند. همچنین مدت‌هاست روی ایجاد پلاسما و شکست اپتیکی (Optical Breakdown) در محیط‌های دی‌الکتریک با لیزرهای پرشدت کار می‌کنیم و در این زمینه نیز حدود ۱۰ دانشجوی کارشناسی ارشد و دکتر فارغ‌التحصیل شده‌اند و مقالات خوبی در این زمینه در مجلات بین‌المللی به چاپ رسانده‌ایم. همان‌طور که ذکر شد با یک گروه ژاپنی آشنا شدم که روی ساخت سنسورهای فیبرنوری کار می‌کردند و برای یک قسمت نیاز به شکست اپتیکی (و تولید پلاسما) با لیزر داشتند، آن‌ها از ما کمک خواستند و ارتباط بین‌المللی خوبی برقرار شد. برای مدت حدود ۱ ماه از من دعوت کردند تا در گروهشان کار کنم و کلاس‌هایی را هم برای دانشجویان ارشد و دکترای آن‌ها برگزار کردم. با گروه دانشگاه یورک انگلستان هم مدت‌ها ارتباط داشتم و در زمینه‌ی تولید اشعه‌ی ایکس با تابش‌دهی سطوح فلزات (نظیر طلا - مس و آلومینیوم) با پرتو لیزرهای پرتوان همکاری می‌کرد. به دعوت این دانشگاه چندین ماه در چندین مرحله به دانشگاه یورک رفتم و با محققان آن‌جا ارتباط نزدیک داشتم. در حدود ۱۰ دانشجوی ارشد و دکتر نیز پایان‌نامه‌هایشان در این زمینه انتخاب شد و همه آن‌ها فارغ‌التحصیل شده‌اند. در حدود ۸ سال است که در زمینه‌ی ساخت ذرات نانویی کلوییدی با استفاده از

لیزر کار می‌کنیم. ذرات فلزی نظیر طلا، نقره، آلومینیوم، مس و تیتانیوم در ابعاد نانویی تولید شده‌اند و مشخصات آن‌ها با توجه به شرایط سنتز متفاوت می‌باشد که همین موارد مورد مطالعه بوده‌اند. تولید نانو ذرات نیم‌رسانا نظیر سیلیکون و ژرمنیوم نیز در برنامه‌ی تحقیقاتی من بوده است. در آزمایشگاه ذرات نانویی سیلیکون (با ابعاد کوانتومی در حدود ۵ نانومتر) تحت شرایط مختلفی سنتز شده‌است و خصوصیات کوانتومی آن‌ها مورد مطالعه قرار گرفته‌است. تا به حال ۳ دانشجوی دکتر و ۶ دانشجوی ارشد در این زمینه پایان‌نامه‌هایشان را انتخاب کردند و فارغ‌التحصیل شدند. البته ۷ نفر از دانشجویان دکتر و ارشد همچنان روی موضوع کار می‌کنند و ده‌ها مقاله در این زمینه تا به حال در مجلات و کنفرانس‌های بین‌المللی به چاپ رسانده‌ایم. این‌ها نمونه‌های از موضوعاتی بود که من در آزمایشگاه تحقیقاتی معرفی شده کار می‌کنم که در بسیاری از آن‌ها پلاسما نقش مهمی دارند.

آقای دکتر مهدیه شما با مرکز ملی علوم و فنون لیزر چه ارتباطی داشته‌اید؟

من چون کار پایان‌نامه‌ام روی ساخت لیزرها بود، خیلی علاقه‌مند بودم به این موضوع بپردازم. اما این کار امکانات پیشرفته‌ای لازم دارد. ولی به خواست مرکز ملی لیزر ارتباطی برقرار شد، تا به حال ۲ نفر از این مرکز در دانشکده‌ی ما به‌عنوان دانشجوی دکتر پذیرفته شده‌اند که پایان‌نامه‌هایشان در راستای فعالیت شغلی آن‌ها یعنی ساخت و تحقیقات لیزری بوده است. یکی از این دانشجویان که روی لیزر دیسک کار می‌کرد فارغ‌التحصیل شده است و نفر دوم هم که در زمینه‌ی طراحی لیزرهای دیودی فعال است، تقریباً در انتهای دوره است. این دانشجویان معمولاً در برنامه کاریشان با راهنمایی من آزمایش‌هایی در زمینه‌ی پایان‌نامه‌شان در

مرکز انجام می‌دهند و نتایج و اطلاعات را برای من می‌آورند. من توضیحات و راهنمایی‌های لازم را برای چیدمان‌های بعدی و ادامه روند آزمایش‌ها به ایشان ارائه می‌کنم.

کارهایی که از آن‌ها نام بردید پروژه‌های صنعتی بوده‌اند یا صرفاً جنبه‌ی تحقیقاتی داشتند؟

خود من علاقه‌مند به این موضوع هستم که کارهایی که انجام می‌دهیم، در جایی استفاده شود. اما از آن جایی که صنعت و دانشگاه ارتباط واقعی پیدا نکرده‌اند، هدف خود را بر این موضوع گذاشتم که در حین پیش‌برد این موضوعات، دانشجو تربیت کنم. یعنی دانشجو بداند در مواجهه با کار تحقیقاتی چه کاری باید انجام دهد و مشکلات را حل کند. در واقع جز پروژه سرعت‌سنجی با مرکز صنایع نوین، تعامل مستقیمی با صنعت نداشته‌ایم. اما مراجعات متعددی از صنایع کوچک داریم که نیاز به کمک‌های ما دارند. اما به دلیل هزینه‌های که تحقیقات دارد، مراکز مراجعه‌کننده خیلی راغب نیستند که کار دقیق مطالعاتی انجام شود. مثلاً چند سال پیش شرکتی که خدمات استاندارد برای موسسه‌ی ملی استاندارد انجام می‌داد به من رجوع کرد. یکی از فعالیت‌های این شرکت تست و بازرسی آینه‌های تولیدی برای ماشین‌ها و موتورسیکلت‌ها از نظر استاندارد بود. قرار بود شرکت چیدمان آزمایشی را برای تست تولیدکننده‌های آینه‌های خودرو به سازمان استاندارد معرفی و تحویل دهد. آن شرکت از ما خواست تا کلیه‌ی اطلاعات ضروری برای این تست را برای آن‌ها تهیه و ارائه کنیم. من طی مطالعه اولیه متوجه شدم کار ساده‌ای نیست، اما ما توانایی انجام آن را داریم. در نهایت آن شرکت به دلیل محدودیت‌های مالی حاضر به همکاری نشد. هم‌چنین کیفیت کار برای شرکت اهمیت

شکست اپتیکی (Optical breakdown) پدیده‌ای است که در اثر یونیزه شدن محیط توسط یک پرتو لیزر بر شدت به وجود می‌آید. این پدیده با متمرکز کردن پرتو لیزر پرتوان با یک لنز در یک محیط شفاف ایجاد می‌شود. شکست اپتیکی کاربردهای متعددی دارد. یکی از کاربردهای شکست اپتیکی ایجاد تخریب موضعی (در ابعاد متمرکز پرتو لیزر) در یک محیط شفاف است. با استفاده از تخریب موضعی در مرز مشترک هسته و غلاف یک فیبر نوری می‌توان شدت عبوری را تحت تأثیر قرار داد. این نوع فیبر نوری که با استفاده از لیزر فرآوری شده است می‌تواند به عنوان یک سنسور مورد استفاده قرار گیرد.



زیادی نداشت و به گفته‌ی خودشان با ارایه‌ی یک نمودار تحلیلی ساده و حتی غیرموقت، موسسه ملی استاندارد بدون تحقیقی تأیید آن‌ها را نسبت به دستگاه می‌پذیرفت و نیاز به این حجم از دقت نبود. اما من حاضر نشدم کاری را بدون دقت‌های لازم و رعایت استانداردهای ضروری انجام بدهم لذا این مسئله را نپذیرفتم.

پیشنهاد شما برای بهبود روابط دانشگاه با صنعت چیست؟

به نظر من بهترین گزینه تاسیس شرکت‌های دانش‌بنیان دانشگاهی است. خوشبختانه این امر چندسالی است در برخی دانشگاه‌ها پیگیری می‌شود. چون صنعت به‌طور مستقیم فرصت و امکانات فعالیت در کار مطالعاتی و تحقیقاتی ندارد، دانشگاه‌ها با امکانات تحقیقاتی و نیروی متخصص و دانشجویان دوره‌ی تحصیلات تکمیلی که در اختیار دارد، می‌تواند این‌ها را پر کند. دانشگاه‌ها با تاسیس این نوع شرکت‌ها باید به سمت نیاز صنعت حرکت کنند تا صنعت و بازار به آن‌ها رجوع کند.

مشکلات پیش‌روی کارهای تحقیقاتی و آزمایشگاهی از نظر شما چه مواردی هستند؟
بینید اشکالات متعدد است. یکی از اشکالات

اساسی این است که در همه جای دنیا دانشجوی کارشناسی ارشد و دکترا مانند کارمند دانشگاه تلقی می‌شود و حقوق به آن‌ها تعلق می‌گیرد. بنابراین دانشجوی دوره‌ی تحصیلات تکمیلی یک محقق جوان و تمام‌وقت دانشگاه محسوب می‌گردد. در این شرایط دانشجو برای اداره‌ی زندگی خود دغدغه‌ای ندارد. اما در ایران متأسفانه پشتیبانی مالی مناسبی برای دانشجو وجود ندارد، در بهترین شرایط، دانشجوی سال اول به‌صورت منظم دوره‌ی آموزشی خود را طی می‌کند اما در ادامه کار برای امرار معاش خود احتیاج به کسب درآمد دارد، به همین دلیل در سال دوم تحصیل فقط بر برنامه‌ی دانشگاه و تحقیقات متمرکز نیست و مشغول کار شده است. به همین علت کار تحقیقاتی وی ممکن است به سرانجام خوبی نرسد. نکته‌ی بعدی این‌که ما هیچ آماری در اختیار نداریم که چه تعداد فارغ‌التحصیل در مقاطع مختلف نیاز داریم. بنابراین اگر برنامه روزمره‌ی خودمان را اجرا کنیم (که اغلب همین برنامه را دنبال می‌کنند) - باید هر چقدر ظرفیت داریم دانشجو بگیریم و فارغ‌التحصیل تولید کنیم. حالا این فارغ‌التحصیلان کجا به کار گرفته می‌شوند مورد توجه قرار نمی‌گیرد. در واقع روزبه‌روز بر تعداد فارغ‌التحصیلان افزوده می‌شود

بدون این‌که بتوانند جایگاه مناسب خود را در صنعت و سازمان‌های مربوطه پیدا کنند. دانشجو نیز برای ادامه‌ی فعالیت خودش کشورهای دیگری را انتخاب کرده و از ایران مهاجرت می‌کند. مشکل دیگر این است که ما پشتیبانی مالی در دانشگاه و در وزارت علوم نداریم. البته اکثر دانشگاه‌های دنیا با درآمد خود دانشگاه را اداره می‌کنند. به‌عنوان مثال دانشگاه‌های انگلیس با جذب دانشجوی خارجی و اخذ شهریه‌های کلان دانشگاه را اداره می‌کنند. بعد هم مسئولیتی برای اشتغال فارغ‌التحصیل ندارند. فارغ‌التحصیل به کشور خودش باید برگردد و کشور مبداء باید برای این فارغ‌التحصیل جوان شغل فراهم کند. بنابراین دانشگاه‌های این‌چنینی هم درآمد لازم خود را دارند و هم مشکلات فارغ‌التحصیلی دانشجو را ندارند. در کشور ما روال همیشه استفاده از بودجه‌ی دولتی بوده است و این بودجه برای موسسات دانشگاهی همواره بسیار کمتر از چیزی بوده است که انتظار می‌رود. در این رابطه ما هرگز نمی‌توانیم بودجه‌های پژوهشی لازم را داشته باشیم. مثلاً خود من برای نگه‌داری از آزمایشگاه از اعتبار پژوهشی خودم استفاده می‌کنم. اما این مبلغ اعتبار برای تحقیقات کافی نیست. در بعضی دانشگاه‌های داخلی، این تأمین بودجه از طرف پذیرفتن پروژه‌های صنعتی توسط اساتید اتفاق می‌افتد. اما در بعضی موارد نیز، قراردادها بین صنعت و دانشگاه بر اساس معیار توانایی و شایستگی علمی نیست که بالاخره باید این مسایل حل شود تا بتوانیم تحقیقات پویا و موثر داشته باشیم.

از نظر صنعتی و تئوری در زمینه لیزر و فوتونیک ایران را در چه جایگاهی می‌بینید؟

به عقیده‌ی من در برخی زمینه‌ها نسبت به کشورهایمانند ترکیه عقب‌تر هستیم. آن‌ها به دلیل ارتباطات خود با کشورهای اروپایی و

آمریکا، جذب حمایت مالی و دانشی از این کشورها و تاسیس موسسات تحقیقاتی در رابطه با این موضوعات، پیشرفت‌های خوبی داشته‌اند. اما شاید بتوان گفت نسبت به کشورهایمانند عراق جلوتر هستیم. کمی جلوتر برویم، در مقایسه با کشورهای چین، هند بسیار عقب هستیم و اختلاف زیادی بین ما به خصوص در زمینه‌ی اپتیک و فوتونیک دیده می‌شود.

نقش خود دانشگاه علم و صنعت در ارتقا سطح لیزر کشور چه بوده است؟

اگر بخواهیم نقش دانشگاه را بررسی کنیم، باید کیفیت دانشجویان فارغ‌التحصیل گرایش لیزر آن را مورد ارزیابی قرار دهیم. ما چند دانشجو برای مرکز ملی علوم و فنون لیزر تربیت کردیم که بالاخره بزرگ‌ترین مرکز لیزر مطرح در سطح کشور است و این افتخاری برای ماست. در حال حاضر نیز تعدادی از دانشجویان این مرکز در مقطع دکترا در دانشکده ما تحصیل می‌کنند و این برنامه احتمالاً ادامه خواهد یافت. در سطح کارشناسی ارشد و دکترا در تدریس دروس مرتبط با لیزر در مقایسه با سایر دانشگاه‌های هم‌وزن وضعیت خوبی داشته‌ایم. من اغلب سعی کرده‌ام که بیشتر از علم منش علمی و تحقیقاتی را به دانشجویان منتقل کنم. در طی سال‌های گذشته دانشجویان توانمندی در اپتیک و لیزر داشته‌ایم که به‌هر دلیلی نتوانسته‌اند در داخل جذب شوند و بعضی از این دانشجویان متأسفانه از ایران رفتند و در کشورهای دیگر مشغول به کار هستند. در هر صورت ما باید تلاشمان را برای ارتقا علمی کشور داشته باشیم.

و سخن آخر...

امیدوارم با مطالبی که از افراد مختلف تهیه می‌کنید، گره‌های از مشکلات صنعت اپتیک و لیزر کشور باز شود. مشکلات دانشجویانی که علاقه‌مند به پژوهش هستند حل شود و کمتر شاهد مهاجرت آن‌ها از ایران باشیم.

امیدوارم مشکلات دانشجویانی که علاقه‌مند به پژوهش هستند حل شود و کمتر شاهد مهاجرت آن‌ها از ایران باشیم.



تشریح اهداف، برنامه‌ها و فعالیت‌ها ستاد توسعه فناوری‌های لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی

مسیر خوداتکایی در حوزه‌ی لیزر و فوتونیک

مریم زند

mzand1999@yahoo.com

دکتر ذبیحی، رئیس ستاد توسعه فناوری‌های لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی، روز شنبه بیست‌و‌هشتم مهر ماه سال جاری در صدا و سیما حضور یافتند و به تشریح فعالیت‌ها و برنامه‌های ستاد متبوع خود برای خبرنگاران پرداخت. مشروح صحبت‌های دبیر ستاد لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی را در ادامه می‌خوانید:

سند ملی راهبردی

در حال حاضر، ما در ستاد توسعه فناوری‌های لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی، یک سند ملی راهبردی داریم که به تصویب شورای راهبردی ستاد (متشکل از هشت دستگاه اجرایی کشور؛ وزارت‌های صنعت، معدن و تجارت، علوم، تحقیقات و فناوری، بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح، نیرو، ارتباطات و فناوری اطلاعات، جهاد کشاورزی و سازمان انرژی اتمی و حضور چهار نفر از خبرگان حوزه‌ی فناوری‌های لیزری به‌عنوان اعضای

حقیقی شورا) رسیده است. این سند راهبردی با نظر شورا نوشته شده و ترسیم‌کننده راه ما تا سال ۱۴۰۴ است. سند در سال گذشته به تصویب نهایی و به‌امضای همه‌ی نمایندگان این هشت دستگاه اجرایی رسیده و معاونت محترم علمی و فناوری ریاست جمهوری نیز آن را تایید کرده است. این سند که چراغ راهی فراروی فعالیت‌های ما در ستاد توسعه فناوری‌های لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی است، اکنون آمادگی ارائه به شورای عالی انقلاب فرهنگی و کمیسیون‌های دولت را دارد.

اهداف کلان

در این سند ملی، اهداف کلان در حوزه‌ی لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی تعریف شده است. از میان این اهداف، می‌توانم به موارد زیر اشاره کنم:

■ خوداتکایی و دستیابی به فناوری‌های کلیدی در تمامی ارکان و زنجیره‌ی ارزش لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی

■ تکمیل زیرساخت‌های محوری در بخش‌های مختلف زنجیره‌ی ارزش فناوری لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی
 ■ دستیابی به سهم مناسبی از بازار داخلی و تجارت جهانی در حوزه‌ی لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی
 ■ تبدیل شدن به یکی از بازیگران کلیدی شبکه‌ی توسعه‌ی علم و فناوری در حوزه‌ی لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی

ماموریت‌ها

ما در قالب این اهداف کلان، ماموریت‌هایی را باز تعریف کردیم که برنامه‌ی سالانه‌ی ستاد است و امیدواریم تا سال ۱۴۰۴ به این اهداف برسیم. ماموریت‌های ما در ستاد توسعه‌ی فناوری لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی، در شش محور زیر در حال برنامه‌ریزی و انجام است:

■ حمایت از دستیابی به مرجعیت علمی کشور و

ایجاد زیرساخت‌های راهبردی ملی در حوزه‌های خاص
 ■ ترویج فرهنگ علم، فناوری و کارآفرینی که در این راستا، قدم‌های خوبی را در این مدت کوتاه برداشته‌ایم.
 ■ تسهیل تبادلات و همکاری‌های علمی بین‌المللی که در این راه قدم‌هایی برداشته شده اما آن‌طور که شایسته بوده، به نتیجه نرسیده است.
 ■ توسعه فناوری‌های راهبردی متناسب با نیازهای کشور که در این راستا، سالانه دستگاه‌های لیزری را که متناسب با نیاز جامعه هستند، تولید و به جامعه عرضه می‌کنیم.
 ■ ارتقای فناوری در صنایع موجود و توسعه‌ی کسب و کارهای جدید دانش‌بنیان از قدم‌های دیگری است که دنبال می‌کنیم و در راستای آن تا به حال در مجموع تعداد ۹۰ شرکت دانش‌بنیان از زمان تشکیل ستاد ایجاد شده و یا مورد حمایت قرار گرفته‌اند.
 ■ توسعه‌ی بازار محصولات دانش‌بنیان هم جز ماموریت‌های ما است و هر سال برای آن برنامه‌ریزی می‌کنیم.



به گزارش مرکز روابط عمومی و اطلاع رسانی معاونت علمی، در چهارمین نشست شورای راهبردی لیزر فوتونیک و ساختارهای میکرونی که در اردیبهشت ۹۶ برگزار شد تدوین سند و نقشه راه فناوری لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی با حضور اعضای شورا بررسی شد.

در این جلسه محمدصادق ذبیحی، دبیر ستاد توسعه فناوری لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی معاونت علمی، با اشاره به چشم انداز جمهوری اسلامی ایران در افق ۱۴۰۴ گفت: ایران کشوری است توسعه یافته با جایگاه مناسب اقتصادی، علمی و فناوری در سطح منطقه، و دارای تعامل سازنده و مؤثر در روابط بین الملل، در این چشم انداز، جامعه ایرانی بر خوردار از دانش پیشرفته، توانا در تولید علم و فناوری، متکی بر سهم برتر منابع انسانی و سرمایه اجتماعی در تولید ملی قلمداد شده است.

وی خروجی سند ملی توسعه فناوری لیزر و فوتونیک ساختارهای میکرونی را از دو جهت مهم خواند و گفت: خروجی سند و فرایند تدوین سند از موضوعاتی است که مسبب گردمایی فعالان و صاحبان این عرصه می شود.

دبیر ستاد توسعه فناوری لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی معاونت علمی گفت: بیرون داد این فعالیت ها، سندی است علمی که توان عملیاتی شدن را داشته و به سرعت وارد اجرا شود. در تدوین فرایند سند توسعه فناوری لیزر، فوتونیک ستاد به جمع آوری افراد کلیدی به گونه ای پرداخته شده است.

کام های توسعه

ما در حال حاضر در زمینه ی لیزر و فوتونیک، کام های خیلی خوبی را در کشور برداشتیم. مقصودم از لفظ «ما»، تمامی دانشمندان جوان کشور است. ستاد توسعه ی فناوری های لیزر، فوتونیک و ساختارهای میکرونی، نقش پشتیبان و حمایت کننده ی فعالیت های پژوهشی و صنعتی دانشمندان جوان کشورمان را دارد و گرنه اصل کار توسط خود این عزیزان انجام می گیرد.

هم اکنون حدود سی دانشگاه کشور، دارای مقطع تحصیلات تکمیلی هستند که فارغ التحصیلان این مقاطع می توانند به وجود آورنده ی کسب و کارهای دانش بنیان باشند.

در حال حاضر، تعداد زیادی دستگاه صنعتی لیزری در کشور مشغول به کار است که اکثر آن ها با فناوری داخلی تولید شده اند. این لیزرها توانسته اند بسیاری از مشکلات صنعت کشور را برطرف کنند، اما کافی نیستند. در حوزه ی تجهیزات پزشکی نیز تا به حال تعداد ده دستگاه لیزر ساخته شده و در راستای برطرف کردن بخشی از نیازهای جامعه، مورد استفاده قرار گرفته اند. اما نکته ای که لازم می دانم به آن اشاره کنم، این است که توسعه ی فناوری لیزر، صرفاً از طریق طراحی و ساخت لیزر با قطعات منفصله به نتیجه نمی رسد و اگر می خواهیم که در این حوزه خوداتکایی کافی را داشته باشیم، لازم است زیرساخت هایی را ایجاد کنیم که علاوه بر ساخت این قطعات، بتواند مواد اولیه مورد نیاز برای هر بخش را نیز فراهم آورد. در غیر این صورت خوداتکایی ما به کشورهای پیشرفته قدری وابسته خواهد بود که با توجه به شرایطی که امروز در جامعه ی جهانی وجود دارد، ممکن است توسعه ی این فناوری را مورد مخاطره قرار دهد. به همین خاطر توصیه ی من به عزیزانی که در این راستا صاحب تصمیم هستند، این است که ما سرمایه گذاری لازم در تامین مواد و همچنین دستگاه ها و تجهیزاتی که قطعات منفصله ی یک سیستم یا فناوری لیزر را

فراهم می آورند، انجام دهیم و شرایط را به گونه ای فراهم سازیم که تا حد ممکن، ظرفیت خوداتکایی را با توجه به مواد اولیه و ظرفیت های موجود در کشور، بالا ببریم.

در پایان، آن چه که می توانم به عنوان یک خبر خوش خدمت همه ی عزیزان هموطن عرض کنم، این است که ما در حال حاضر در زمینه ی لیزر پیشرفت هایی را در کشور داریم که همه ی آن ها می توانند در خدمت مردم باشند.

ما در حوزه ی صنعت، دستگاه هایی برای برش، جوش، روکش زنی و همچنین حکاکی در اختیار داریم که اکنون توسط دانشمندان جوان کشورمان از نظر فناوری بومی شده اند و می توانند در اختیار فعالان این صنایع قرار گیرند. در حوزه ی پزشکی نیز به همین ترتیب، بیش از ده دستگاه ساخته شده است. ما در منطقه، از نظر ساخت لیزر در لیزرهای نیمه هادی و لیزرهای فیبر نوری حرفی برای گفتن داریم و دارای مقام اول هستیم. بعید می دانم کشوری در منطقه ر کوردهای ما را در اختیار داشته باشد. در سطح آسیا هم چهارمین کشور پیشرفته در حوزه ی فناوری های لیزری هستیم که ر کوردهایی در این اندازه و ابعاد داریم. از نظر تعداد مقالات منتشر شده، از پنجاه هزار مقاله ای که سالانه به طور متوسط در حوزه ی لیزر و فوتونیک به چاپ می رسد، هزار مقاله مربوط به ایران است که هیچ کشوری در منطقه به این میزان، مقاله منتشر نکرده است. از این منظر ما دارای رتبه ی ۲۰ جهانی در سال ۲۰۱۷ هستیم که با توجه به پیشرفته بودن فناوری لیزر، رتبه ی خوبی است. همچنین سالانه پنج هزار مقاله توسط دانشمندان داخلی ما و هزار و چهارصد مقاله ی مشترک با همکاری دانشمندان خارجی در کشورمان به چاپ می رسد. به نظر من، تلاشی که در حوزه ی تولید و چاپ مقالات توسط دانشمندان کشورمان صورت می گیرد، در منطقه پیشرو است. به این ترتیب در حوزه ی لیزر و فوتونیک پیشرفت های کشور چشمگیر بوده است.



لیزر سرآمد در صنعت ۲۲

گزارش

REPORT

۲۲ تفاهم دوجانبه بین لیزر و پزشکی

۲۴ لیزر سرآمد در صنعت



گزارش تفاهم‌نامه بین مرکز ملی لیزر و انجمن متخصصین تجهیزات پزشکی تفاهم دوجانبه بین لیزر و پزشکی

زهرامتولیان

z.motevalian@yahoo.com

تجهیزات لیزر پزشکی دانش کافی از این موضوع را ندارند، این دو مرکز طی فرآیندی تصمیم به برگزاری آموزش‌های مقدماتی در خصوص فیزیک لیزر و کاربردهای آن برای مسئولین فنی شرکت‌ها و صنف متخصصین تجهیزات پزشکی در یک ماه آینده گرفتند. از دیگر بندهای این تفاهم‌نامه می‌توان به برگزاری همایش‌ها و نمایشگاه‌های عمومی و تخصصی داخلی و بین‌المللی، بهره‌مندی از ظرفیت‌های فنی و تجهیزاتی در راستای ایجاد آزمایشگاه مرجع لیزر به‌عنوان آزمایشگاه همکار اداره کل تجهیزات پزشکی، تدوین و استقرار استانداردهای لیزرهای پزشکی، مشاوره در تجهیز، آموزش و به‌روزرسانی تجهیزات مراکز بهداشتی،

در هشتم مهر ماه ۹۷، نشست دوجانبه به‌منظور امضای تفاهم‌نامه بین مدیر عامل مرکز ملی علوم و فنون لیزر، آقای دکتر نبوی و رییس انجمن متخصصین تجهیزات پزشکی، آقای مهندس مسلمی برگزار شد. طبق این تفاهم‌نامه مرکز ملی و انجمن متخصصین از کلیه ظرفیت‌های موجود در جهت اجرای طرح‌ها و اقدامات مشترک و تبادل تجارب در خصوص مواردی که ذکر خواهد شد، استقبال نموده و زمینه‌ی اجرای آن‌ها را تسهیل و هماهنگ می‌نمایند. یکی از بندهای این تفاهم‌نامه، برگزاری دوره‌ها و کارگاه‌های آموزشی داخلی و بین‌المللی است. به گفته‌ی مهندس مسلمی، به علت این که کاربران و کارشناسان شرکت‌های

برگزاری آموزش‌های مقدماتی فیزیک لیزر و کاربردهای آن برای مسئولین فنی شرکت‌ها و صنف متخصصین تجهیزات پزشکی، برگزاری همایش‌ها و نمایشگاه‌ها، کمک به ظرفیت فنی و تامین تجهیزات برای ایجاد آزمایشگاه مرجع، تدوین استاندارد لیزرهای پزشکی و... از محورهای تفاهم‌نامه بوده‌است.



اجرای طرح‌های ملی که برای کشور از نظر زمانی و اجرایی اهمیت دارد ایجاد شد. هدف از ایجاد این مرکز ملی علاوه بر پیگیری طرح‌های ملی، توجه به فناوری لیزر در برنامه‌های کوتاه مدت و بلند مدت توسعه‌ی اقتصادی و صنعتی کشور است. این مرکز متشکل از آزمایشگاه‌های پیشرفته و مجهز است و مأموریت دارد تا طرح‌های ملی در زمینه علوم و فنون و کاربردهای لیزر را انجام دهد. همچنین انجمن صنفی متخصصین تجهیزات پزشکی کشور در سال ۱۳۹۱ به‌منظور بررسی مشکلات صنفی و حرفه‌ای شاغلین بخش تجهیزات و ملزومات پزشکی و ارائه راه‌حل‌های اجرایی، ارتقاء سطح علمی متخصصین شاغل در بخش تجهیزات و ملزومات پزشکی با برگزاری دوره‌های آموزش بازآموزی و نوآموزی به منظور افزایش کیفی خدمات تخصصی و تولیدات بخش تجهیزات پزشکی، اجرای برنامه‌های تحقیقاتی، پژوهشی کاربردی مرتبط با حوزه تجهیزات پزشکی و تلاش در جهت ارتقا سطح کیفی صنعت تجهیزات پزشکی و... تاسیس شده است.

تخصصی، درمانی و آموزش پزشکی، مشاوره در جهت تسهیل فرآیندهای دریافت مجوزهای لازم از مراجع ذیربط در زمینه تجهیزات پزشکی، همکاری در جهت صادرات محصولات تولیدی اشاره کرد. به گفته مسئولین امر، بخش‌های فنی، علمی و آموزشی از طرف مرکز ملی لیزر و بخش‌های اجرایی و عملیاتی توسط انجمن متخصصین انجام خواهد شد.

در ادامه نشست، دکتر نبوی با اشاره به این مطلب که مرکز ملی علوم و فنون لیزر ۹ دستگاه لیزر در حوزه پزشکی تولید کرده است، گفت: «این مرکز زیر ساخت لازم برای حمایت از شرکت‌های تولیدکننده‌ی تجهیزات لیزر پزشکی را دارد. این حمایت‌ها شامل حمایت علمی، فناوری، تامین قطعات و... می‌شود.» رییس مرکز ملی علوم و فنون لیزر همچنین به امکان همکاری مرکز با نهادهای مربوطه در زمینه نظارت بر تولید و واردات تجهیزات لیزر پزشکی و آموزش پزشکان تاکید کرد.

لازم به ذکر است، مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران به‌عنوان یک مرکز تحقیقاتی در سال ۱۳۸۵ برای

انجمن صنفی متخصصین تجهیزات پزشکی کشور در سال ۱۳۹۱ برای رسیدگی به امور صنفی و حرفه‌ای شاغلین بخش تجهیزات و ملزومات پزشکی تاسیس شده‌است.



**دستگاه جوشکاری لیزری
LASER Welding:**

شامل یک لیزر ۳۰۰۰ وات از خانواده‌ی لیزرهای فیبر نوری است که در طول موج ۱۰۸۲ نانومتر کار می‌کند. این دستگاه قابلیت جوشکاری فولادهایی به ضخامت ۷ میلیمتر را دارد. همچنین برای به‌کارگیری در سایر کاربردها مانند برش فلزات و پوشش‌دهی فلزی قابل استفاده است. از این دستگاه در صنایعی که به‌نوعی با جوشکاری‌های ضخامت بالا (بالای ۲ تا ۳ میلیمتر) و ورقه‌های فلزی سروکار دارند می‌توان استفاده کرد. عمر مفید این دستگاه حدود ۱۵ هزار ساعت تخمین زده شده است و دارای یک سال گارانتی است. به‌طور کلی بیشتر قطعات رزوناتور این دستگاه به‌غیر از برخی از المان‌ها که به‌ناچار از خارج کشور وارد می‌شوند، در کشور ساخته می‌شود.



**پوشش‌دهی لیزری
LASER Cladding:**

از پوشش‌دهی لیزری می‌توان برای تعمیر قطعات و قالب‌های فلزی، افزایش مقاومت سطح یا کاربردهای دیگر در صنایع مختلف استفاده کرد. در این روش بر روی سطح قطعه‌ی اصلی بودری از جنس تیتانیوم، آهن، استیل یا ترکیبی از فلزات مختلف پاشیده و با ماشین کاری، کار کامل می‌شود. پاشش بودر به کمک نازل ماشین در نقطه‌ای از سطح به‌طور متمرکز انجام می‌شود. همزمان لیزری که در وسط هد نازل تعبیه شده، به نقطه میانی بودر پاشیده شده تابیده، بودر را ذوب می‌کند و باعث جوش کاری بودری می‌شود. این فرآیند توسط ماشین به‌صورت لایه‌لایه می‌تواند تکرار شود و ترمیم سطح مورد نظر را تکمیل کند. از طرفی با ماشین کاری می‌توان لایه‌ها را برداشت و به تراز قطعه اصلی دست یافت. توان لیزر، مقدار بودر، مقدار گاز آرگون و سرعت دستگاه در فرآیند پوشش‌دهی از پارامترهای حایز اهمیت و قابل تنظیم هستند. اندازه‌ی لکه یا قطر باریکه و ضخامت بودر در ظرافت عمل جوشکاری نقش مهمی دارد. این دستگاه دارای لیزر دیسک ۱۸۰۰ وات و با طول موج ۱۰۳۰ نانومتر است که اصولاً برای جوشکاری استفاده می‌شود. از این روش در صنایع فولادی نوردسازی، قالب‌سازی‌ها، صنایع هواپیمایی و خودروسازی که نیاز به سخت کاری دارند، استفاده می‌شود. این سیستم قابلیت نصب بر روی یک ربات شش محوره و قابلیت نفوذ در یک شکاف تا عمق ۲۰ میلیمتر از سطح کار را دارد.



آشنا شدند. لیزرهای صنعتی در ابتدا همه وارداتی بودند. لیزرهای وارد شده بیشتر برای برش در کارگاه‌های کوچک و بزرگ و سپس به‌منظور جوشکاری در بعضی صنایع به‌کار گرفته شدند؛ اما نداشتن دانش فنی لازم برای نگهداری و تعمیر دستگاه‌های لیزر وارداتی همواره یکی از مشکلات صنعتگران به‌شمار می‌رفت. برای حل این مشکل، یکی از شرکت‌های داخلی تلاش خود را به تولید منابع لیزری با هدف کاربرد در صنایع معطوف کرد به‌طوری که در سال ۸۴ توانست لیزر جوشکاری غیرگازی را با منبع لیزری Nd:YAG، دمش لامپی و توان ۱۰۰ تا ۲۰۰ وات تولید نماید. با تاسیس مرکز علوم و فنون لیزر ایران در سال ۱۳۸۵ نقطه‌ی آغازی برای حرکت در مسیر تولید لیزر به‌وجود آمد و اولین مرکز تولید دانش و ساخت لیزر به‌صورت کاملاً بومی و اختصاصی

در هجدهمین نمایشگاه صنعت، ارایه‌ی محصولات لیزری نسبت به دوره‌های گذشته شاهد تفاوت چشمگیری بود. گویی که باور توانمندی این فناوری بومی شده و تحول آفرینی آن در صنعت این سرزمین در ذهن بسیاری از صنعتگران ما در حال شکوفا شدن است.

آغاز تولید لیزرهای صنعتی در مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران

بیش از یک دهه از اختراع لیزر نگذشته بود که این فناوری به‌طور گسترده وارد عرصه‌ی صنعت شد و به‌خصوص در برش کاری و جوش کاری به‌طور روزافزونی به‌کار گرفته شد. در کشور ما ایران نیز با ورود لیزرهای گازی CO2 در اواخر دهه‌ی هفتاد و اوایل دهه هشتاد هجری شمسی، اولین لیزرها به صنعت پیوستند. پس از آن صنایع مختلف با کاربردهای فناوری لیزر



گزارش فناوری لیزر نمایشگاه صنعت ۲۰۱۸ در محل دائمی نمایشگاه‌های تهران

لیزر سرآمد در صنعت

مرزیه کبیری

mrz_kabiri@yahoo.com



LASER Shearography

روش لیزری برای تشخیص عیوب داخلی قطعات مختلف است. از یک سو معمولا اندازه گیری‌ها و آزمون‌های غیر مخرب در موسسات استاندارد و انجام بازرسی‌های فنی توسط این دستگاه انجام می‌شود و از طرفی دیگر، برای تشخیص عیوب داخلی قطعات مختلف کامپوزیت و قطعات لانه زنبوری که کاری دشوار است، گزینه‌ی بسیار مناسبی است. روش کار این دستگاه به این صورت است که پرتو لیزر به سطح مورد بررسی، تابیده می‌شود و یک تصویر برای تداخل سنجی مایکلسون ثبت می‌گردد. بعد از ایجاد تغییر تصویر دوم نیز ثبت می‌شود. در نهایت با استفاده از روش پردازش تصویر و رصد فریزهای تداخلی می‌توان محل عیوب را که همان مکان تمرکز تنش است، مشخص کرد. لیزر دیود با طول موج ۶۶۰ نانومتر و توان ۱۲۰ میلی‌وات، از جمله لیزرهای کم‌توان ساخته شده توسط مرکز ملی لیزر است. با این دستگاه می‌توان سطوحی به بزرگی ۲۰ در ۲۰ سانتی‌متر تا یک متر در یک متر را در یک نوبت بررسی کرد. این دستگاه لیزری که دانش و نرم‌افزار آن کاملاً بومی است را می‌توان در هواپیماسازی، لاستیک‌سازی داخلی (به منظور بررسی ورق‌های داخلی لاستیک‌های هواپیما) و کشتی‌سازی و... به کار برد.

در کشور شکل گرفت. اگر چه تمرکز فعالیت‌های این مرکز بیش از هر چیز بر ساختن چشمه‌های لیزری بوده است اما طی سه ساله گذشته، تصمیم و اهتمام به کارگیری چشمه‌های کم‌توان و پرتوان ساخت مرکز ملی علوم و فنون لیزر ایران در ماشین‌آلات صنعتی، توسط مرکز و شرکت‌های تابعه‌ی آن به‌طور جدی‌تری پیگیری شده است. در این مدت تلاش شده است که تولیدات مرکز در حوزه‌ی لیزرهای دیسک، لیزرهای نیمه‌هادی و لیزرهای فیبرنوری با ساخت ماشین‌های CNC، روبات، ماشین‌برش پنج‌محوره و مهندسی و تولید سایر ماشین‌های مورد نیاز همچنین به کارگیری لیزرها و ماشین‌ها همراه یکدیگر، به‌صورت گزینه‌های مناسب برای کاربردهای صنعتی درآیند.

در نتیجه‌ی این تلاش شبانه‌روزی، مهرماه ۱۳۹۷ و هجدهمین نمایشگاه صنعت تهران



تبدیل به نقطه عطفی برای صنعت لیزر بومی ایران شد.

شرکت در نمایشگاه صنعت

توان بالای نیروهای داخلی در تبدیل چشمه‌های کم‌توان و پرتوان لیزری ساخت کشور به ماشین‌آلات صنعتی امسال در نمایشگاه صنعت ظهور چشمگیری داشت. به‌طوری که مجموعه‌ای از ماشین‌های صنعتی لیزری در معرض دید بازدیدکنندگان این نمایشگاه قرار گرفت؛ ماشین‌هایی که به‌عنوان بالای متخصصان داخلی در طراحی و ساخت محصولات هایتک داشت.

مرکز ملی علوم و فنون لیزر در نمایشگاه صنعت ۹۷، برای اولین بار چهار دستگاه لیزر صنعتی ساخت داخل را به بازار معرفی کرد. دستگاه

تمیزکاری لیزری (laser cleaning)، دستگاه عکس‌برداری لیزری (laser shearography)، سخت‌کاری لیزری (laser hardening) و دستگاه پوشش‌دهی لیزری (laser cladding) از جمله دستگاه‌هایی هستند که به‌همت متخصصان مرکز ملی لیزر و شرکت‌های تابعه برای اولین بار در کشور ساخته شده‌اند. این در حالی است که می‌توان ادعا کرد سطح فناوری برخی از این سیستم‌ها مانند دستگاه پوشش‌دهی لیزری، حتی از سطح تولیدات مشابه کشورهای منطقه بسیار بالاتر و فناوری آن در حد دستگاه‌های ساخت شرکت‌های غربی است. ساخت دستگاه‌هایی مانند دستگاه تمیزکاری، نیز با این که فناوری پیشرفته‌ای ندارند به‌علت نیاز صنعت و قیمت بالای محصولات خارجی، خدمت‌ارزنده‌ای به صنعت این کشور محسوب می‌شوند.



دکتر مجتبی ترکمینی معاون توسعه‌ی کاربردهای لیزر مرکز ملی علوم و فنون لیزر که در محل غرفه‌ی مرکز ملی لیزر حضور داشت در مورد این نمایشگاه گفت: «در چند سال گذشته مرکز بیشتر توان خود را روی تولید چشمه‌های لیزری گذاشته بود، اما از حدود دو سال نیم گذشته تصمیم گرفته شد این چشمه‌های لیزری در ماشین‌های صنعتی به‌کار گرفته شود. امروز شاهد آن هستیم که آن‌چه در مرکز توسعه پیدا کرده وارد زندگی مردم می‌شود و منافع آن از طریق صنعت و محصولات صنعتی مانند لوازم خانگی، اتومبیل‌سازی و... به زندگی افراد رسیده است.» محصولات نمایشگاه هر چند برای استفاده‌ی مصرف‌کنندگان صنعتی و برای به‌کارگیری در کاربردهای صنعتی از ایه شده‌است اما مرکز ملی لیزر آمادگی خود را برای انتقال دانش فنی این



دستگاه سخت‌کاری لیزری LASER Hardening

دستگاه سخت‌کاری لیزری سه‌بعدی با بهره‌وری بالا و امکان آرایه‌ی باریکه‌ی خطی، برای اولین بار درون کشور و همچنین منطقه راه‌اندازی شده است. اصولاً به‌خاطر هندسه‌ی پیچیده‌ی سخت‌کاری قطعات، از ربات برای این کار استفاده می‌شود. در گذشته برای سخت‌کاری فلزات از روش القا با میدان مغناطیسی استفاده می‌شد که با اشکالات مختلفی مانند قابل کنترل نبودن میزان حرارت مواجه بود که این مسئله باعث ایجاد تغییر فاز ناخواسته می‌شد. توان، سرعت، طول‌موج لیزر و فاصله‌ی کانونی چهار پارامتر برای کنترل فرآیند سخت‌کاری هستند. گاز مصرفی یکی دیگر از عواملی است که در این روش تاثیرگذار است. همچنین برای انجام عملیات سخت‌کاری در یک قطعه نیاز به وجود میزانی کربن مجاز در آن قطعه است. از طرفی جنس فلز در پذیرش توان و بازتاب آن نقش به‌سزایی دارد. بنابراین این دستگاه برای سخت‌کاری فلزات پرکاربرد مانند استیل ضدزنگ و چدن که فولادهای صنعتی نامیده می‌شوند، بسیار مناسب است. در دستگاه سخت‌کاری لیزری ساخت مرکز ملی علوم و فنون از یک لیزر Direct Diode (DDL Laser) برای سخت‌کاری استفاده شده است که طول عمر آن به‌طور متوسط در حدود ۱۰۰ هزار ساعت است. این لیزر در هوافضا، خودروسازی، صنایع خانگی، فولادآبزاری و قالب‌سازی کاربرد دارد. لیزر این دستگاه به‌طور کامل و ۵۰ درصد بازاری روباتیک شش‌محوره آن بومی‌سازی شده و قسمت‌های الکترونیکی و کنترل آن کاملاً در داخل کشور ساخته شده است.



تمیز کاری لیزری LASER Cleaning

از کاربردهای لیزر تمیز کاری می توان تمیز کاری سطحی، رنگ برداری و برطرف کردن زنگ زدگی از سطوح فلزی و... نام برد. در این دستگاه یک لیزر پالسی با کمک یک اسکنر سطح را جاروب و آلودگی آن را بر طرف می کند



برش کاری لیزری LASER Cutting

دستگاه برش کاری دارای یک چشمه لیزر فیبر نوری با طول موج ۱۰۷۰ نانومتر و با توان خروجی ۶۰۰ وات تا ۳ کیلو وات است. ابعاد این دستگاه ۳ در ۱/۵ متر بوده و اگر چه لیزر آن کاملاً بومی است اما ساخت برخی دیگر از قطعات آن بیرون سپاری شده است. از این لیزر برای برش قطعات فلزی با ضخامت‌ها و جنس‌های مختلف استفاده می‌شود. ضخامت قابل برش توسط دستگاه با شدت لیزر ۸۰۰ وات بین نیم تا ۴ چهار میلیمتر است اما برش یک سطح ۱۶ میلیمتری به کمک تنظیم لیزر در توان ۳ کیلو وات امکان پذیر است.



صنعت به شرکت‌های دانش بنیان و سایر شرکت‌های متقاضی اعلام کرده است.

ترکمنی اذعان کرد: «این نمایشگاه برای ما یک نقطه‌ی عطف به حساب می‌آید و امید است که با رفع عیوب و نواقص در سال‌های بعد، رویکردهای صنعتی و تجاری عمیق تری داشته باشیم». وی افزود یکی از نواقص موجود عدم بازارسنجی مناسب است، عموماً این فعالیت یا انجام نشده است یا در قیمت گذاری در داخل کشور، ارزش ماشین‌ها را با ماشین‌های آلمانی و بلوک غرب مقایسه می‌کنند، در حالی که بازار در معرض تهاجم بلوک شرق و چین است. از طرفی تفکر صنعتی در کشور به سبب سنتی بودن به سختی به سمت سرمایه گذاری در بخش فناوری متمایل می‌شود. مشکل دیگر در بحث سرمایه گذاری، کمبود نقدینگی شرکت‌های داخلی

است که موجب می‌شود محصولات ارزان قیمت چینی از اقبال بیشتری برخوردار شوند.

هر چند در نمایشگاه امسال تاثیر شرایط دشوار اقتصادی کشور و نگرانی تولیدکنندگان، واردکنندگان و فعالان صنعت از شرایط موجود، مشهود بود و حتی شرکت کنندگان خارجی تردید خود را در مورد آینده‌ی تجاری فعالیت در کشور ابراز می‌کردند، اما تکیه به دانش فنی و تولید داخلی در زمینه‌ی لیزر حال و هوای غرغری مرکز ملی لیزر را تا حد زیادی متفاوت نموده بود. شاید بتوان گفت این فناوری پیشرفته که حتی از شرایط تحریم فرصتی برای نفس کشیدن صنعت کشور ایجاد کرده است، توانسته بود مشکلات فضای نمایشگاه مثل نور کم و تهویه نه چندان مناسب را تحت الشعاع این تنفس تازه‌ی صنعت نور و لیزر قرار دهد.

ردپای لیزر روی دیسک‌های نوری

چشم انداز
VISION

۳۰ سردسازی بالیزر روشی برای شناسایی آفرینش

۳۶ جنین‌های دوقلو بالیزر از تساوی حقوق برخوردار می‌شوند

۴۰ ردپای لیزر روی دیسک‌های نوری

۴۶ مجسمه‌ای از تارهای عنکبوت

سردسازی بالیزر روشی برای شناسایی آفرینش

زهرا رجب‌لو

z_rajablu01@yahoo.com



یک ملایس نوری از اتم‌های سدیم سرد (نقطه‌ی روشن در مرکز). محققان در سال ۱۹۷۸ برای اولین بار خنک کردن اتم‌ها با لیزر را تا کمتر از ۴۰ درجه کلوین انجام دادند. آن‌ها تنها ده سال بعد از آن، دمای یک میلیون بار سردتر را به دست آوردند که در نهایت منجر به ساعت‌های اتمی بهتر و مشاهده وضعیت فوق سرد جدیدی از ماده شد. آقای موری علاوه بر جایزه ستاره درخشان آفریقا، جایزه دی‌جی رابرت رادر سال ۲۰۱۶ برای همکاری در پیشرفت راهکارهای خلاقانه برای آزمودن فیر، مشخصه‌یابی آن و برطرف کردن چالش‌های فنی محصولات صنعتی دریافت کرده است. برای برگزیده شدن در رقابت ستاره درخشان آفریقا، نامزدها باید در سه مرحله از توانایی‌های هدایت تیمی خود، دستاوردهای تیمی و عملکرد گروهشان در ۹ سال گذشته دفاع کنند.

سرمايش ليزری^۱ شگردي است که در آن به کمک نور ليزر حرکت اتم‌ها را کند و دمای آن‌ها را تا حد میکروکلون پایین می‌آورند. در این دما و سرعت پایین می‌توان تک‌تک اتم‌ها را با دقت زیادی مطالعه و ساختار داخلی آن‌ها را مشخص کرد. در اهمیت این موضوع همین نکته کافی است که تکنیک سرمايش ليزری توانسته است چندین جایزه نوبل را به خود اختصاص دهد.

نوبل فیزیک در سال ۱۹۹۷، به دلیل توسعه‌ی روش‌هایی برای خنک کردن و به دام انداختن اتم‌ها با نور ليزر، به استیون چو، کلود کوهن تانوودی و ویلیام دی فیلیپس^۲ اهدا شد. کاهش دمای اتم‌ها برای دست‌یابی به اکتشافات جدیدی از فیزیک بنیادی مانند تراکم بوز-اینشتین، جایزه نوبل فیزیک ۲۰۰۱ را برای کورنل و ویمان^۳ به ارمان آورد و تئودور وی هانچ^۴ نیز با کاربرد این تکنیک در اسپکتروسکوپی دقیق ليزری، جایزه نوبل در سال ۲۰۰۵ را به خود اختصاص دادند.

سرمايش ليزری به روش‌هایی گفته می‌شود که در آن‌ها اتم‌ها یا مولکول‌ها طی برهم‌کنش با یک یا چند میدان ليزری تا دمایی نزدیک به صفر مطلق سرد می‌شوند. در حقیقت از نیروهای نور برای کاهش حرکت تصادفی و در نتیجه دمای ذرات کوچک که معمولاً اتم‌ها یا یون‌ها هستند، استفاده می‌شود. تکنیک‌های سرمايش ليزری بر این حقیقت استوارند که وقتی یک اتم یک فوتون جذب و یک فوتون باز نشر کند، اندازه حرکت و سرعت آن تغییر می‌کند. دما برای مجموعه‌ای از ذرات متناسب با متوسط سرعت آن‌ها است و بسته به مکانیزم مورد استفاده در جذب و نشر فوتون، درجه حرارت به دست آمده می‌تواند در رژیم میلی‌کلون، میکروکلون و حتی نانوکلون قرار گیرد.

- 1 Laser cooling
- 2 Steven Chu, Claude Cohen-Tannoudji and William D. Phillips
- 3 Cornell EA and Wieman CE
- 4 Theodor W. Hänsch

اصول سرمايش ليزری

همان‌طور که اشاره شد فیزیک پشت پرده در سرمايش ليزری، انتقال اندازه حرکت و کاهش سرعت اتم‌هاست. این انتقال اندازه حرکت از طریق جذب یک فوتون توسط اتم به دست می‌آید که می‌تواند به تولید نوعی نیروی پراکنده منجر شود. وقتی باریکه‌ی اتمی با سرعت v با یک باریکه ليزری که در جهت مخالف در حال انتشار است برخورد داشته باشد، به‌ازای هر فوتونی که اتم در حالت پایه جذب کند سرعت آن به میزان $\Delta v = \hbar k/m$ کاهش می‌یابد. اتم باید برای جذب مجدد فوتون، با گسیل آن فوتون، به حالت پایه بازگردد. فوتون‌های گسیل شده با توزیع میانگین متقارنی در جهت‌های کاتوره‌ای باز نشر می‌شوند. بنابراین سهم یک فوتون گسیل شده در میانگین اندازه حرکت اتم‌ها و تغییر سرعت، صفر است. حال نور ليزر را به عنوان مجموعه‌ای از فوتون‌ها در نظر می‌گیریم، با تکرار فرآیند جذب و پس از چندین بار نشر خودبه‌خودی، می‌توان به‌طور قابل توجهی کاهش سرعت و به تبع آن کاهش انرژی جنبشی اتم و در نتیجه «خنک شدن» آن را انتظار داشت. شکل زیر این روند را نشان می‌دهد:

تغییر سرعت ناشی از جذب یک فوتون را می‌توان از معادله زیر محاسبه کرد:

$$\Delta p/p = P_{\text{photon}}/mv = \Delta v/v$$

$$\Delta v = P_{\text{photon}}/m$$

برای مثال یک محاسبه‌ی مستقیم نشان می‌دهد که برای کاهش اندازه حرکت اتم سدیم تا نزدیکی صفر تقریباً ۲۰۰۰ فوتون نیاز است. از آن‌جا که یک ليزر می‌تواند ۱۰۷ جذب در هر ثانیه القا کند؛ اتم می‌تواند به‌خاطر تعداد بسیار زیاد فوتون‌ها، در محدوده‌ی زمانی یک میلی‌ثانیه تا حالت سکون خنک شود.

روش‌های سرمايش ليزری

تکنیک‌های متعددی برای فرایند سرمايش

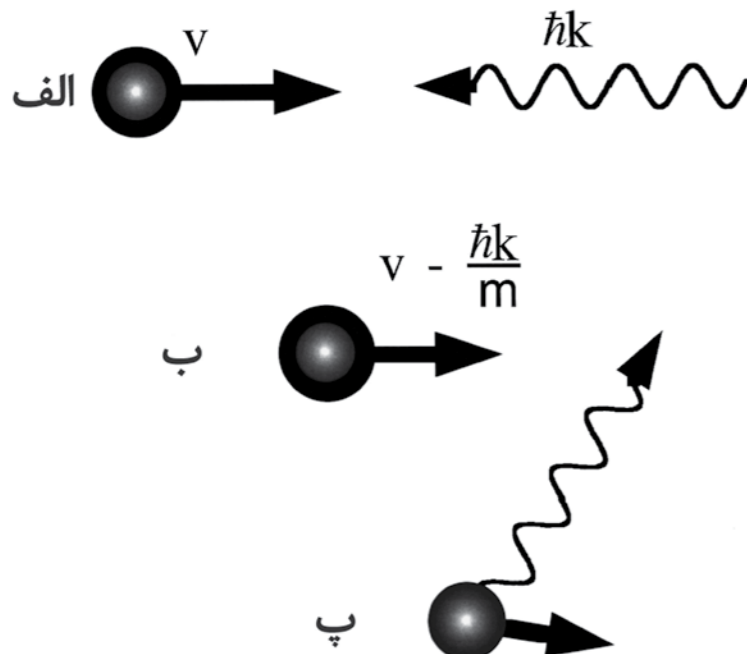
ليزری وجود دارد که در ادامه به‌طور مختصر به معرفی برخی از آن‌ها پرداخته شده است.

سرمايش دوپلری^۵: ساده‌ترین روش سرمايش ليزری سرمايشی است که در آن نیرو با جذب و انتشار خودبه‌خودی پی‌درپی فوتون‌ها منتقل می‌شود.

در روش سرمايش دوپلری نور ليزر با پهناي باند باریک مورد استفاده قرار می‌گیرد، در این حالت اتمی که به سمت نور ليزر حرکت می‌کند، می‌تواند با انتخاب فرکانس ليزری که تا حدودی زیر فرکانس رزونانس اتم است، کند شود. با توجه به شیفت دوپلر، این نور جذب اتم‌ها را تشدید می‌کند. بنابراین با در نظر گرفتن سرعت اتم‌ها، آن‌ها می‌توانند باریکه ليزری را به خوبی جذب و در نتیجه با تغییر تکانه، کند شوند. فوتون‌هایی که در ادامه توسط اتم تابش می‌شوند، فرکانس بالاتر و در نتیجه انرژی بالاتری نسبت به فوتون‌های ليزر جذب شده دارند. این اختلاف انرژی از انرژی جنبشی اتم گرفته شده و آن‌ها سرد می‌شوند. از آنجایی که گذار اتم‌ها از حالت برانگیخته به حالت پایه تنها حدود ۱۰ نانوثانیه زمان می‌برد، فرآیند جذب و نشر و خنک‌سازی اتم بسیار سریع رخ می‌دهد. با تنظیم شش پرتو ليزر می‌توان حرکت اتم‌ها را در تمام جهات کند کرد، به‌طوری که یک ابر از اتم‌های سرد با نام «ملایس نوری»^۶ ایجاد نمود. با استفاده از این طرح، درجه حرارت اتم‌ها به محدوده‌ی چند میکروکلون می‌رسد. میانگین سرعت یک اتم سدیم در دمای ۱ میلی‌کلون، در محدوده ۱۰ میلی‌متر بر ثانیه است، در حالی که در دمای اتاق (۳۰۰ کلون) این سرعت نزدیک ۱۵۰ متر بر ثانیه می‌باشد. (حاشیه ۱)

سرمايش سیزیف^۷: ناشی از گرادیان قطبش ایجاد شده توسط دو باریکه ليزری منتشر شونده در جهت مخالف یکدیگر و با قطبش متعامد است. این دو پرتوی تداخلی یک موج ایستا با گرادیان قطبش تولید می‌کنند که بین قطبش $+\pi, \sigma$ و $-\sigma$ تغییر می‌کند. اتم‌هایی که در مسیر

- 5 Doppler cooling
- 6 Optical molasses
- 7 Sisyphus cooling

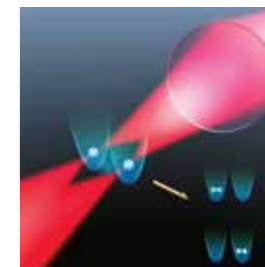


شکل ۱. الف) یک اتم با سرعت v با فوتونی با اندازه حرکت $\hbar k = \hbar/\lambda$ برخورد می‌کند. ب) سرعت اتم بعد از جذب فوتون، به میزان $\hbar k/m$ کاهش می‌یابد. پ) بعد از بازتابش میانگین سرعت اتم در یک جهت تصادفی کمتر از حالت قبل از برخورد خواهد بود.

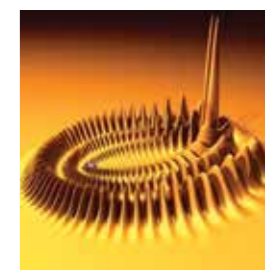
موج ایستای این پتانسیل حرکت می‌کنند، وقتی به سمت پتانسیل بیشینه حرکت کنند، انرژی جنبشی خود را از دست می‌دهند. در این نقطه‌ی بیشینه اتم‌ها با پمپاژ اپتیکی به ترازهای پایین‌تر انرژی می‌روند، بنابراین از انرژی پتانسیلی که حمل می‌کنند رها می‌شوند و به نقطه کمینه می‌رسند. این اتم‌ها دوباره با حرکت به سمت پتانسیل بالاتر در میدان پتانسیل، انرژی جنبشی خود را از دست می‌دهند. در نتیجه اتم‌ها به‌صورت پی‌درپی فقط در راستای افزایش پتانسیل و در نتیجه از دست دادن انرژی جنبشی حرکت می‌کنند. با تکرار این فرایند می‌توان به دماهایی پایین‌تر از حد سرمايش دوپلر دست یافت.

سرمايش تبخیری^۸: در این روش پتانسیل گیراندازی اتم یا یون به ترتیب کاهش می‌یابد تا ذرات سریع‌تر بتوانند بگریزند و انرژی میانگین ذرات باقی مانده کاهش یابد. بر خوردهای بعدی

- 8 Evaporative cooling



اتم‌های مجزا در تله‌های «انبرک نوری» که از یک ملکول کنارهم آورده شده‌اند.



اسپکتروسکوپی اتمی برای نشان دادن تابع موج ملکول یک تریلوبیت

می‌توانند یک تعادل حرارتی متناظر با دمای کاهش یافته برقرار کنند.

سرمایش با استفاده از لبه‌های جانبی

تفکیک شده^۹: این روش، حد خنک‌سازی را بسیار فراتر از سرمایش دوپلری پیش می‌برد. گذشته از تمایل به داشتن یک ذره در نقطه‌ی انرژی صفر، این روش آماده‌سازی ذره در یک شرایط مشخص بخش مهمی از آزمایشات آزمایشگاهی در اپتیک کوانتم و محاسبات کوانتمی است، به طوری که می‌تواند برای به‌دام‌اندازی قطعی اتم‌ها در حالت کوانتمی پایه مورد استفاده قرار گیرد. معمولاً در این روش اتم‌ها ابتدا به روش سرمایش لیزری دوپلری خنک می‌شوند.

سرمایش لبه‌های جانبی تفکیک شده‌ی رامان^{۱۰}، روش تله‌اندازی همدوس جمعیت با سرعت انتخابی (VSCPT)^{۱۱}، ملاس خاکستری^{۱۲}، سرمایش متعادل کاواک^{۱۳}، استفاده از کندکننده‌ی زیمان^{۱۴} و سرمایش شفافیت القایی الکترومغناطیسی (EIT)^{۱۵} روش‌های دیگری هستند که با اصولی تقریباً مشابه با روش‌های ذکر شده از مسیرهای گوناگون به کاهش دمای اتم‌ها دست می‌یابند.

کاربردهای سرمایش لیزری

سرد کردن اتم‌ها در پژوهش‌های مربوط به پدیده‌های کوانتومی اهمیت بسیار دارند. در واقع دلیل اصلی برای خنک کردن اتم‌ها و کاهش سرعت حرکت آن‌ها، فراهم آمدن شرایطی برای اندازه‌گیری دقیق‌تر طیف‌های اتمی و نیز بهبود دقت ساعت‌های اتمی بود.

سرمایش لیزری از دو مرحله به‌دام انداختن اتم‌ها در تله و سرد کردن آن‌ها تشکیل شده است و در

- 9 Resolved sideband cooling
- 10 Raman sideband cooling
- 11 Velocity selective coherent population trapping (VSCPT)
- 12 Gray molasses
- 13 Cavity mediated cooling
- 14 Zeeman slower
- 15 Electromagnetically induced transparency (EIT) cooling

هر مرحله می‌تواند کاربردهای مخصوص به خود را داشته باشد. از میان این کاربردها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- طراحی ساعت‌های اتمی دقیق،
 - تداخل سنج‌های اتمی،
 - جداسازی ایزوتوپ‌ها،
 - اندازه‌گیری‌های طیف‌سنجی با وضوح بالا (اسپکتروسکوپی اتمی)،
 - مطالعه رفتار گازهای فوق سرد که می‌تواند پدیده‌های جالبی مانند ماده چگال بوز-اینشتین (BEC) را نشان دهد.
 - تحقیقات و کاربردهای کوانتوم‌اپتیک در فناوری اطلاعات و محاسبات کوانتومی،
 - اندازه‌گیری فوق‌العاده دقیق میدان‌های گرانشی لیتوگرافی با پرتوهای اتمی سرد به شکل ساختارهای کنترل شده بسیار دقیق،
 - ساخت لیزرهای اتمی،
- در ادامه این مطلب به بررسی مهم‌ترین کاربردهای سرمایش لیزری پرداخته شده است.

ساعت اتمی

ساعت اتمی یکی از فناوری‌های منتج از رادار در جنگ جهانی دوم بود. نسل اول این ساعت‌ها شامل باریکه‌های از اتم‌های داغ‌شده با میکروموج‌ها بودند که در همان دوره از رده خارج شدند.

اتم دارای یک فرکانس طبیعی، به عنوان یک استاندارد است. چیدمان ترازهای انرژی مثل فرکانس فوتون تولیدشده در گذار بین دو تراز انرژی مشخصه‌ی اتم‌های یک عنصر معین است. اندازه‌گیری فرکانس فوتون، یک استاندارد زمانی ایجاد می‌کند که کاملاً بر مبنای خواص اتم است.

فیزیکدانان برای ساخت ساعت اتمی، ابتدا ابری از اتم‌های فوق سرد را در یک ملاس نوری ایجاد کردند و با اعمال فشار از یک پرتو لیزر، ابر را به یک سرعت اولیه رساندند و سپس تمام لیزرها را خاموش کردند. تحت تاثیر گرانش، ابر مانند یک توپ پرتاب شده در

هوا بالا می‌رود و سقوط می‌کند. این حرکت نشان می‌دهد که اتم‌های مشخص شده تحت تاثیر گرانش دقیقاً مانند اشیاء ماکروسکوپی حرکت می‌کنند (این آزمایش به عنوان «چشمه‌ی اتمی» نامیده می‌شود). در این ساعت، میکروموج‌ها هنگام بالا رفتن و پایین آمدن ابر بر آن می‌تابند و زمان نسبتاً طولانی حرکت دقت را افزایش می‌دهد. مبدا ساعت چشمه‌ی اتمی هر ۲۰ میلیون سال یک بار تنها یک ثانیه جلو یا عقب می‌افتد و از آن جایی که یک سال حدود 3×10^7 ثانیه است، این ساعت‌های اتمی دقتی از مرتبه یک در 10^{15} دارند.

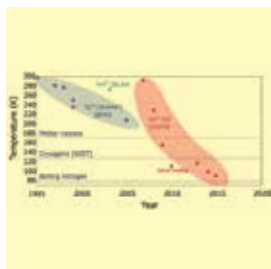
اسپکتروسکوپی اتمی

یکی دیگر از مهم‌ترین کاربردهای سرمایش لیزری، اسپکتروسکوپی اتمی است که امروزه از آن برای شناسایی ماده‌ی تاریک استفاده می‌شود. ماده‌ی تاریک اکثریت چگالی ماده در جهان را تشکیل می‌دهد و کلیدی برای باز کردن اسراری درباره‌ی مواد سازنده جهان است. وجود ماده‌ی تاریک از گرانش قوی شناخته می‌شود و فراوانی کلی آن را می‌توان از طریق تاثیر گرانشی آن اندازه‌گیری کرد؛ اما در مورد خواص میکروفیزیکی این ذرات تاریک مانند جرم، اسپین و هر گونه تعامل غیر گرانشی و در حالت کلی این که آن چه ماده‌ای است اطلاعاتی وجود ندارد. از این رو ماده‌ی تاریک یکی از بزرگ‌ترین اسرار فیزیکی است که یافتن آن می‌تواند جوایز ارزشمند نوبل متعددی را برای روش‌های مربوطه ثبت کند.

دانشمندان برای دست‌یابی به این اطلاعات از روش‌های گوناگونی مانند کوپلینگ دیالتون به فوتون^{۱۶} استفاده می‌کنند که نیازمند اسپکتروسکوپی و ساعت‌های دقیق اتمی است.

اغلب مايلند سرمایش لیزری را از منظر اتم‌هایی که سرد می‌شوند ببینند؛ اما مطالعه‌ی جدیدی نشان می‌دهد که فوتون‌هایی که گرما را به خارج

16 dilaton-like couplings to photons



روند پیشرفت روش‌های سرمایش لیزری

منتقل می‌کنند هم ممکن است ویژگی‌های جالب و مفیدی داشته باشند. شیائو سوآن وانگ^{۱۷} و همکارانش در دانشگاه مریلند کالج پارک، سرمایش لیزری اتم‌ها داخل کاواک را مدل‌سازی کرده‌اند. آن‌ها دریافتند که فوتون‌های پراکنده شده توسط اتم‌ها، توزیع انرژی دمایی‌ای دارند که شبیه ذرات برهم کنش‌کننده است. بنابراین شاید بتوان این فوتون‌ها را باز یافت کرده و برای شبیه‌سازی سایر سیستم‌های فیزیکی استفاده نمود.

اغلب وقتی نور از یک گاز یا ماده‌ی دیگر پراکنده می‌شود، توزیع انرژی آن به صورت طیف جسم سیاه است که در آن تعداد فوتون‌ها در مخزن انرژی با یک تک پارامتر به نام دما مشخص می‌شود. اخیراً، پژوهشگران با استفاده از میکروکاواک‌های نیم‌رسانا یا مولکول‌های رنگینه تعداد بیشتری فوتون بر مخزن انرژی نسبت به مقدار مورد انتظار از یک توزیع جسم سیاه جمع‌آوری کرده‌اند. این سیستم‌ها که با پتانسیل شیمیایی غیر صفر توصیف می‌شوند می‌توانند به مانند معادل فوتونی چگالش بوز-اینشتین (BEC) رفتار کنند.

وانگ و همکارانش متوجه شدند که جمعیت فوتونی مشابهی برای باقیمانده‌ی نور از سرمایش لیزری اتفاق می‌افتد. آن‌ها با مدل‌سازی مجموعه‌ای از اتم‌های سرد شده با لیزر، به شکل لوله باریک که در یک کاواک اپتیکی قرار داشت، توزیع فوتون‌های پراکنده شده را محاسبه کردند و فهمیدند که می‌توان آن را با یک دما معادل با دمای اتم‌ها و یک پتانسیل شیمیایی معادل با انرژی فوتون‌های لیزر مشخص کرد. برخی فوتون‌ها با این توزیع طوری رفتار می‌کنند که انگار در حال برهم کنش با یکدیگر هستند. به علاوه، نویسندگان این تحقیق پیشنهاد می‌کنند که چنین فوتون‌هایی را می‌توان برای انجام شبیه‌سازی‌های اپتیکی از پدیده‌های کوانتومی بس-ذره‌ای نظیر اثر هال کوانتومی نیز به کار گرفت.

17 Chiao-Hsuan Wang



جراحی جداسازی جفت
در رحم مادر و درمان سندرم انتقال خون قل به قل بالیزر

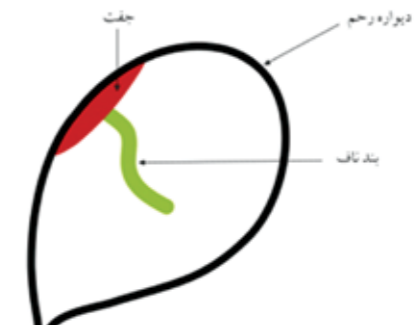
تساوی حقوق دوقلوها

نجمه سادات حسینی

hosseinimotlagh@gmail.com



جفت، رابط بین بند ناف و بدن مادر باردار در ناحیه دیواره رحم است. مواد غذایی و اکسیژن از بدن مادر و از طریق دیواره رحم وارد جفت شده و از جفت هم به وسیله بند ناف وارد بدن جنین می‌شود. همینطور مواد زائد و دفعی بدن جنین هم از طریق بند ناف به جفت و از طریق جفت هم به بدن مادر منتقل شده و دفع می‌شود.



سندرم انتقال خون قل به قل^۱

جفت جنین‌های دوقلو می‌تواند مشترک یا جدا از هم باشد. گاهی ممکن است در جنین‌های دوقلویی که از یک جفت تغذیه می‌کنند، اختلالی به نام سندرم انتقال خون قل به قل اتفاق بیفتد. در این پدیده اتصالات عروقی غیرطبیعی در جفت تشکیل می‌شود که باعث گردش خون بین دو جنین می‌گردد در نتیجه تعادل خون و مواد مغذی دریافتی از سوی جنین‌ها از بین می‌رود و یک جنین، بزرگ‌تر از جنین دیگر می‌شود. از هر ده بارداری دوقلویی در دو بارداری امکان بروز چنین پدیده‌ای وجود دارد.

برای درمان این بیماری، در برخی موارد ممکن است پزشک تخلیه مایع آمنیون در اطراف جنین

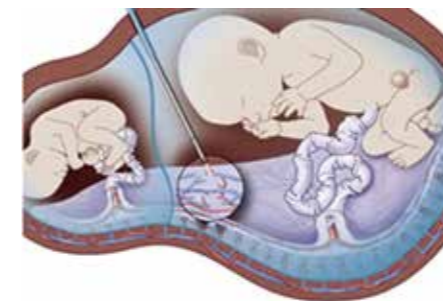
1 Twin-twin transfusion syndrome (TTTS)

خداوند یکتا دنیای درون بدن را عجیب‌تر از دنیای بیرون آفریده است. آن چنان که پیچیدگی‌های سراسر منظم آن حیرت‌آور و شگفتی‌ساز است. در میان این همه شگفتی و نظم قطعا روند خلقت انسان از تشکیل نطفه تا تولد سرآمد است که شروع تا پایان آن از یک روند منظم، دقیق و از پیش تعیین شده، تشکیل شده است. مهم‌ترین قسمت این خلقت برنامه‌ی تغذیه جنین از بدن مادر است که به وسیله‌ی بند ناف انجام می‌شود. بند ناف از طریق جفت که در زمان بارداری تشکیل می‌شود به بدن مادر متصل است.

دریافت کننده را تجویز کند که باید چندین بار تکرار شود. راه دیگر این است که یکی از جنین‌ها را در شکم مادر از بین ببرند تا احتمال ادامه بارداری برای زنده ماندن جنین دیگر وجود داشته باشد. به هر حال نوزادانی که مبتلا به این سندروم می‌شوند پس از تولد نیز دارای مشکلاتی از جمله کم‌خونی (قل‌دهنده) و نارسایی قلبی (قل‌دریافت‌کننده) خواهند بود.

در اینجا هم لیزر به کمک مادر و جنین‌های از جان شیرین‌ترش می‌آید و روش جدیدی را برای درمان این اختلال ارائه می‌دهد. در این روش درمانی، رگ‌های خونی توسط پرتوهای لیزری مسدود می‌شوند و ارتباط خونی بین جنین‌ها از بین می‌رود تا میزان خون‌رسانی به تعادل برسد. در این روش تمام رگ‌هایی که پل ارتباطی بین دو جنین در جفت هستند را قطع می‌کنند در حالی که رگ‌های دیگر سالم می‌مانند.

احتمال زنده ماندن یکی از قل‌ها طبق آمار انجام شده با این روش درمانی ۹۰ درصد و احتمال زنده ماندن هر دو قل ۷۰ درصد می‌باشد. این در حالی است که در روش تخلیه مایع آمنیون به خصوص اگر در اوایل بارداری انجام شود، احتمال زایمان زودرس و مرگ جنین‌ها بسیار بالا می‌رود.

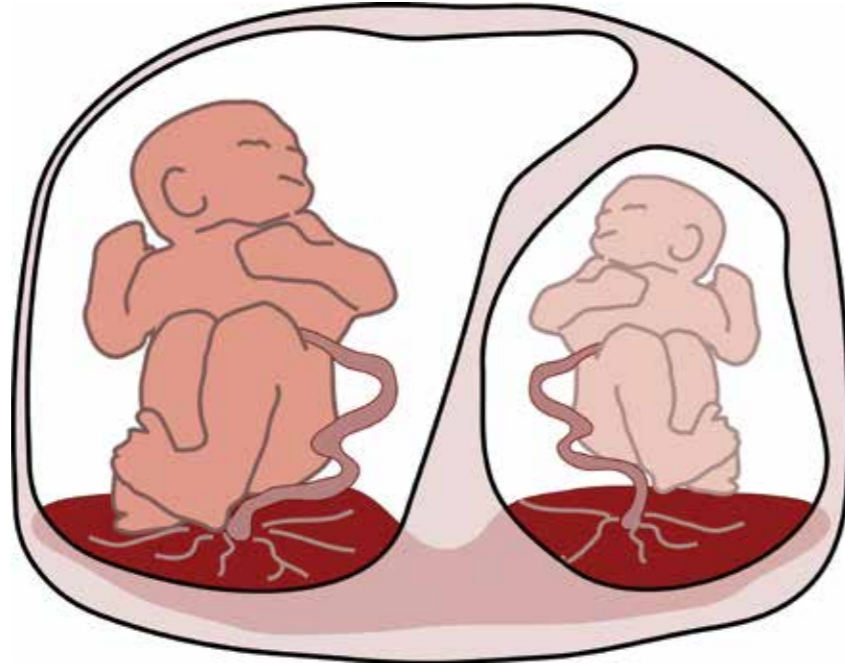


این درمان بر مبنای یک روش جراحی به نام انعقاد نوری رگ‌های خونی انتخابی بالیزر^۲ انجام

2 selective laser photocoagulation of communicating vessels (SLPCV)



در سندروم TTTS جنین بزرگ‌تر قل‌دریافت‌کننده و جنین ضعیف‌تر را قل‌هداکننده خون می‌نامند. با برهم خوردن سرعت رشد جنین‌ها، قل‌دریافت‌کننده با سرعت بیشتری رشد خواهد کرد و بزرگ‌تر می‌شود تا جایی که قل‌هداکننده را به دیواره رحم می‌چسباند. قل‌دریافت‌کننده علاوه بر بزرگی، دارای پوست قرمزتر، خون بیش از حد و افزایش فشار خون می‌باشد و امکان دارد دچار نارسایی قلبی نیز بشود.



کمتری هم دارد. همچنین تابش لیزرها به صورت پیوسته با فیبری به قطر ۴۰۰ تا ۶۰۰ میکرون انجام می‌شود.

از رویا تا واقعیت

این روش ما را امیدوار می‌کند که بتوان در آینده‌ای نزدیک از لیزر برای درمان چسبندگی جفت به دیواره رحم هم استفاده کرد. چسبندگی جفت یکی از عوارض جدی در دوران بارداری است که در آن عروق جفت به‌طور عمیقی به درون دیواره رحم نفوذ می‌کنند. این اتفاق باعث می‌شود که در طی زایمان، بخشی از جفت یا تمام آن محکم به دیواره رحم بچسبند. روش‌هایی که برای درمان این بیماری وجود دارد یا باعث خارج کردن رحم از بدن مادر می‌شود و شانس بارداری دوباره را از مادر می‌گیرد یا دارای عوارض بسیار خطرناک است. امید است زمانی لیزر رویای درمان این بیماری را با کمترین عوارض فراهم کند.



با کمک لیزر احتمال سالم به دنیا آمدن دوقلوهایی که دچار سندرم TTTS هستند تا ۹۰ درصد افزایش می‌یابد.

ردپای لیزر روی دیسک‌های نوری

مریم فیض پور

feizpour.optics@gmail.com





چرا معمولاً در عبارت Blu-ray حرف e از کلمه Blue حذف شده است؟

نام Blu-ray بر گرفته از Blue به خاطر رنگ آبی پرتو لیزری است که در آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما دلیل حذف e پایانی در کلمه Blue این است که طبق نظر و سلیقه‌ی تولیدکنندگان، ترکیب Blu-ray به عنوان یک نام تجاری متمایز و منحصر به فرد، موفق‌تر خواهد بود.

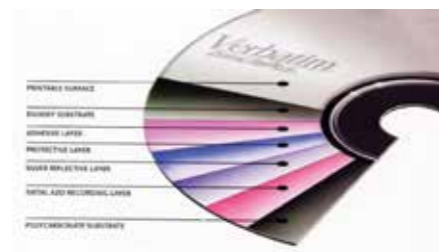
امروزه استفاده از دیسک‌گردان‌های نوری (Optical disk drives) که به اختصار ODD نیز نامیده می‌شوند، در زندگی روزمره به امری عادی تبدیل شده است. در حقیقت این سخت افزار می‌تواند اطلاعات مورد نظر از قبیل مستندات، کتاب، فیلم، موسیقی و ... را روی انواع دیسک‌های نوری (Optical disks) مانند CD، DVD و یا Blu-ray ثبت نموده و سپس آنها را از روی دیسک نوری بازخوانی کند. دیسک‌گردان یا درایو نوری معمولاً اندازه و شکلی همانند یک کتاب کوچک داشته و در اغلب رایانه‌ها به عنوان وسیله‌ی ذخیره‌سازی، ورود اطلاعات و یا انتقال داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد که در این بخش، به کاربرد پرتو لیزر در ثبت و بازخوانی اطلاعات از روی دیسک‌های نوری پرداخته شده است.

ساختار دیسک‌های نوری

دیسک‌های نوری به عنوان ابزار ذخیره‌سازی اطلاعات دارای ویژگی‌های مهمی مانند وزن کم، قابلیت جابجایی آسان، قیمت پایین و ماندگاری طولانی بوده و همچنین به سادگی و تقریباً در همه جا در دسترس هستند. قطر دیسک‌های نوری استاندارد ۱۲ سانتیمتر و ضخامت آنها ۱/۲ میلی‌متر می‌باشد.

ساختار دیسک نوری بسته به نوع آن دارای لایه‌های متفاوتی است ولی برخی از این لایه‌ها در تمام انواع دیسک‌های نوری به صورت مشترک وجود دارند. یکی از این لایه‌ها، لایه‌ی بازتابی از جنس نقره، پلاتین یا آلومینیوم است که در هنگام بازخوانی اطلاعات، وظیفه‌ی بازتاب پرتو لیزر به سمت آشکارساز را بر عهده دارد. یک لایه از جنس آکرلیک نیز به عنوان لایه‌ی محافظ بر روی سطح بازتابنده قرار می‌گیرد که در حقیقت این پوشش، از اکسید شدن لایه بازتابی

جلوگیری می‌کند و در نهایت تمام این لایه‌ها روی زیر لایه‌ای از جنس پلی‌کربنات قرار می‌گیرند. در شکل زیر، لایه‌های موجود در ساختار یک DVD نشان داده شده است.

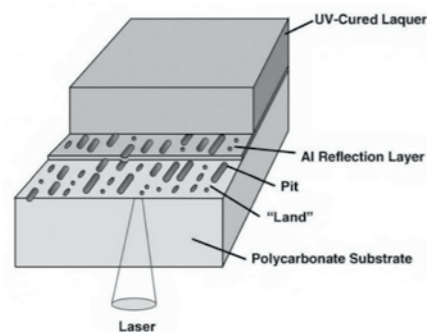


ذخیره‌سازی و بازخوانی اطلاعات از روی دیسک نوری

مهم‌ترین قسمت یک دستگاه دیسک‌گردان نوری، بخش اپتیک آن است که از یک لیزر نیمه‌هادی، بخش انتقال پرتو، لنز متمرکزکننده‌ی پرتو لیزر روی دیسک نوری و یک فوتودیود برای آشکارسازی پرتو بازتابی از سطح دیسک تشکیل شده است. طول موج لیزرهای دیودی مورد استفاده‌ی در ثبت اطلاعات بر روی CDها ۷۸۰ نانومتر (مادون قرمز نزدیک)، DVDها ۶۵۰ نانومتر (نور قرمز) و برای Blu-rayها ۴۰۵ نانومتر (نور بنفش) است. در شکل زیر، لنز متمرکزکننده‌ی پرتو لیزر که معمولاً از پلاستیک ساخته می‌شود، درون یک دیسک‌گردان DVD نشان داده شده است. البته در دیسک‌گردان‌های Blu-ray به منظور حذف آیراهی‌ها، معمولاً لنزهای فرنی مورد استفاده قرار می‌گیرند.



فرآیند ثبت اطلاعات بر روی دیسک‌های نوری در یک مسیر مارپیچ پیوسته و به صورت باینری انجام می‌شود، به این ترتیب که با استفاده از پرتو لیزر حفره‌های کوچک (Pit) به عنوان «صفر» روی یک لایه‌ی پلیمری حاوی رنگینه‌ی آلی (organic dye) ایجاد می‌شوند و سطوحی که لیزر روی آنها متمرکز نشده است به عنوان «یک» در نظر گرفته شده و اصطلاحاً Land نامیده می‌شوند. در حقیقت تمرکز پرتو لیزر روی لایه‌ی ثبت اطلاعات، باعث سوختن بخش‌هایی از آن شده و یک حفره در آن ایجاد می‌کند؛ به همین دلیل برخی از نرم افزارها به جای واژه‌ی write برای شروع عملیات ذخیره‌سازی داده‌ها روی دیسک‌های نوری، از اصطلاح Burn به معنی سوزاندن استفاده می‌کنند. در شکل زیر، لایه‌های اصلی یک دیسک نوری از نوع CD نشان داده شده است.

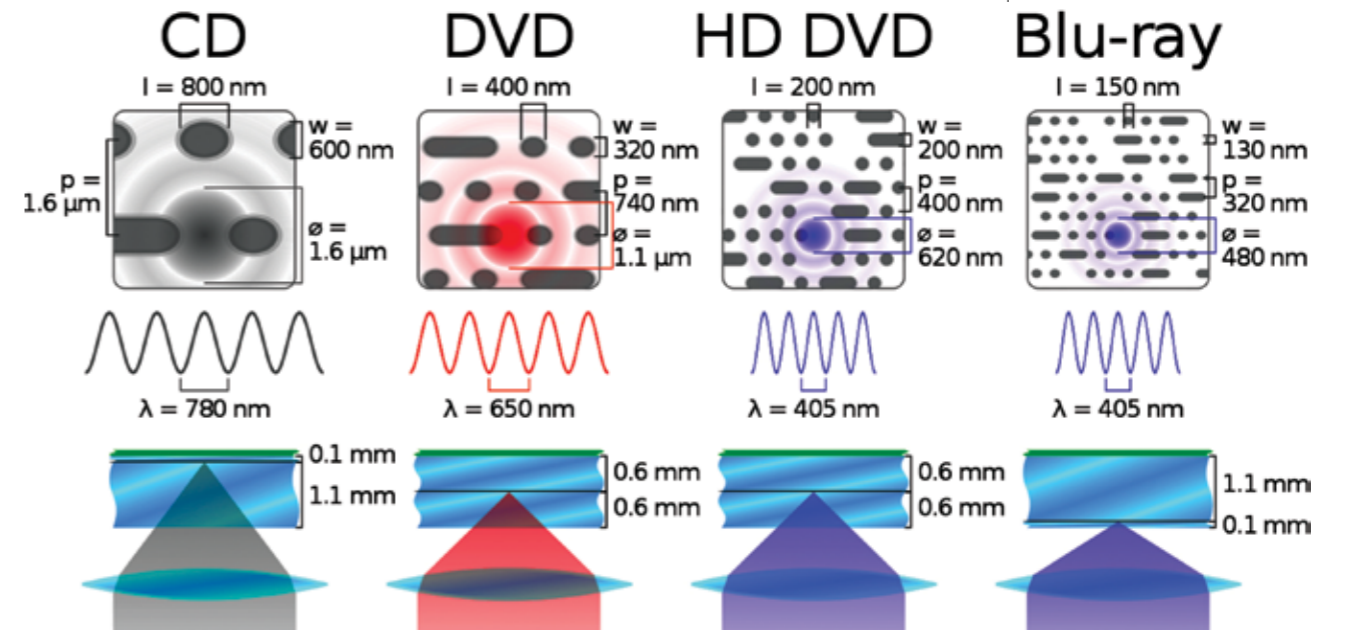


هر چه طول موج لیزر مورد استفاده کوتاه‌تر باشد، اندازه‌ی قطر نقطه‌ی تمرکز پرتو نیز کمتر خواهد بود و اطلاعات بیشتری را می‌توان روی دیسک نوری ذخیره نمود، بنابراین با توجه به طول موج لیزرهای دیودی مورد استفاده، میزان اطلاعاتی که می‌توان روی یک دیسک نوری Blu-Ray ذخیره کرد، بیشتر از DVD و میزان اطلاعات قابل ذخیره‌سازی روی DVD نیز بیشتر

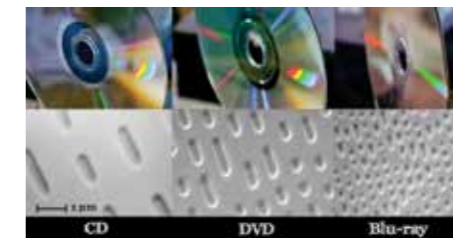


چرا سطح دیسک نوری رنگی دیده می‌شود؟

سطح دیسک‌های نوری آن طور که به نظر می‌رسد کاملاً صاف نیست بلکه دارای پستی و بلندی‌های بسیار کوچکی از مرتبه‌ی میکرومتر و نانومتر می‌باشد که به صورت منظم در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند و همین ناصافی‌ها باعث می‌شود وقتی نور سفید به سطح دیسک نوری می‌تابد، این سطح به صورت یک توری پراش عمل کرده و نور فرودی را به رنگ‌های مختلف تشکیل دهنده‌ی آن تجزیه نماید.

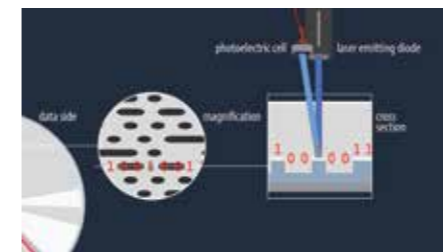


از CD است. در شکل زیر تصویر میکروسکوپ الکترونی از سطح این سه نوع دیسک نوری جهت مقایسه نشان داده شده است.

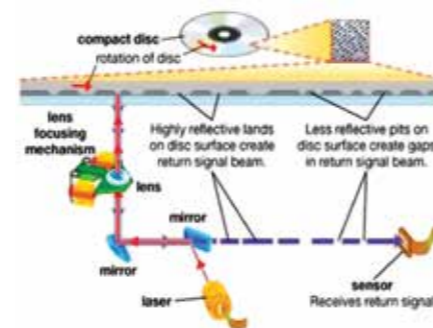


فناوری ذخیره‌سازی اطلاعات روی دیسک‌های نوری در طول زمان پیشرفت زیادی داشته و پس از عرضه نخستین CD در سال ۱۹۸۲ با ظرفیت ۶۵۰ تا ۸۰۰ مگابایت و سپس DVD در سال ۱۹۹۶ با ظرفیت ۴ تا ۹ گیگابایت، تکنولوژی Blu-ray در سال ۲۰۰۳ با ظرفیت ۲۵ تا ۱۰۰ گیگابایت معرفی گردید. پارامترهای تعیین‌کننده در میزان اطلاعات قابل ذخیره‌سازی روی انواع مختلف دیسک‌های نوری عبارتند از: عمق نفوذ پرتو لیزر، ابعاد حفره‌های

ایجاد شده توسط لیزر (Pits)، فاصله‌ی بین شیارهای متوالی و قطر لکه‌ی نقطه‌ی تمرکز پرتو که در شکل بالا به منظور مقایسه‌ی بین انواع مختلف دیسک‌های نوری، این پارامترها نشان داده شده‌اند. برای بازخوانی اطلاعات ذخیره شده روی دیسک نوری، از یک فوتودیود یا سلول فوتوالکتریک به عنوان آشکار ساز استفاده شده و میزان بازتاب پرتو لیزر از pit و land به ترتیب به عنوان مقدار داده‌های «صفر» و «یک» در سیستم باینری در نظر گرفته می‌شود؛ به این صورت که بازتاب پرتو لیزر از land که سطح بازتابنده‌ی فلزی روی آن قرار دارد، به صورت کامل به آشکار ساز می‌رسد

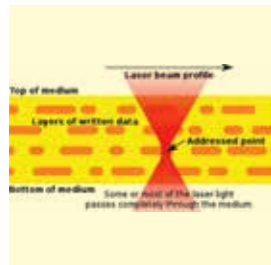


ولی بازتاب پرتو از درون حفره‌ی pitها به دلیل از بین رفتن سطح بازتابنده‌ی فلزی، به شدت کاهش یافته و به آشکار ساز نمی‌رسد. در شکل زیر نیز نمای کلی روش بازخوانی اطلاعات ثبت شده روی CD با مشخص نمودن عملکرد بخش‌های مختلف و تبدیل pit و landها به «صفر و یک» نشان داده شده است.



چرا استفاده از دیسک‌های نوری Blu-ray هنوز فراگیر نشده است؟

با وجود افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی اطلاعات



رویکرد آینده در ذخیره‌سازی نوری داده‌ها

البته تحقیقات در زمینه‌ی افزایش ظرفیت ذخیره‌سازی با افزایش تعداد لایه‌های ذخیره‌سازی و همچنین سهولت دسترسی به دیسک‌های نوری همچنان ادامه دارد که در همین راستا می‌توان به تولید دیسک‌های ذخیره‌سازی نوری اطلاعات به صورت سه بعدی (3D optical data storage) اشاره نمود که ثبت داده‌ها در آنها با استفاده از اپتیک غیرخطی و میکرو هولوگرافی انجام می‌شود. در شکل فوق نمای عرضی یک دیسک نوری ۴ لایه نشان داده شده است که لیزر در حال بازخوانی اطاعات از لایه سوم این دیسک می‌باشد.

در دیسک‌های نوری Blu-ray استفاده از این نوع دیسک‌ها هنوز متداول نیست که علاوه بر بالا بودن قیمت دیسک خام Blu-ray و دیسک گردان آن نسبت به CD و DVD، مهم‌ترین دلایل تکنیکی این امر عبارتند از:

۱- به دلیل کاهش عمق نفوذ پرتو لیزر و نزدیک بودن ناحیه‌ی ثبت اطلاعات به سطح، دیسک‌های Blu-ray در برابر خراش و ضربه حساس هستند که این مورد باعث کاهش عمر مفید آنها شده است.

۲- در دیسک‌های Blu-ray به دلیل نزدیک بودن لنز متمرکز کننده‌ی پرتو به سطح دیسک، در صورتی که به طور اتفاقی ضربه‌ی کوچکی به دیسک گردان وارد شود، باعث تماس بین دیسک و لنز شده و در عملکرد آن اختلال ایجاد می‌کند.

۴- دیسک گردان‌های DVD قادر به اجرای Blu-rayها نیستند و برای این کار باید از سیستم جداگانه و مخصوص استفاده شود.

پژوهشگران از بافتن تار عنکبوت ویاجوش دادن آن به مواد دیگر شکل‌ها و مواد شگفت‌انگیز می‌سازند.

مجسمه‌ای از تارهای عنکبوت

میترا فاهی زاده

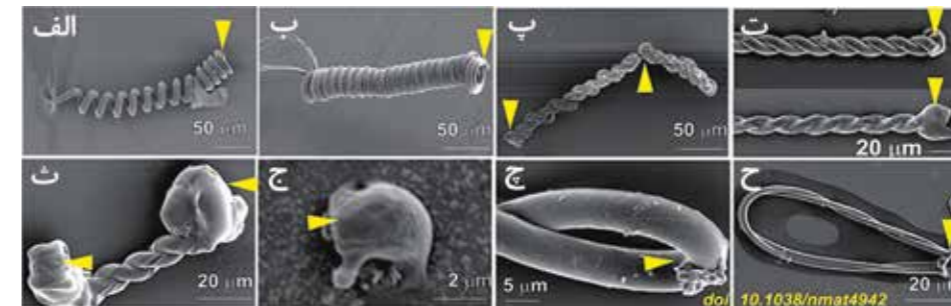
mrefahizadeh@yahoo.com

ویژه‌نامه دانش‌بنیان • فناوری لیزر و فوتونیک
شماره دوازدهم • مهر ۱۳۹۷

لیزر و فوتونیک

ویژه‌نامه دانش‌بنیان • فناوری لیزر و فوتونیک
شماره دوازدهم • مهر ۱۳۹۷

لیزر و فوتونیک



شکل ۱: حلقه، فنر و رشته‌های به هم تابیده مختلف که از تار عنکبوت به کمک لیزر فمتوثانیه ساخته شده و تصویر آن از میکروسکوپ گرفته شده است.



با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد تارهای عنکبوت مثل زیست‌سازگاری و همچنین قابلیت‌های الکتریکی و مغناطیسی در دهه‌های اخیر توجه زیادی به این ماده و کاربردهای مربوط به آن معطوف شده است. اما در این مسیر دو عامل مشکل‌زا سد راه پژوهشگران بوده است. از یک سو با توجه به سختی زیاد، قطر بسیار کم و کشش پذیری فوق‌العاده، دست‌کاری تارهای عنکبوت با دقت نانو بسیار سخت بوده و از سوی دیگر، اتصال تارهای عنکبوت به مواد دیگر همچون فلز، دی‌الکتریک و پلیمر که می‌تواند امکان آمیختن قابلیت‌های هر دو ماده را به وجود آورد، با مشکل روبرو بوده است. بنابراین از یک سو برای پیشبرد هر چه بهتر پژوهش‌ها لازم است ابتدا راه‌حل‌های مناسبی برای رفع این دو مشکل ارائه شود. از سوی دیگر با گسترش لیزرهای فمتوثانیه به‌عنوان ابزارهای سریع و دقیق قابل کنترل برای برش، این لیزرها می‌توانند برای تغییر شکل تارهای عنکبوت و جوش آن به مواد دیگر به‌عنوان یک راهکار مناسب مورد بررسی قرار گیرند. این پژوهش به بررسی این راهکار پرداخته است.

در واقع محققان هندی توانسته‌اند با استفاده از همین ابزار، تارهای عنکبوت را به صورت‌های مختلف به هم بیاوند و با آن شکل‌های متنوع و جذاب بسازند. آن‌ها حلقه‌های ابریشمی، رشته‌های به هم تابیده و فنرهایی را درست کرده‌اند که تاکنون هیچ عنکبوتی نساخته است. شکل‌های دیگری مانند نوار و لوله پیچ‌خورده نیز با این تارها ساخته شده است. این محققان نشان داده‌اند چگونه می‌توان ابریشم را به مواد

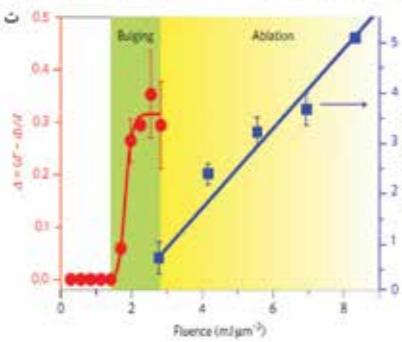
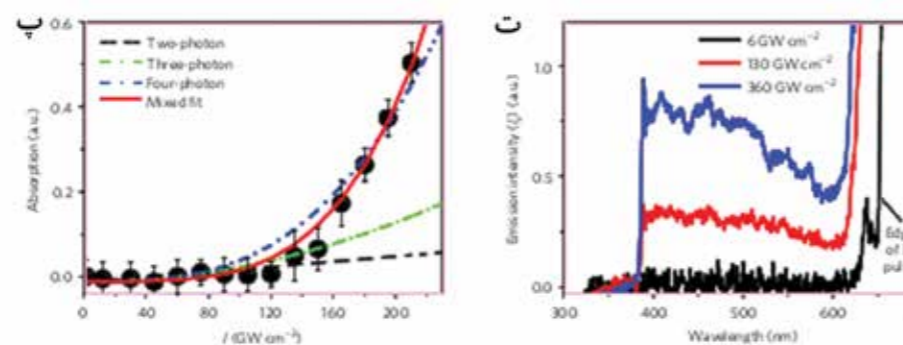
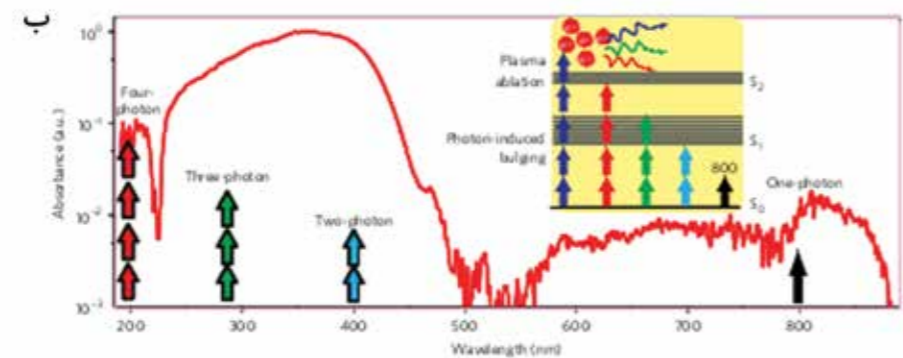
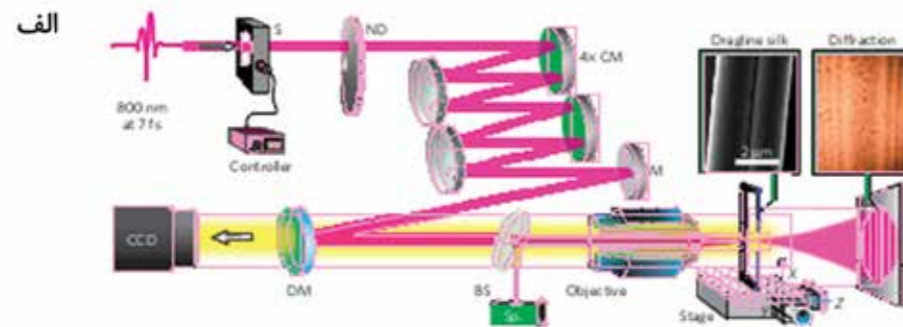
دیگر مثل فلز و شیشه جوش داد. آن‌ها امیدوارند بتوانند از این شگرد در کاربردهای پزشکی مثل ساختن باندهای جدید برای زخم‌ها یا سوختگی‌ها بهره ببرند.

دکتر سینگ^۱ یکی از فیزیکدانان موسسه علوم و تحقیقات هند در موهای^۲ است. او هنگامی که برای آزمایش‌هایش نیاز به ماده دارد، به طبیعت می‌رود. باغ‌خانه‌ی او، محل زندگی هزاران عنکبوت شده است. برای گردآوری تارهای مورد نیازش، عنکبوت کوچک را به سوی یک چوب هدایت می‌کند و چوب را به سرعت حرکت می‌دهد. عنکبوت جستی می‌زند و در دنباله پشت سر خود، خطی از تار ابریشم خالص به‌وجود می‌آورد و به این ترتیب دکتر سینگ چیزی که نیاز دارد را به دست می‌آورد.

گروه دکتر سینگ برای ساختن چیزهای مختلف از این تار، یک لیزر فمتوثانیه به کار می‌برند که پالس‌های آن بسیار قدرتمند و سریع است. هر تار عنکبوت حدود یک بیستم تار موی انسان ضخامت دارد. با این لیزر فمتوثانیه، محققان تارهای عنکبوت را به شکل‌های تازه‌ای درمی‌آورند. این لیزر می‌تواند برش‌های دقیقی از تار را جدا کند، قسمتی از آن را حذف کند و یا این تار ابریشم را به مواد دیگر متصل نماید.

روش انجام این کار در سال ۲۰۱۷ مجله Nature Material به چاپ رسیده است و نشان می‌دهد که با بهره‌گیری از لیزر می‌توان از مواد با پایه‌ی پروتئین چیزهای شگفت‌انگیزی ساخت. برای

1 Singh
2 Mohali



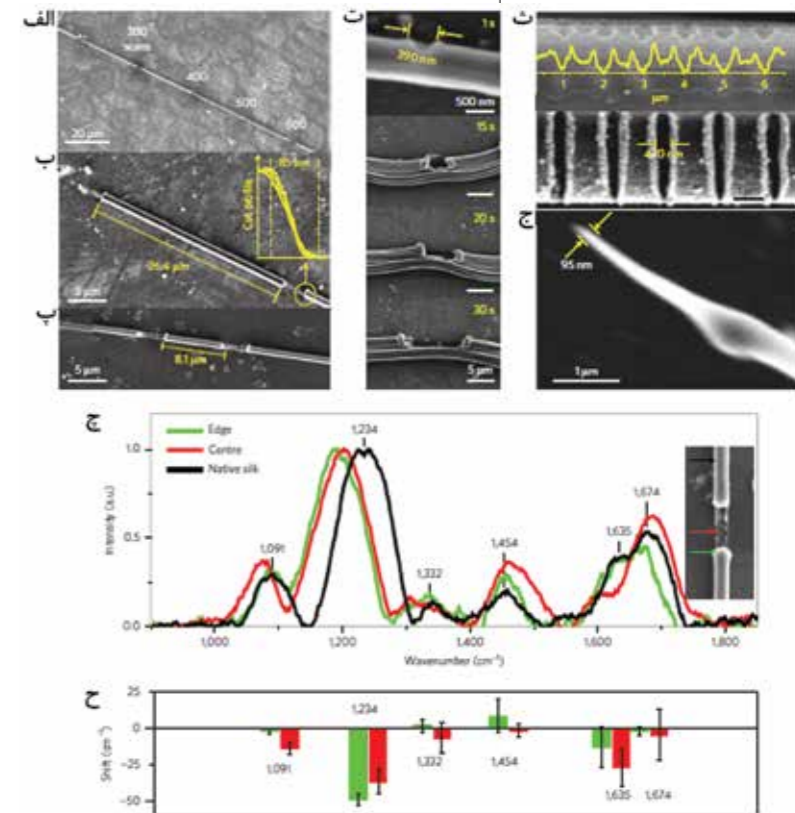
همین برخی از دانشمندان تحقیقات خود را بر پروتئین‌هایی که به تار ابریشم چنان استحکام و چسبندگی می‌دهد، متمرکز کرده‌اند. تارهای عنکبوت از دیرباز دکتر سینگ را تحت تاثیر قرار داده بود. هنگامی که او ۸ سال پیش به موهای رفت، ابتدا روی استحکام تارهای عنکبوت بررسی‌هایی انجام داد. او عقیده داشت اگر بتوان تارهای عنکبوت را به هم بافت، آن‌ها می‌توانند قبل از خراب شدن، کشش بسیار زیادی را تحمل کنند؛ بنابراین او و شاگردانش ساعت‌ها و روزها، نوبتی تارهای عنکبوت را به هم بافتند



شکل ۲: چیدمان آزمایشگاهی و سازوکار برهم‌کنش لیزر-تار ابریشم. (الف) پالس‌های فمتوثانیه (۷ فمتوثانیه، ۸۰۰ نانومتر، ۲/۲ نانوزول در آهنگ تکرار ۸۵ مگاهرتز) از طریق یک ابزار چیرپ آینه‌ای با اندازه‌ی درجه‌ی عددی ۰/۲ کانونی می‌شود. نمونه تار بر یک جابه‌جاگر نانویی قرار گرفته است. به کمک یک طیف‌سنج در کانون آشکارسازی می‌شود (SP). تصویر SEM نمونه ابریشمی و الگوی پراش آن در شکل‌های درونی نشان داده شده است. در این چیدمان S نماد برش‌دهنده (شاتر)؛ ND، فیلتر چگالی خنثی؛ CM، آینه‌ی چیرپ؛ M، آینه‌ی نقره و DM، نماد آینه‌ی دورنگی است. (ب) طیف جذب تار عنکبوت در گستره‌ی فرابنفش-مرئی-فروسرخ. (پ) میزان جذب تار ابریشم به‌عنوان تابعی از قله تابشی پالس‌های لیزر فمتوثانیه. خط قرمز برازش مخلوطی مطابق با جذب چند فوتونی غیر خطی است. خطوط نقطه‌چین و خط چین جذب خالص دو، سه و چهار فوتونی را نشان می‌دهد. (ت) طیف گسیلی از تارهای ابریشمی که تحت تابش‌دهی با سه شدت مختلف قرار گرفته‌اند.



شکل ۳: برآمدگی و کندگی تار ابریشم بر حسب چگالی انرژی لیزر. (الف تا پ) تصویر SEM از تار طبیعی (الف)، برآمدگی (ب) و کندگی در تار ابریشم (پ). (ت) مشخصه‌یابی فرآیند برآمدگی با بررسی تغییرات نسبی قطر تار بر حسب چگالی انرژی لیزر و مشخصه‌یابی فرآیند کندگی از راه بررسی اندازه‌ی برش (با تعریفی که در بخش ج دیده می‌شود).

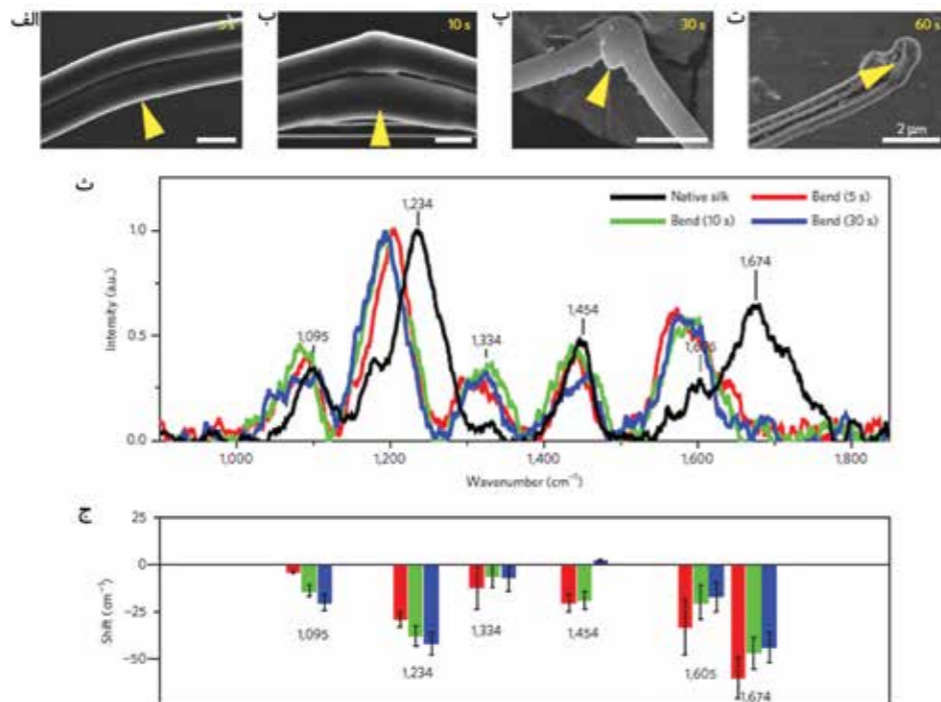


شکل ۴: ماشین کاری جایگزیده بر فیبرهای ابریشمی. الف تا پ) لوله‌های ابریشمی به طول ۸ تا ۲۶ میکرومتر و با دقت برش ۸۵ نانومتر. ت) شیارهای نانویی با کمترین پهنا ۳۹۰ نانومتر و مدت زمان تابش دهی مشخص شده در تصویرها. ث) دو مثال از شیارهای متناوب با پهنا ۳۰۰ نانومتر (بالایی) و ۴۷۰ نانومتر (پایینی) با مقیاس یک میکرومتر. ج) نانو سوزن با قطر ۹۵ نانومتر. چ) طیف رامان ابریشم نزدیک مرکز و لبه‌های میکروبرش. ح) جابه‌جایی قله‌ها در طیف رامان.

و بافتند. آن‌چنان‌که می‌دانید تارهای عنکبوت کشش‌پذیر، قوی و بسیار چسبنده هستند. دکتر سینگ می‌خواست این تارها را برش دهد و بچسباند اما می‌دانست که برای کار با دقت کافی روی این تارهای بسیار نازک، کشسان و چسبنده، نمی‌تواند از ابزارهای عادی مثل قیچی و چسب استفاده کند. سرانجام چند سال پیش آزمایشگاه آن‌ها صاحب یک لیزر فمتوثانیه برای آزمایش‌های فوتونی شد و ایده‌ی استفاده از این ابزار به عنوان یک راهکار کلید خورد. لیزر فمتوثانیه قدرت کافی برای برش تارها را داشت و دارای سرعت مناسب برای انتقال انرژی قبل از خراب شدن تار بود. این گروه ابتدا پژوهش خود را با بررسی طول موج مناسب برای کار با تارهای عنکبوت آغاز کردند. تار عنکبوت در برابر نور مرئی شفاف است؛ به همین دلیل است که گاهی قبل از دیدن این تارها، آن‌ها را لگد می‌کنیم. اما همین تارها، نور فرابنفش

که طول موج کوچک‌تری دارد، را جذب می‌کند؛ بنابراین می‌توان از پالس‌های فرابنفش بسیار پر قدرت برای برش این تارها استفاده کرد و با پالس‌های با شدت کمتر می‌توان انرژی لازم برای تغییر ساختار تار را به آن منتقل کرد. دکتر سینگ عقیده دارد پس از تابش یک پالس، تار ابریشم در کسر بسیار کوچکی از زمان، مایع شده و در این بازه در تار برآمدگی ایجاد می‌گردد. بنابراین محققان می‌توانند با برش و ایجاد برآمدگی در این تارها، شکل‌های مختلفی از آن بسازند. هنگامی که این تارها روی شیشه یا فلز قرار داده شد و پالس‌های فمتوثانیه به آن‌ها تابید، این تارها به ماده جوش خوردند. این محققان حتی موفق شدند تارهای عنکبوت را به لنزهای تماسی نیز بچسبانند. آن‌ها معتقدند با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد تارها، می‌توان با آمیختن آن با مواد دیگر محصولات مفید تازه‌ای تولید کرد. اکنون پژوهشگران در حال بررسی کاربردهای مختلف برای این شگرد هستند، مثل شکل دادن تارها به صورت باندهایی که در برابر رطوبت ضعیف نمی‌شوند و می‌توانند برای تثبیت استخوان و یا ترمیم پوست یا بافت‌های دیگر به کار روند. اما آن‌ها برای ادامه‌ی آزمایش‌هایشان، نیازمند مقدار بیشتری از تار عنکبوت خواهند بود و این بدان معناست که باید به باغ پر عنکبوت سری بزنند. شکل ۱ نمونه‌هایی از ساختارهای بافته شده با تار عنکبوت را نشان می‌دهد. با دیدن این مجسمه‌های شگفت‌انگیز، اگر شما هم علاقه‌مند شدید که درباره چند و چون انجام این تحقیقات تخصصی، نکات و ریزه‌کاری‌های بیشتری بدانید، می‌توانید خلاصه‌ای از نتایج منتشر شده از تحقیقات گروه دکتر سینگ را در ادامه همین مطلب بخوانید.

چیدمان آزمایش‌های این گروه شامل پالس‌های نانوزول یک لیزر ۷ فمتوثانیه‌ای با طول موج ۸۰۰ نانومتر است که پس از گذشتن از یک ابزار چیرپ



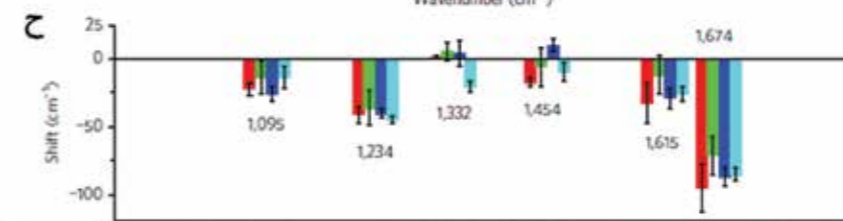
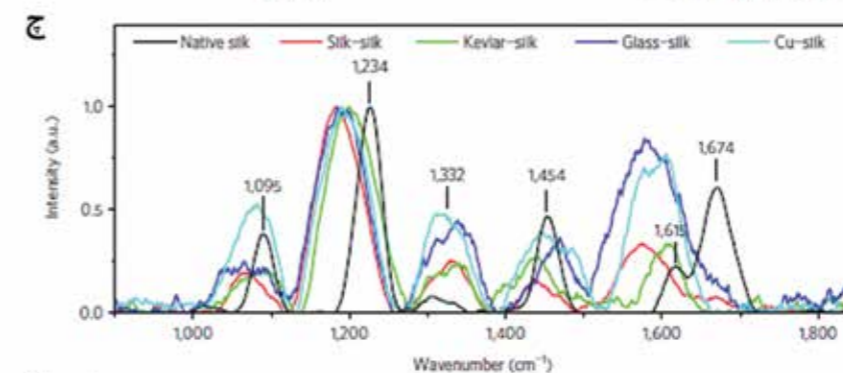
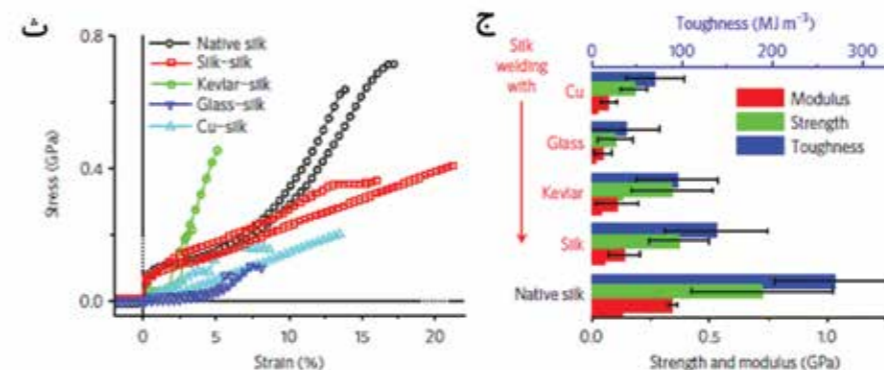
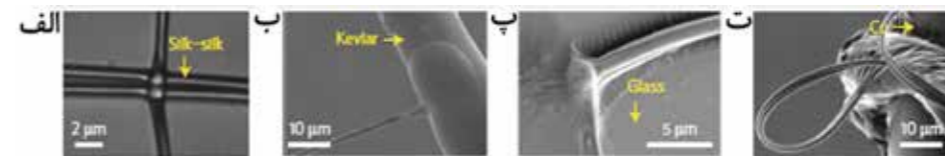
شکل ۵: خمش کنترل شده در فیبرهای ابریشمی. الف تا ت) زاویه‌ی خمش به ترتیب نزدیک تابش دهی مشخص شده در تصویر است. ث) طیف رامان تار ابریشم در محل خم و در تار طبیعی که نسبت به قله با عدد موج 1234 cm^{-1} بهنجار شده است. ج) جابه‌جایی قله‌ها در طیف رامان.

به‌همین دلیل در گام بعدی، شدت آستانه‌ی لازم برای جذب‌های غیر خطی مورد بررسی دقیق‌تر قرار گرفته است. مشخص شده که شدت ۸۰ گیگاوات بر سانتیمتر مربع هم آستانه‌ی فرآیندهای جذب چند فوتونی و هم آستانه‌ی گسیل در تارهای ابریشم است. همچنین آزمایش‌های اولیه نشان می‌دهند که برای ایجاد اثر کندگی غیر گرمایی بر تارهای عنکبوت، شدت تابشی بالاتر از 300 گیگاوات بر سانتیمتر مربع مورد نیاز و با لیزر موجود به خوبی دسترس‌پذیر است. چیدمان آزمایش و بخش‌هایی از این بررسی‌های اولیه در شکل ۲ نشان داده شده است. چنان‌که از این شکل پیداست، طول موج قطع برای تارهای عنکبوت نزدیک 380 نانومتر است که با جذب موثر چندفوتونی در گستره‌ی فرابنفش سازگاری بسیار خوبی نشان می‌دهد. جالب است بدانید نتایج به دست آمده برای تارهای عنکبوت و ابریشم کرم ابریشم یکسان بوده و به نظر می‌رسد برای هر دو قابل استفاده است. در مرحله‌ی بعدی از تحقیقات، تارهای با ضخامت ۱ تا ۵ میکرومتر

آینه‌ای و جبران پراکندگی، روی هدف کانونی می‌شود. برای تحویل انرژی در نقطه مناسب، تار عنکبوت بر روی یک نگهدارنده‌ی مکانی با امکان جابه‌جایی سه‌بعدی با دقت نانومتر سوار می‌شود. تارهای عنکبوت با قطر 0.8 تا 6 میکرومتر، در کانون تابش باریکه، محکم می‌شود. تنظیم آن در جای درست به کمک تصویر یک آینه دورنگی و نقش پراش پرتو لیزری با دقت 100 نانومتر انجام می‌شود. انرژی پالس فرودی به کمک یک فیلتر چگالی خنثی 3 در دمای 25 ± 1 درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی $50 \pm 5\%$ ، و زمان تابش دهی به وسیله‌ی یک شاتر (بند آور) 4 مکانیکی تنظیم و کنترل می‌شود.

پژوهش‌های اولیه نشان دادند که اگر چه تارهای عنکبوت طول موج 800 نانومتر را جذب می‌کند اما در برابر جذب‌های دوفوتونی (400 نانومتر)، سه‌فوتونی (266 نانومتر) و چهارفوتونی (200 نانومتر) پاسخ بسیار شدیدتری می‌دهند.

3 Neutral density filter
4 shutter



فرآیند برآمدگی^۵ در بازه‌ی چگالی انرژی ۱/۲۵ تا ۳ میلی‌ژول بر میکرومتر مربع رخ داده و در تابش دهی با چگالی انرژی بالاتر از ۳ میلی‌ژول بر میکرومتر مربع، فرآیند کندگی^۶ انجام می‌شود. با کمک فرآیند کندگی می‌توان یک فیبر با قطر ۱ میکرومتر از تارهای عنکبوت را قطعه قطعه کرد و با آن لوله‌های میکرونی ساخت (شکل ۴). دقت

5 Bulging
6 Ablation

در مدت زمان ۱۰ میلی‌ثانیه تا ۱۰۰ ثانیه در برابر تابش قرار گرفته و هم‌زمان به طور متناوب با سرعت ۲ میلی‌متر بر ثانیه چندین بار اسکن شدند تا چگالی انرژی متفاوت بر روی هدف ایجاد شود. اندازه‌گیری‌ها نشان دادند که چگالی انرژی پایین‌تر از ۱/۲۵ میلی‌ژول بر میکرومتر مربع هیچ تاثیری بر تارها ندارد هر چند زمان تابش دهی زیاد باشد. فرآیند افزایش قطر تارها یا به اصطلاح



شکل ۶: تنظیم و مشخصه‌یابی ساختارهای نامتجانس ابریشم از طریق میکرو جوش لیزری. الف تا ت) تصویر تار ابریشم جوش داده شده به ابریشم، کولار، مس و شیشه. ث) منحنی تنش-فشار برای اتصال‌های ابریشم-ابریشم، ابریشم-کولار، ابریشم-مس و ابریشم-شیشه در کنار ابریشم اصلی. دو تکرار مستقل برای هر مورد نشان داده شده و تنش با فرض ثابت بودن قطر تارها محاسبه شده است. ج) مقایسه استحکام، زبری و مدول یانگ برای ساختارهای نامتجانس ابریشم و ابریشم اصلی. چ و ح) طیف رامان و جابه‌جایی‌های مربوط به قله‌های برجسته آن در محل جوش لیزری.

۱۰۰۰
گیگاوات
بر سانتی‌متر مربع

چگالی انرژی در زمان ۱ تا ۴۵ ثانیه، به ایجاد شیارهای ۳۹۰ نانومتر تا ۱ میکرومتر در تار عنکبوت می‌انجامد. با اسکن این تارها به کمک لیزر فمتوثانیه، الگوهای متناوب و نانوسوزن‌هایی به قطر ۹۵ نانومتر ایجاد می‌شود.

طیف‌سنجی رامان نشان می‌دهند که تعدادی از قله‌ها نسبت به طیف اصلی، جابه‌جایی قرمز پیدا کرده و پهن‌تر شده‌اند و در زاویه‌ی خمش بزرگ‌تر، این تغییرات نمود بیشتری یافته است. این نکته که در تارهای تحت فشار کششی و یا چرخشی، تغییرات مشابهی در جابه‌جایی قرمز و پهن‌شدگی برخی از قله‌ها در طیف به چشم می‌خورد، نشان می‌دهد که اگرچه خمش تار باعث ایجاد تنش بر رشته‌های پروتئین کناری می‌شود اما همچنان رشته‌ی پلی‌پپتاید اصلی، سالم باقی مانده است. برای بهره‌گیری از تارهای عنکبوت در یک ساختار نامتجانس، لازم است به مواد دیگر مثل مس، شیشه و کولار^۷ بدون ایجاد تغییر ساختار در تار عنکبوت و در ماده، جوش داده شود. در ادامه این تحقیقات، امکان جوش دادن دو قطعه تار عنکبوت به یکدیگر از طریق بهبود فرآیند برآمدگی تار مورد بررسی قرار گرفته و بدون ایجاد هیچ ترک و تغییر لطافت در ناحیه‌ی جوش، حتی در جوش دادن تارهای با قطر متفاوت، به کمک جوش جایگزیده با لیزر فمتوثانیه امکان پذیر شده است.

برای ایجاد میکرو جوش‌های ظریف، تار عنکبوت در تماس با مواد دیگر قرار گرفته و با پالس‌های لیزر فمتوثانیه (در بازه‌ی زمانی ۱۰ تا ۶۰ ثانیه) تابش دهی شده است (شکل ۶). نتایج نشان می‌دهند که چه در اتصال‌های هم‌جنس و چه در اتصال‌های نامتجانس، استحکام نقاط جوش از همان درجه استحکام تار طبیعی بوده است. در این میان اتصال تار به شیشه، از استحکام کمتری برخوردار است که می‌تواند مربوط به کمبود مشابهت^۸ میان پیوندهای موجود در تار و شیشه باشد. جابه‌جایی قرمز و پهن‌شدگی در برخی از قله‌ها در فرآیند جوش از فرآیند خمش بیشتر است و نشانگر جهت‌گیری‌های متفاوت و ناهمگونی بیشتر در رشته‌های جانبی است. با این حال،

7 Kevlar
8 Affinity

برش انتهایی این میکرولوله‌ها بهتر از ۱۰۰ نانومتر و کیفیت سطح آن‌ها خوب است.

همچنین با ثابت نگه‌داشتن چگالی انرژی پرتو در یک مقدار (۱۰۰۰ گیگاوات بر سانتیمتر مربع) و افزایش زمان تابش دهی (میان ۱ تا ۴۵ ثانیه) می‌توان شیارهایی با اندازه‌ی قابل کنترل (در گستره ۳۹۰ نانومتر تا ۱۰ میکرومتر) به‌وجود آورد و با اسکن کردن تارها به کمک لیزر فمتوثانیه، الگوهای متناوب و نانوسوزن‌هایی (با قطر ۹۵ نانومتر) درست کرد که هم بدون آسیب رسیدن به مناطق همسایه، ظرافت بالایی دارند و هم در هوا و در خلأ پایدار می‌مانند. از سوی دیگر، می‌توان میزان تغییرات ساختار مولکولی تار را در همسایگی ناحیه‌ی کنده شده، به کمک آزمون طیف‌سنجی رامان بررسی کرد. در نتیجه‌ی این آزمون، تغییرات ناچیزی در جابه‌جایی قله‌ها و پهن‌شدگی آن‌ها به چشم می‌خورد و نشان می‌دهد فرآیند کندگی روی تارهای عنکبوت با لیزر زیر ۱۰ فمتوثانیه، غیر مخرب بوده است. در همین راستا باید خاطر نشان کرد، جابه‌جایی‌های قرمز دیده شده در برخی از قله‌های طیف رامان نیز احتمالاً مربوط به برآمدگی ایجاد شده در تارهای عنکبوت به‌خاطر دنباله‌ی گاوسی باریکه لیزر بوده است. نکته قابل توجه آن‌ست که از گستره‌ی چگالی انرژی که در تارهای عنکبوت برآمدگی ایجاد می‌کند (۱/۲۵ تا ۳ میلی‌ژول بر میکرومتر مربع)، می‌توان برای خم کردن تارها بهره گرفت. آزمایش‌ها نشان می‌دهند که با افزایش زمان تابش دهی تار عنکبوت در بازه‌ی ۵ تا ۶۰ ثانیه، می‌توان زاویه خمش تار را تا ۱۸۰ درجه تغییر داد (شکل ۵).

این تارهای خم شده، هم در هوا و هم در خلأ پایدارند، کشش‌پذیری آن‌ها کاملاً در گستره‌ی کشش‌پذیری تار در حالت عادی است و نرمی و یکنواختی سطح آن‌ها بدون وجود هیچ ترک میکروسکوپیکی، حفظ می‌شود. بررسی‌های



۵۶

از تجهیزات پزشکی تا نفوذ به عمق فضا

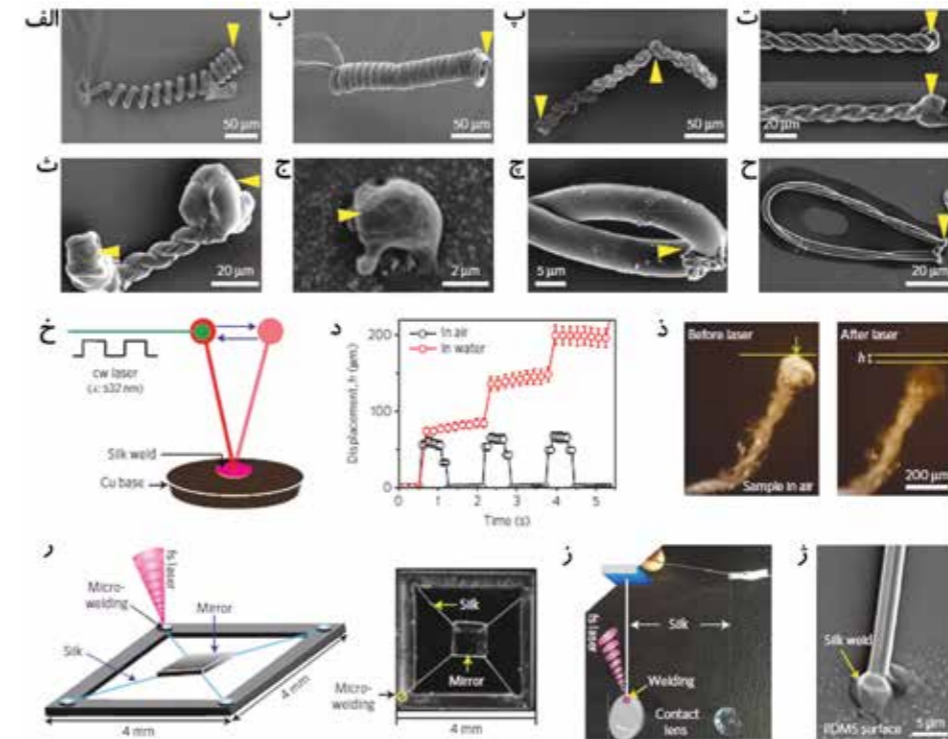
از علم تا ثبوت
LASERTECH

از تجهیزات پزشکی تا نفوذ به عمق فضا

۵۶

ستاره‌های درخشان برای پیشرفت جمهوری آفریقای جنوبی

۶۰



۳

شکل ۶: تنظیم و مشخصه‌یابی ساختارهای نامتجانس ابریشم از طریق میکرو جوش لیزری. الف تا ت) تصویر تار ابریشم جوش داده شده به ابریشم، کولار، مس و شیشه. ث) منحنی تنش-فشار برای اتصال‌های ابریشم-ابریشم، ابریشم-کولار، ابریشم-مس و ابریشم-شیشه در کنار ابریشم اصلی. دو تکرار مستقل برای هر مورد نشان داده شده و تنش با فرض ثابت بودن قطر تارها محاسبه شده است. ج) مقایسه استحکام، زبری و مدول یانگ برای ساختارهای نامتجانس ابریشم و ابریشم اصلی. چ و ح) طیف رامان و جابه‌جایی‌های مربوط به قله‌های برجسته آن در محل جوش لیزری.

داده شده و انتهای آزاد ستون به‌طور متناوب تحت تابش دهی با یک لیزر سبز قرار گرفته، آثار متناوبی ناشی از نیروی فشار تابشی (از گستره‌ی ۱۰۰ پیکونیوتن) را ثبت کرده است. برای افزایش حساسیت این پایه‌ی ابریشمی باید از طریقی مثل کاهش قطر تار، ثابت فنر آن را کاهش داد. از طرف دیگر، در راستای کاربردهای مختلف ساختارهای ابریشمی، یک آشکار ساز ترامپولینی به‌عنوان یک ابزار اپتومکانیکی به کمک یک سری فرآیند جوش لیزری ساخته و آزمایش شده است. همچنین اتصال تارهای عنکبوت به پلیمر پلی متیل متاکریلیت (PMMA) و پلی متیل سیلوکسان (PDMS) از طریق فرآیند جوش لیزری انجام شده که استحکام کافی برای پشتیبانی عدسی‌های تماسی خشک/تر را دارا بوده است. با توجه به ویژگی زیست‌سازگاری تارهای عنکبوت، می‌توان از این ساختارها به‌عنوان چسب پلیمر در محیط‌های مختلف بدون نیاز به مراحل شیمیایی اضافی یا پردازش‌های پیشرفته بهره گرفت.

بررسی‌های رامان نشان می‌دهند پروتئین‌های رشته‌ی اصلی و رشته‌های جانبی تا حد زیادی سالم باقی مانده‌اند. بنابراین تغییرات ایجاد شده می‌تواند مربوط به برقراری پیوند هیدروژنی و یا واندروالس میان رشته‌های پلی‌پپتاید و مواد زمینه باشد.

برای ایجاد میکروساختارهای تار عنکبوتی می‌توان از یک سوز چارچوب پردازش نوری بهره‌گیری کرد و از سوی دیگر با کنترل میزان چرخش و یا تنظیم نقاط اتصال، ساختارهای نوار مانند، ساختارهای چرخنده راستگرد و یا چپگرد با رشته‌های دوتایی یا چندتایی، پیچیده، میکرو لوله‌های ابریشمی، میکرو فنر و بقچه‌های گره‌دار ساخت (شکل ۷).

این ساختارهای ابریشمی می‌تواند مثلاً به‌عنوان آشکار سازهای فوق حساس نیرو برای آشکار سازی نیروی فشار تابشی مورد بهره‌برداری قرار گیرد. برای نمونه در این پژوهش، هنگامی که یک میکرو ستون ابریشمی روی پایه‌ای از مس جوش

500

اپتیماکس، در حال حاضر، با مدیریت مایک مندیسا، دارای ۳۰۰ کارمند و ۲۰۰ متخصص اپتیک است.

۱۹۹۵، اپتیماکس توانست مواد خام برای یک لنز دقیق را در چند ساعت پردازش کند. در سال ۱۹۹۸، مجموعه‌ای از لنزهای تصویربرداری را برای راه‌اندازی شاتل ناسا در مدت پنج روز ساخت. در ادامه فرآیندهای تولید محصولات اپتیک را برای کاربردهای فرابنفش عمیق (DUV)، لیزرهای پرتوان (HEL) و سیستم‌های چندرسانه‌ای را که از ناحیه‌ی مرئی تا نیمه‌ی فروسرخ گسترش می‌یابد، توسعه داد. در اواسط دهه‌ی ۱۹۹۰، با پیشرفت در تکنولوژی محاسبات، جدیدترین برنامه‌های نرم‌افزارهای اپتیک مانند CODEV، Beam و Zemax.OSLO Light و IV. Kidger طراحی شد. در همان زمان اینترنت باعث شد که صنعت اپتیک از یک صنعت خانگی با تولیدکنندگان منطقه‌ای کوچک به بازار ملی و جهانی تبدیل شود. تقاضای بالا برای تحویل سریع نمونه‌های اولیه اپتیک و نمودار پایداری تولیدات اپتیماکس باعث شده تا این شرکت تا اواخر دهه ۱۹۹۰، تعداد کارمندان را از ۲۰ نفر به ۱۰۰ نفر افزایش دهد. اپتیماکس شروع به ساخت ادوات اپتیک استوانه‌ای و کروی کرد. همچنین باید ایده‌های پردازش غیر متعارف مانند حرکت اسپروگرافی، اولتراسونیک و بلت‌لپینگ آن‌ها را مورد آزمایش قرار داد. در سال ۲۰۰۵ این شرکت توانست اختراع VIBE را برای حذف سریع مواد اپتیک و ناپیوستگی سطوح اپتیک با دقت بالا، ثبت کند. با فرایند VIBE، می‌توان اپتیک‌های غیر کروی را از مواد اپتیک سرامیک سخت در یک دهه زمان پردازش‌های معمولی تولید کرد.

توانایی‌ها و محصولات

اپتیماکس با بیش از ۱۰۰ متخصص اپتیک و ساختمانی در ابعاد ۶۰،۰۰۰ فوت مربع، یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان محصولات اپتیک در ایالات متحده است.

این شرکت غیر کره‌ها، بی‌بی از جنس شیشه، سیلیس، سرامیک و کریستال برای کاربردهایی در ناحیه مرئی، فروسرخ و فرابنفش با استفاده از تکنیک «سایش و

1 aspheres

شرکت «اپتیماکس» در ۲۱ آگوست ۱۹۹۱ توسط چهار متخصص اپتیک تاسیس شد. آن‌ها معتقد بودند ماشین‌کاری کنترل شده مواد شکننده (مثل شیشه) توسط کامپیوتر می‌تواند باعث تولید قطعات اپتیک با برتری زیاد شود. اپتیماکس یکی از اولین شرکت‌های اپتیک بود که از این تکنولوژی پیشرفته استفاده می‌کرد و یک زمینه برای همکاری، آزمایش، یادگیری و نوآوری ایجاد کرد. کوین بارتلت (Kevin Bartlett)، باب بشتولد (Bob Bechtold)، مایک بشتولد (Mike Bechtold) و داگ استوری (Doug Story) چهار موسس این شرکت بودند. چند ماه بعد، مایک مندیسا (Mike Mandina) به این تیم پیوست و تجربه کسب و کار و مدیریت خود را با آن‌ها به اشتراک گذاشت. چهار بنیانگذار اصلی در نهایت این شرکت را به دلایل مختلف ترک کردند، اما کوین بعداً به اپتیماکس بازگشت و در حال حاضر به عنوان یک اپراتور و یک کارشناس ارشد در این شرکت کار می‌کند. شرکت اپتیماکس یک تولیدکننده قطعات دقیق اپتیک است که با تجهیزات قدیمی برای ساخت سطوح تخت و کروی اپتیک در یک انبار در روچستر نیویورک آغاز به کار کرده است. در سال ۱۹۹۸ کارخانه‌ای برای ایجاد تنوع فعالیت‌ها، سرعت بخشی به ساخت و گسترش افراد گروه ایجاد کردند. به گفته‌ی مسئولین این شرکت در طی ۲۷ سال فعالیت، با شناخت فرصت‌های نوظهور بازار، توسعه‌ی تکنولوژی نوآورانه، ایجاد یک فرهنگ کارآمد، آموزش و یادگیری مداوم، بهبود بخشیدن به درآمد و به اشتراک گذاشتن سود با نیروی کار، رشد بسیار زیاد و موثری داشته است.

روند پیشرفت

اعضای این شرکت از همان ابتدا دریافتند که نیاز به سرعت بالای ارائه خدمات، به مشتریان اپتیک خود دارند. در سال ۱۹۹۳، تحویل یک نمونه‌ی لنز دقیق آن‌ها ۱۰ هفته به طول انجامید، به همین دلیل اقدام به خرید دستگاه OPTICAM کردند. با آن دستگاه، فرایند تولید لنز بسیار سریع‌تر انجام گرفت. در تابستان



گزارش شرکت Optimax آمریکا

از تجهیزات پزشکی تا نفوذ به عمق فضا

زهرا متولیان

z.motevalian@yahoo.com



مشخصات دستگاه اندازه‌سنجی

Attribute	Optimax Metrology	Typical Measurement Knowledge
Diameter	Micrometer	±0.002 mm to ±0.005 mm (Diameter Dependent)
Sag	Drop Gauge	±0.002 mm
Radius	Interferometer	±0.005%
Irregularity	Interferometer	±0.05 fr
Form Error	Profilometer	±0.02 μm

جلا» برای سطوح با پراکندگی کم، تولید می‌کند. این نوع ساخت باعث کاهش اندازه و وزن کلی سیستم می‌شود.

محصول دیگر اپتیماکس، کره‌ها هستند. کره‌ها از ابزارهای اپتیکی مهم و کاربردی می‌باشند. هر عدسی کروی با شعاع انحنای ویژه ساخته می‌شود. شعاع این عدسی می‌تواند به اندازه ۱ میلی‌متر یا بی‌نهایت باشد. کره‌ها در لنزهای دوربین، سیستم‌های بینایی ماشین، پرتوهای لیزری یافت می‌شوند.

محصول دیگری که می‌توان ذکر کرد، عدسی استوانه‌ای است. استوانه حاوی یک سطح اپتیکی است که دارای شعاع در یک جهت است و در جهت متعامد مسطح است. یک لنز استوانه‌ای یک سطح استوانه‌ای یا بیشتر دارد. این وسیله در ابزارهای پزشکی، هنرهای گرافیکی، پرینترهای لیزری و تجهیزات پردازش نیمه‌هادی کاربرد دارد.

از دیگر خدمات اپتیماکس می‌توان به پوشش‌دهی اپتیکی (Optical Coating) اشاره کرد. تجهیزات اتاق تمیز این شرکت با تکنولوژی جدید، پوشش‌های ضد انعکاسی، شکاف‌دهنده پرتوها، آینه‌های فلزی، خطوط لیزری و آینه‌ها و فیلترهای دی‌الکترونیک با پهنای باند را تولید می‌کنند. پوشش‌ها در برخی از برنامه‌های کاربردی فضایی، دفاعی، لیزر پرتوان (HPL)، پزشکی و نیمه‌هادی استفاده شده است.

- 2 grind and shine
- 3 spheres

اندازه‌سنجی نیز از جمله دستاوردهای اپتیماکس است. این شرکت دارای بیش از ۱۰۰ متخصص اپتیکی بسیار آموزش دیده است که اندازه‌گیری و اعطای تاییدیه‌ی سیستم‌های اپتیکی را به‌عهده دارند. با وجود استانداردهای ویژه‌ی کنترل کیفیت، اپتیماکس یک سیستم موفق برای ثبت اطلاعات بازرسی را فراهم کرده است تا اطمینان حاصل شود که انتظارات مشتری برآورده شده است. به‌عنوان مثال برای یک عدسی مواردی مانند ویژگی‌های مکانیکی، ویژگی‌های شعاع، کانون، زبری سطح بررسی می‌شود.

گنبد اپتیکی یا Optical Domes از دیگر محصولات اپتیکی منحصر به فرد این شرکت هستند. یک گنبد از دو سطح اپتیکی موازی تشکیل شده است. خصلت ویژه‌ی این محصول این است که برخلاف بسیاری از اجزای اپتیکی، هیچ اثر اپتیکی ندارد. آینه‌های منعکس‌کننده‌ی نور، عدسی خمش نور و گنبدهای به‌طور ایده‌آل هیچ چیز را تغییر نمی‌دهند. به‌طور معمول عنصر سرب در یک سیستم گنبد اپتیکی در معرض محیط از بین می‌رود. بر این اساس، گنبدهای ساخته شده از مواد سرامیکی سخت‌تر به دلیل تواناییشان برای مقاومت در برابر فرسایش باد و باران ترجیح داده می‌شوند. گنبدها عمدتاً در برنامه‌های کاربردی دفاعی و وسایل نقلیه شناور برای اکتشاف در عمق اقیانوس یافت می‌شوند.

قطعات شکل آزاد^۴، اشکال اپتیکی یا سطوح اپتیکی است که بدون تقارن یا با تقارن کم طراحی شده‌اند. تولید شکل‌های اپتیکی آزاد یا سطوح اپتیکی بدون تقارن، توسط طراحان عدسی و سیستم‌های اپتیکی در حال افزایش هستند. در حال حاضر، فرآیندهای ساخت اپتیکی وجود دارد که شامل تولید، پردازش VIBE با سرعت بالا، اصلاح شکل زیردیفراگم، صاف کردن سطح و آزمایش سطوح آزاد است. اپتیماکس، قطعات با شکل آزاد را از جنس شیشه، سیلیس، سرامیک و کریستال برای کاربردهایی در ناحیه‌ی مرئی، فروسرخ و فرابنفش با استفاده از

4 Freeform

تکنیک‌های اختصاصی برای سطوح با پراکندگی کم تولید می‌کند.

نوآوری

محرمانه بودن بعضی از پروژه‌های مانع از به‌اشتراک‌گذاری بیشتر موفقیت‌هایی است که برای این شرکت پیش آمده است. اما به‌اختصار به توضیح بعضی از موارد می‌پردازیم.

تجهیزات پزشکی: اپتیماکس اپتیک OEM را برای یک لیزر فمتوثانیه در پلتفرم جراحی نوآورانه سه‌بعدی فراهم کرده است.

نیمه‌هادی‌ها: اپتیماکس به‌عنوان یک تامین‌کننده‌ی برنامه، به SMEE خدماتی ارائه می‌کند.

هم‌چنین در زمینه‌های دفاعی و نظامی، سلول خورشیدی و تکنولوژی‌های دیجیتالی نیز فعالیت‌هایی دارد.

اپتیماکس در فضا

سفر غیرمنتظره به یک سیاره (پلوتو)

ماموریت جدید هوریزون به ما کمک می‌کند که



جهان را در لبه‌ی سیستم خورشیدی با کشف اولین سیاره‌ی کوتوله پلوتو و درک عمیق‌تری نسبت به کمربند کوپیر، که مرجعی از شکل‌گیری خورشید است، بشناسیم. افق‌های جدید این طرح در تاریخ ۱۹ ژانویه ۲۰۰۶ راه‌اندازی شد. این طرح در ماه فوریه ۲۰۰۷ برای افزایش فعالیت‌ها و مطالعات علمی از مشتری گذر کرد و برای یک بررسی پنج‌ماهه، در تابستان ۲۰۱۵ به پلوتو و قمرهایش پرواز کرد.

عدسی‌های اپتیماکس بر روی دوربین LORRI (Long Range Reconnaissance Imager) بودند که داده‌ها را در فاصله‌های طولانی به‌دست می‌آورند و نقشه دور پلوتو را به‌نمایش گذاشتند و اطلاعات زمین‌شناسی را با وضوح بالا ارائه دادند.

مریخ نورد

این شرکت برای پروژه‌های ناسا نیز عدسی‌های تصویربرداری با کیفیت بالا عرضه کرد که روی کاوش‌گر Mars Rovers نصب شد. این عدسی‌ها برای حس‌گری موقعیت، نقشه‌های زمین‌شناسی و تحلیل نوری طراحی شده بود.



آزمایشگاه علوم مریخ بخشی از برنامه اکتشاف مریخ ناسا است که تلاش طولانی مدتی برای کاوش رادیویی از سیاره‌ی قرمز را داشته است. این پروژه در ۲۶ نوامبر ۲۰۱۱، ساعت ۷:۰۲ بعدازظهر به وقت محلی آغاز شد. آزمایشگاه علوم مریخ ارزیابی خواهد کرد که آیا مریخ تاکنون، قادر به حمایت از حیات میکروبی بوده است. به عبارت دیگر، مأموریت آن تعیین «سکنی‌پذیری» این سیاره است. اپتیماکس برای مریخ‌نورد تجهیزات ساخت و ارائه کرد تا اولین تصاویر از مریخ را بگیرد.



Improving the QUALITY OF LIFE of South Africans

73

انجمن تحقیقات علمی و صنعتی در
کشور جمهوری آفریقای جنوبی
قدمتی ۷۳ ساله دارد.

یکی از چالش‌های کشور ما، فاصله میان دانشگاه و صنعت است. در واقع متأسفانه تحقیقات علمی در کشور ما به خروجی قابل لمس و کارآمد در صنایع مختلف منتهی نمی‌شود. برای رفع این مشکل، پیگیری رویکرد دیگر کشورها و روند تغییر وضعیت آن‌ها می‌تواند به کسب تجربه‌های موثری در این زمینه بیانجامد. انجمن تحقیقات علمی صنعتی^۱ در کشور جمهوری آفریقای

1 Council for scientific industrial research



مهندسان CSIR یک دستگاه قابل حمل ترمیم بالیزر طراحی کرده و ساخته‌اند. این دستگاه می‌تواند اجزای بارزش را در محل تعمیر کند و آسیب‌های متالورژیکی را در ناحیه‌ی تحت تأثیر گرما، کاهش دهد. زمان بازگشت دستگاه به فعالیت را بسیار کاهش دهد.

انجمن تحقیقات علمی صنعتی CSIR

ستاره‌ای در خشان برای پیشرفت آفریقای جنوبی

مبتزافاهی‌زاده

mrefahizadeh@yahoo.com

جنوبی که با عنوان CSIR شناخته می‌شود، یک سازمان توسعه یافته تحقیقاتی با تراز جهانی است که کار خود را در سال ۱۹۴۵ آغاز کرده است. این انجمن مسئولیت تحقیقات میان رشته‌ای و اختراعات صنعتی که به افزایش سطح کیفی زندگی در آفریقای جنوبی بیانجامد، را به عهده دارد و متصدی اجرایی آن وزیر علوم و تکنولوژی است. این سازمان در جلب حمایت دولت از پژوهش‌هایی که با توجه به توانایی‌های علمی، مهندسی و تکنولوژیکی و تعهدات سازمانی، در راستای اولویت‌های این کشور است، نقش کلیدی دارد.

SCIR متخصصان فراوانی را برای دست‌یابی به راه‌حل‌ها و اختراعات بین رشته‌ای در زمینه‌های تحقیقاتی متعدد تربیت کرده تا بتواند از گسترده‌ی وسیعی از برنامه توسعه ملی آفریقا پشتیبانی کند. همچنین برای اثرگذاری کامل در زمینه‌های مختلف صنعتی، همکاری خود با افراد و سازمان‌های مختلف محلی و خارجی را افزایش

داده است. محل اصلی استقرار آن در پورتوریا و دفاتر محلی آن در شهرهای دورین، ژوهانزبرگ و استیلنبوش در محدوده کاربردی برای صنعت در این کشور است.

این انجمن اختراعات فراوانی در زمینه‌های مختلف پژوهشی دارد که توانایی آن‌ها در تبدیل یک پژوهش به یک خروجی علمی قابل لمس مثل انتشارات، مظاهر فناوری و دستاوردهای فکری را نشان می‌دهد. این سازمان در همکاری با گروه‌های مختلف، بخشی از برنامه تحقیقات و توسعه را انتخاب و به آن‌ها تزیق می‌کند تا فرصت‌هایی برای حمایت از صنایع جدید ایجاد شود و بازدهی و رقابت را میان صنایع موجود افزایش دهد.

پایداری اقتصادی و هم‌صدایی دولت، برای موفقیت این سازمان در درازمدت امری حتمی است و چالش این سازمان در مداخلات علمی، مهندسی و فناوری مربوط به اقتصاد ناپایدار و ایجاد فرصت‌های اشتغال است. از اهداف اصلی این سازمان می‌توان به ایجاد ساختاری که بتواند خدمات با کیفیت مطلوب به همه جای آفریقای جنوبی ارائه دهد و سهمین شدن در توسعه زیرساخت‌های اقتصادی و اجتماعی مانند حمل‌ونقل، انرژی، منابع آبی و شبکه‌های CT، گذار به اقتصاد کم-کربن برای توسعه توانایی‌ها و درک تغییرات آب‌وهوایی با همکاری میان دولت بارابرد رویکردهای کاهشی؛ تغییرات زیست‌گاه بشر و توسعه ارتباط سالم و امن اشاره کرد. وجود زیرساخت‌های با تراز جهانی، پژوهشگران متخصص و تحقیقات پیشرو، این سازمان را در لبه‌های علم و فناوری قرار داده و بهبود کیفیت زندگی در این کشور را امکان‌پذیر ساخته است.

این انجمن برای برطرف کردن کمبود محصولات فوتونیک تجاری در این کشور، مرکز نمونه‌سازی فوتونیک جدیدی با پشتیبانی فنی و مهارت‌های وابسته در تراز جهانی فراهم نموده است. CSIR

میزبان این تجهیزات است که با پشتیبانی بخش علوم و فناوری برای صنعتی و تجاری کردن فناوری‌های فوتونیک راه‌اندازی شده است. این کار با همکاری قطب اختراعات^۲ برای گسترش ایده‌ها و مشخص کردن نیازها در بازار این کشور آغاز شده است. هدف این مرکز، پر کردن شکاف اختراعات در صنعت فوتونیک است. این کار با فراهم کردن مهارت‌های مورد نیاز و پشتیبانی از تجاری‌سازی فناوری‌های فوتونیک انجام می‌شود که به پیشرفت تخصص‌ها در زمینه‌ی محصولات فوتونیک و ساخت نمونه‌های اولیه کمک می‌کند. با شکل‌گیری سرمایه‌گذاری‌های کوچک، متوسط و میکروبی و شغل‌های پایدار در این زمینه، رشد صورت گرفته به صنعت فوتونیک منتقل می‌شود.

این مرکز تجهیزات تراز اولی از ۱۰۰۰ اتاق تمیز مجهز اپتیکی و فنی شامل تجهیزات الکترونیکی، مکانیکی و تشخیصی برای طول‌موج‌های مختلف دارد. این مرکز امکاناتی برای مهارت‌های وابسته مثل دانش و تجربه اپتیک و فوتونیک و نیز امکانات طراحی و ساخت نمونه‌های اولیه و آزمودن آن‌ها دارد. همچنین این موسسه دستیابی به شبکه صنعت، تجارت و اعتبار مالی را شتاب می‌دهد تا بتواند در توسعه محصول و تجارت سهمین شود. بر این اساس این مرکز هم‌میزبان دانشمندان، محققان و مهندسان از انجمن‌های علمی، مراکز آموزشی برتر و صنایع است و هم شرکت‌های پیشرو و سرمایه‌گذاران را برای مشارکت در توسعه ساخت نمونه‌های فوتونیک اولیه دعوت می‌کند. موسسه مذکور قصد دارد کاتالیزور محصولات فوتونیک باشد و یک شتاب‌دهنده فناوری فوتونیک واقعی را ایجاد کرده است.

در ادامه مثال‌هایی از نتایج فعالیت‌های این سازمان در زمینه لیزر و فوتونیک که در سال ۲۰۱۸ منتشر شده، آمده است.

2 Innovation Hub



محقق CSIR برنده جایزه ستاره‌ی
در خشان آفریقا شد

به تازگی جایزه‌ی ستاره در خشان آفریقا در هتلی در شهر ژوهانزبرگ به جورج موری پژوهشگر برجسته و مدیر آزمایشگاه مواد پیشرفته در CSIR اعطا شده است. این جایزه به جوانان مشتاق و الهام بخش که نقش کلیدی در زمینه پیشرفت آفریقا و شکل‌گیری آینده آن داشته‌اند، تعلق می‌گیرد. جهت‌گیری بیشتر این افراد به سمت و سوی تجارت بوده نه شغل‌های خاص و شامل حیطه شغل‌های متفاوت بوده است.

آقای موری با کارها و کیفیت رهبریش شناخته می‌شود. او تیمی را هدایت کرده است که موفق شده‌اند روش آزمون جدیدی برای صنعت کشف کنند و تخصص ویژه‌ای را در محصولات فیبری و صنعت بهبود بخشند. این گروه در تحقیقات بحث‌برانگیز شکست‌های جاده‌ای وابسته به قیر شرکت داشته‌اند و افزودنی‌هایی را کشف کرده‌اند که عملکرد قیر را بهبود می‌بخشد و در نتیجه سطوح جاده‌ای را صاف‌تر و پایدارتر نگه می‌دارد. این نتایج در پی تلاش گروهی و کار تیمی به مدت ۹ سال به دست آمده است.



پژوهشگران CSIR روش جدیدی برای افزایش درخشایی لیزرهای حالت جامد یافته‌اند.



آقای موری عضو تیم مهندسی زیرساخت‌های حمل و نقل در CSIR نیز هست و در سال‌های اخیر بر روش‌های عملکرد بهتر مواد قیری در این کشور فعالیت کرده است. قدرت اراده و علاقه آقای موری به کاری که انجام می‌دهد و برپا کردن یک تیم بسیار قوی از ویژگی‌های مخصوص او و مثال‌زدنی است. او در طول زندگی حرفه‌ایش سه راهبرد اصلی را دنبال کرده است. افزایش توانمندی‌ها، افزایش آگاهی و در ارتباط بودن با مدیران صنعتی برای باقی ماندن در لبه‌های فناوری به‌روز و با این ایده‌ها الهام‌بخش همه همکارانش بوده است. آقای موری علاوه بر جایزه ستاره درخشان آفریقا، جایزه دی‌جی رابرت رادر سال ۲۰۱۶ برای همکاری در پیشرفت راهکارهای خلاقانه برای آزمودن قیر، مشخصه‌یابی آن و برطرف کردن چالش‌های فنی محصولات صنعتی دریافت کرده است. برای برگزیده شدن در رقابت ستاره درخشان آفریقا، نامزدها باید در سه مرحله از توانایی‌های هدایت تیمی خود، دستاوردهای تیمی و عملکرد گروهشان در ۹ سال گذشته دفاع کنند.

جوش لیزری در خدمت صنعت:

بوده و در زمینه یافتن راه‌حل‌های خلاقانه برای صنعت فعالیت‌های بسزایی انجام داده است. این شرکت علاقه‌مند است در همکاری با CSIR، از فناوری جوش لیزری می‌توان با تغییر ویژگی‌های سطحی، در جهت بهبود کارکرد اجزای یک دستگاه استفاده کرد. کم بودن گرمای منتقل شده به سطح و رقیق شدن اندک در پردازش‌های لیزری، ترمیم اجزای کوچک و رسوب لایه‌های ظریف ماده به عنوان پوشش جوش، که فراتر از ایده‌آل‌های دستگاه جوش سنتی بود، را ممکن می‌سازد.

جالب است بدانید در اولین گام از ارائه خدمات لیزری به صنعت، فناوری جوش ترمیم‌گر برای تعمیر یک مولد سیسول^۴ به کار رفته است. در این مورد یک حلقه‌ی پیچ‌نگهدار سیسول که معمولاً پیچ‌مولد میدان و پنجره‌هایش را نگه می‌دارد، نمی‌توانست در جای خود باقی بماند و از طرف دیگر،

4 Sasol



به خاطر طراحی بخش چرخنده، جوش معمولی عملی نبود. بنابراین برای تعمیر قطعه، پودر فلزی به کمک یک لایه‌نشانی فلزی رباتیک به سطح پاشیده شده و به کمک بازوی لیزر فیبر، جوش لیزری انجام شده است. فرآیند پودرپاشی و جوش لیزری تا جایی ادامه می‌یابد که سطح آسیب دیده به حالت عادی برگردد. بنابراین در ترمیم از راه فرآیند رسوب فلزی با لیزر با صرف زمان کوتاهی، دستگاه به فعالیت باز می‌گردد که برتری بزرگی برای فعالیت‌های صنعتی به‌شمار می‌رود.

این گروه در صدد هستند که با همکاری بیشتر با CSIR علاوه بر جوش لیزری با ارائه راه‌حل‌های خلاقانه به بازار راکد بدون لیزر در صنعت معدن، کشتی‌سازی، حمل‌ونقل و صنعت پتروشیمی، جان دوباره‌ای ببخشند.

دستگاه لیدار قابل حمل برای پایش کیفیت هوا:

اخیراً در CSIR یک دستگاه آشکارسازی نوری (لیدار)^۵ قابل حمل برای پایش کیفیت هوا، طراحی و ساخته شده و در دانشگاه زولولاند^۶ آزمایش شده است.

این رادار لیزری اتمسفری، ابزار هنرمندان‌های است که در آن از فناوری‌های با بیشترین توان، برای آشکارسازی پویا و از راه دور اتمسفر زمین بهره گرفته شده است. در این ابزار از پالس‌های لیزری برای تشخیص اجزاء هوا مثل ذرات معلق، بخار آب، بلورهای یخ و ابر و حتی مقدار کم گازها استفاده می‌شود. از این دستگاه می‌توان برای فراهم کردن پروفایل ذرات معلق از سطح زمین تا بالای تروپوسفر در ناحیه‌ی مورد استفاده، بهره گرفت. محصول این پروژه که با همکاری اساتید دانشگاه زولولاند و کوآزولا-ناتال^۷ رهبری شده است، را می‌توان برای پیش‌بینی هوا، مدل‌سازی آب و هوا و پایش محیط به کار گرفت.

5 Light detection and ranging
6 Zululand
7 KwaZulu-Natal

نمونه ساخته شده در CSIR، برای پایش کیفیت هوای شهر ملاتوز^۸ مورد استفاده قرار گرفته است و سفارش‌های دیگری برای ساخت در سال ۲۰۱۶ به این مرکز رسیده است.

روش غیر معمول برای افزایش درخشایی لیزرهای حالت جامد:

در نتیجه همکاری میان دانشگاه ویتواتر زوند^۹ و مرکز CSIR، روش غیر معمولی برای افزایش درخشایی^{۱۰} لیزرهای حالت جامد گزارش شده است. این روش در نتیجه یک پروژه دکترا مطرح شده و توسط اساتید دانشگاه توسعه تجربی و به کمک محققین CSIR، توسعه نظری آن انجام شده است. نکته قابل توجه این تحقیق آنست که بر اساس استانداردهای معمولی، نمی‌توان به‌طور همزمان کیفیت و انرژی مود یک لیزر حالت جامد را بیشینه کرد؛ بنابراین در حالت عادی نمی‌توان درخشایی را بهینه نمود. اما این گروه نشان داده‌اند که اگر روش شکل‌دهی باریکه لیزری در درون کاواک انجام شود، می‌توان درخشایی را بهینه کرد.

برای انتقال انرژی در مسافت‌های طولانی لازم است انرژی لیزر افزایش یابد و از طرفی باید همزمان کیفیت مود لیزر حفظ شود تا خروجی ایده‌آل ایجاد گردد. اما از آنجا که مود لیزر در همه‌جای کاواک‌های لیزر حالت جامد یکی است، انجام این کار ساده نیست. در واقع، دست‌یابی به توان بیشینه با کاهش کیفیت مود لیزر همراه است و به دنبال آن، درخشایی لیزر که یکی از ویژگی‌های مهم باریکه لیزری است، کاهش می‌یابد.

مرکز CSIR در همکاری با یکی از دانشگاه‌های این کشور روش غیر معمول بهره‌گیری از دو جزء اپتیکی درونی در یک لیزر را معرفی کرده است که در آن از روش انتقال کیفیت خوب یک مود لیزری به مود

8 uMhlathuze
9 Witwatersrand
10 Brithness

فرش قرمز برای مشارکت بیشتر زنان آفریقای جنوبی در علم:

دانشکده علوم و فناوری آفریقای جنوبی برای زنان پیشرو در علم، صنعت و اختراعات شهر یورامسال فرش قرمز پهن کرد. این مراسم به مناسبت صد سالگی خانم آلبرتینا سیسولو برگزار شد. او زنی بود که در حرکت آفریقای جنوبی به سمت جلو، نقش بسیار مهمی داشت و به عنوان یک رهبر منحصر بفرد در دوران آپارتاید شناخته می‌شود. در سال ۱۹۵۶ او نزدیک ۲۰۰۰ نفر از زنان آفریقای جنوبی را برای رژه رفتن در مقابل ساختمان دولت در پورتوریا برای مخالفت با قانون حمل‌گذرنامه توسط زنان سیاهپوست رهبری کرد. اکنون مردم آفریقا قدر دان فداکاری‌های ماما سیسولو برای حرکت آفریقا به سوی یک جامعه دموکراتیک هستند. به همین مناسبت امسال با اجازه از خانواده ماما سیسولو، جایزه DST در این کشور به جایزه DST-Albertina Sisulu تغییر نام داد. از امسال مبلغ جوایز شخصی برای هر جایزه ۱۵۰۰۰ رند (Rand) افزایش یافته است. آفریقا کمک‌هزینه‌های تحصیلی تاتا (Tata) را نیز با افزایش ۱۵۰۰۰ رندی از ۶۰۰۰۰ رند به ۷۵۰۰۰ رند ارتقا داده است. ماما سیسولو یک پرستار بود و فارغ‌التحصیلان را تشویق می‌کرد که از دانش خود برای بهبود زندگی انسان‌ها بهره‌گیرند. بنابراین یک کرسی به نام ماما سیسولو هم در پرستاری در نظر گرفته شده است که بر عملکرد پرستاران نظارت دارد. جایزه امسال زنان به پروفیسور سوزان لانی لویسر در گروه نجوم تعلق گرفته است. او پروفیسور مرکز تحقیقات فضایی و دارای کرسی فیزیک در دانشگاه شمال غرب است. مسئولان این کشور عقیده دارند که باید برای افزایش تعداد زنان سیاهپوست در سطوح بالای علمی باید مشوق‌های مناسب در جامعه ایجاد کنند.

لیزرهای ورقه‌ای یا Slab Lasers:

لیزرهای ورقه‌ای به دسته‌ای از لیزرهای حالت جامد پرتوان گفته می‌شود که محیط بهره (کریستال لیزری) شکل ورقه‌ای دارد. به طور کلی یک لیزر ورقه‌ای در یک بعد بسیار کوچک‌تر از دو بعد دیگر است. گاهی به لیزرهای دیگر با نسبت مشخصه کوچک برای محیط بهره نیز لیزرهای ورقه‌ای گفته می‌شود چرا که محیط بهره در آن‌ها نیز به جای دایروی بودن، مستطیلی است. ابعاد بزرگ کریستال در لیزرهای ورقه‌ای حالت جامد برای افزایش توان لیزر است. با این حال لیزرهای گاز کربنیک با هندسه‌ی ورقه‌ای نیز وجود دارد که در آن مخلوط دی‌اکسید کربن محیط بهره گسترده‌ای را میان دو الکترود فلزی شکل می‌دهد. معمولاً برای این لیزرها از تشدیدگرهای دور که استفاده می‌شود. این تشدیدگرها در یک جهت (افقی) ناپایدار و در جهت دیگر (عمودی) یک موجبر است.



تشخیص HIV با لیزر فمتوثانیه:

اخیراً جوان‌ترین پژوهشگر CSIR، نتایج پژوهش تیم بیوفوتونیک در زمینه تشخیص لیزری HIV را در بزرگترین کنفرانس فوتونیک در کالیفرنیا سانفرانسیسکو ارائه کرده است. در این پژوهش‌ها برای ایجاد تمایز در سلول‌ها از لیزر فمتوثانیه برای تزریق DNA به سلول‌ها بهره گرفته شده است و از آن برای انتقال فوتونی و تشخیص سلول‌های ساقه جنینی موش استفاده کرده‌اند.

این گروه پژوهشی در تحقیق دیگری از لیزر برای تشخیص بدون برچسب سلول‌های گرفتار HIV-1 بهره گرفته‌اند. این روش تشخیص بدون استفاده از نشانگرهای شیمیایی و از طریق ترکیب فناوری انبرک‌های نوری با طیف‌سنجی فوتولومینسانس انجام پذیر گشته و یک روش نوآورانه، منحصر به فرد و بسیار خاص است.

دیگری که برای انرژی بیشینه بهینه شده است، استفاده می‌شود. این بهره‌گیری می‌تواند به طور معکوس نیز بهره‌گیری شود. در نتیجه این روش، مود درونی لیزر هم انرژی بالای خود را حفظ می‌کند و هم کیفیت خوب مود سیگنال دیگر را به دست می‌آورد. در این تحقیق افزایش ۳۵۰ درصدی درخشایی برای یک لیزر خارج از سبد فروش به دست آمده است که می‌تواند به تجاری کردن این لیزر کمک شایانی داشته باشد.

این ایده در ابتدا در خارج از لیزر روی یک مدولاتور خاص اپتیکی آزمایش شده و نهایتاً طراحی‌ها برای ساخت اجزای اپتیکی برای کاربرد در درون لیزر به کار رفته است. چالش پیش روی این تحقیقات وجود چهار درجه آزادی در هر یک از این اجزای اپتیکی بوده که ساخت و دست‌کاری این دستگاه را مشکل کرده است. از این روش می‌توان برای بهینه کردن درخشایی لیزرها خصوصاً برای لیزرهای ورقه‌ای^{۱۱} استفاده کرد.

11 Slab lasers

۷۲ کیمیاگری یا شعبده‌بازی

لیزرنیوز

LASERNEWS

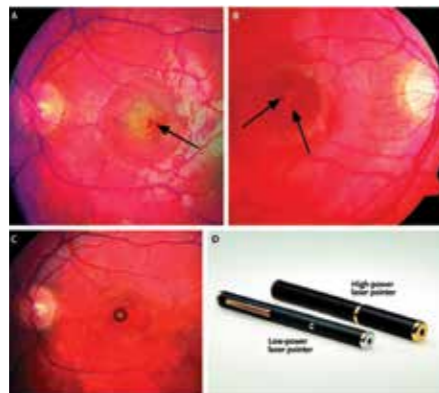
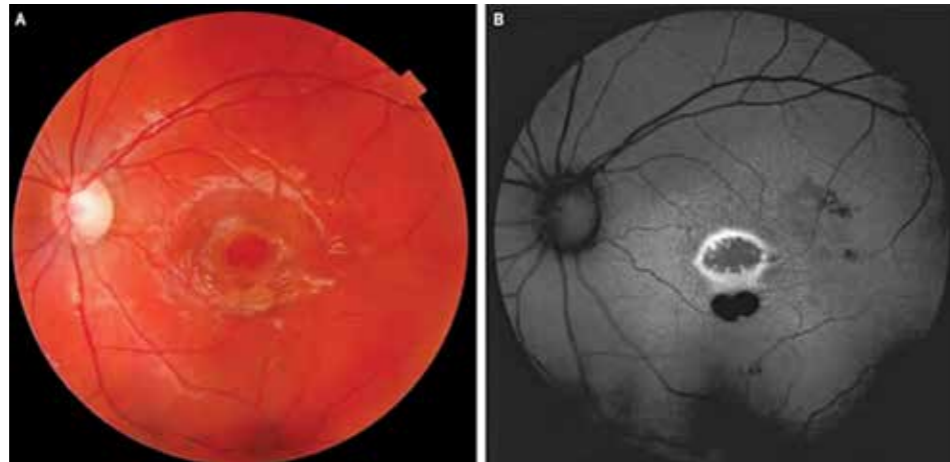
۶۶ به پرتوی اشاره گر لیزری خیره نشوید

۶۸ جایزه‌ی نوبل فیزیک ۲۰۱۸ برای ایجاد کشیدگی، خمیدگی و انفجار مولکول‌ها با لیزر

۷۲ کیمیاگری یا شعبده‌بازی

اداره‌ی ایمنی تابش سوییوس در سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۵ به‌طور سراسری از آسیب‌های چشمی ناشی از اشاره‌گرهای لیزری از کشورهای مختلف جهان تحقیقاتی منتشر کرده است. طبق این تحقیقات آمار مصدومان از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۵، ۴۷،۲۰۱ نفر بوده که نسبت به دوره‌ی ۱۹۹۹ تا ۲۰۱۲ که تعداد آسیب‌دیدگان ۳۴ نفر بوده افزایش قابل توجهی داشته است. طبق نتایج این گزارش:

- لیزرهای قرمز با قدرت خروجی ≥ 5 میلی‌وات می‌توانند به‌طور موقت و نسبی دید مرکزی را بکاهند.
- لیزرهای سبز با قدرت خروجی ≥ 5 میلی‌وات می‌توانند لایه‌ی مخاطی رنگدانه‌دار شبکیه را مختل کرده و با ایجاد آسیب‌های عروقی در بلند مدت باعث کاهش دید جدی شود.
- لیزر سبز با قدرت خروجی ≥ 7 میلی‌وات می‌تواند سبب آسیب قابل توجه به بافت پوششی رنگدانه‌دار شبکیه شود.
- لیزر سبز با قدرت خروجی بیش از ۲۰ میلی‌وات، اگر بیش از یک ثانیه مشاهده شود، می‌تواند باعث افزایش ضایعه‌ی ادم شبکیه و خونریزی شود.
- اشعه‌ی مادون قرمز یک لیزر با طول موج ۸۲۵-۸۸۰ نانومتر و انرژی خروجی $< 5mW$ می‌تواند ادم شبکیه و پارگی نقطه‌ی کانونی شبکیه ایجاد کند.



منجر به آسیب چشم او شده، نامشخص است. نتیجه آزمایشات نشان داد دید چشم راست این پسر بچه نونمال (۲۰/۲۰) است اما توانایی دید چشم چپ او ۲۰/۱۰۰ می‌باشد.

بنابر نظر انجمن اوپتومتری آمریکا^۱ اگر کسی دارای قدرت بینایی ۲۰/۱۰۰ باشد باید جدول حروف در فاصله‌ی بیست فوتی از او قرار بگیرد تا بتواند حروف آن را بخواند در حالی که شخصی با دید نونمال همان جدول حروف را از فاصله‌ی صد فوتی می‌تواند بخواند.

بر طبق گزارشات صدمه‌ای که به چشم این پسر بچه وارد شده جدی‌تر از آن بود که از طریق عمل جراحی برطرف شود و پس از گذشت یک سال و نیم از تشخیص این آسیب، دید او تقریباً در همان حالت باقی مانده است.

5 American Optometric Association

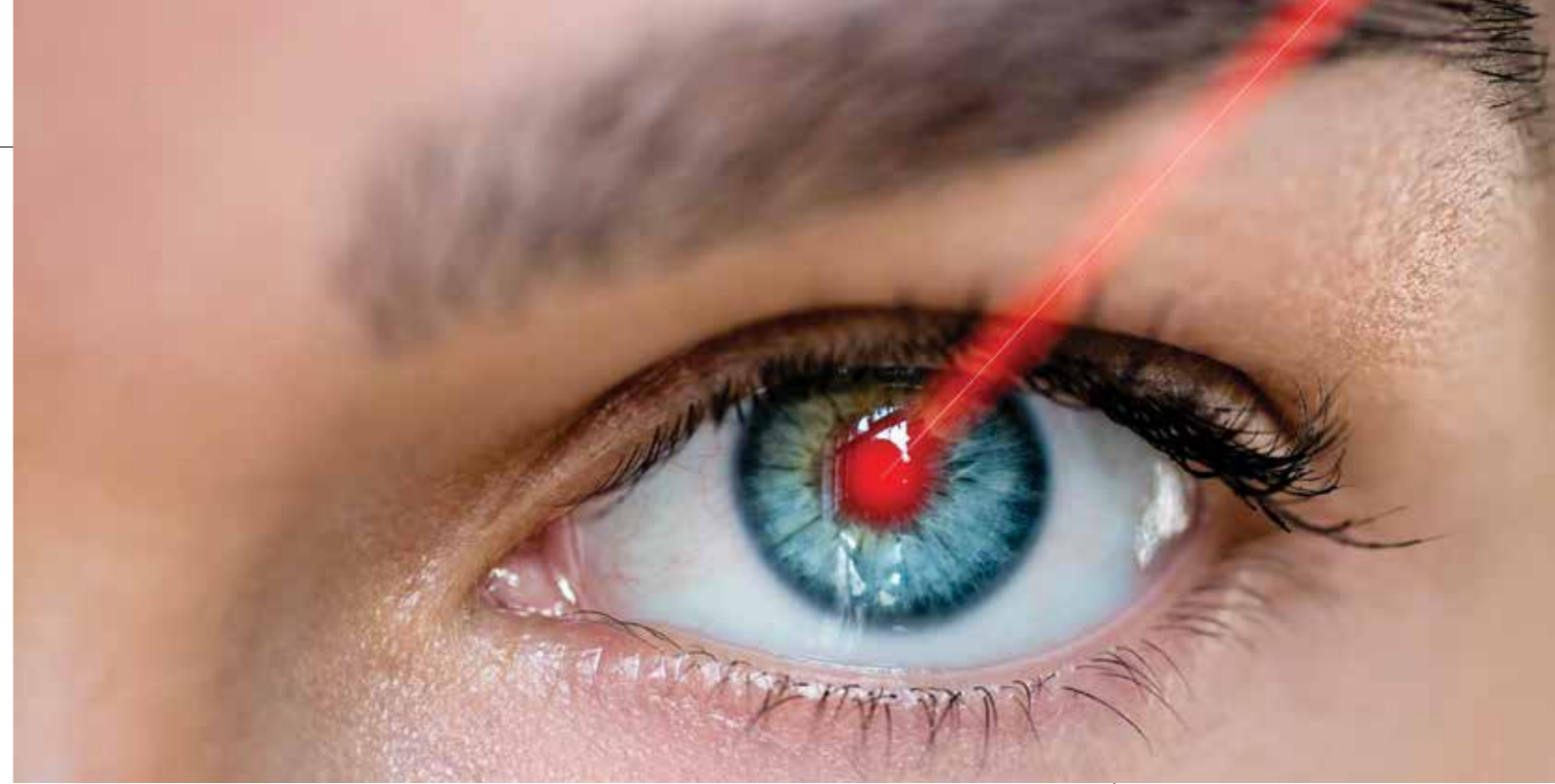
آمده است. ماکولا بخشی از شبکیه چشم است که دید مرکزی را پوشش می‌دهد، یعنی انسان را قادر می‌سازد که آن چه درست در مقابل اوست را ببیند. پسر بچه‌ی مصدوم اعتراف کرد که با یک اشاره‌گر لیزری سبزرنگ بازی می‌کرده و مکرراً به پرتوهای آن خیره می‌شده است.

مسئولین و مقامات بهداشت سال‌هاست که خطرات احتمالی اشاره‌گرهای لیزری برای چشم را به مردم گوشزد می‌کنند. اداره‌ی غذا و داروی ایالات متحده (اف دی ای)^۲ اعلام کرد: «میزان انرژی که از اشاره‌گرهای لیزری ساطع شده و به چشم برخورد می‌کند بسیار مخرب‌تر از نگاه کردن مستقیم به خورشید است.»

اف دی ای اجازه فروش اشاره‌گرهای لیزری با بیشینه توان پنج میلی‌وات را با محدودیت مواجه کرده است.

با این وجود بنابر نظر آکادمی چشم پزشکی آمریکا^۳ اشاره‌گرهای لیزری ممکن است بر چسب‌های مناسبی نداشته باشند، یا قدرتی بالاتر از آن چه بر روی آن نوشته شده را دارا باشند، که این امر باعث می‌شود خریداران نتوانند به راحتی میزان دقیق توان اشاره‌گر لیزری مورد نظر خود را بدانند. به‌علاوه بر طبق گزارش‌ها، مردم می‌توانند اشاره‌گرهای لیزری با توان بالاتر را از طریق خرید اینترنتی فراهم کنند. در مورد پسر بچه‌ی یونانی مورد بحث هم میزان قدرت اشاره‌گر لیزری که

2 Food and Drug Administration
3 The FDA
4 American Academy of Ophthalmology



به لیزر خیره نشو!

آزاده امیراحمدی

azadeamirahmadi@gmail.com

اشاره‌گرهای لیزری ممکن است به ارائه‌ی پاور پوینت شما در سمینارها جذابیت ببخشند، اما اگر از آن‌ها درست استفاده نکنید می‌تواند باعث بروز خطرات جدی در چشمان شما شوند. اخیراً طبق گزارشات اعلام شده که پسر بچه‌ای در یونان در اثر خیره شدن مکرر به پرتوهای اشاره‌گر لیزری به چشم خود آسیب وارد کرده؛ بدین ترتیب که اشعه‌ی لیزر شبکیه‌ی چشم وی را سوزانده و در جای سوختگی حفره‌ای ایجاد شده است. پدر و مادر این پسر بچه‌ی نه‌ساله به‌علت بروز اختلال بینایی در چشم چپ پسرشان او را نزد چشم پزشک بردند.

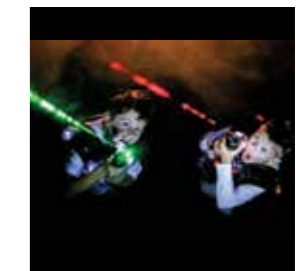
بر اساس گزارش موسسه‌ی ملی چشم^۱، یکی از آزمایش‌های چشم پسر بچه‌ی مذکور نشان داد که حفره‌ی بزرگی در ماکولای چشم او به‌وجود

1 the National Eye Institute

این که همه‌روزه خبرهای مختلفی در مورد آسیب‌های ناشی از تاباندن اشعه لیزر به چشم ورزشکاران و یا خطرات ناشی از چنین شیطنتهایی در مورد خلبانان هواپیماها و بالگردها اعلام می‌شود، هشدار می‌دهد که در مورد آسیب‌های استفاده عمومی از لیزر به‌عنوان یک اشاره‌گر محسوب می‌شود. خبری که در پی می‌آید حاوی همین هشدار جدی است که برای چندمین بار یادآوری می‌کند: «به پرتوی اشاره‌گرهای لیزری خیره نشوید، ماندگاری آسیب وارد شده از یک پرتو لیزر می‌تواند همیشگی باشد.»



اشعه لیزری که از یک اشاره‌گر ساطع می‌شود، با سوزاندن بافت چشم شما حفره‌ای در آن ایجاد می‌کند.



ریچارد رتیر نویسنده این خبر است. این گزارش در بیستم ژوئن سال جاری در مجله‌ی پزشکی نیوانگلند به چاپ رسیده و مقاله‌ی اصلی در لایو ساینس منتشر شده است.

THE NOBEL PRIZE
IN PHYSICS 2018Arthur
AshkinGérard
MourouDonna
Strickland

نوبل فیزیک ۲۰۱۸

برای ایجاد کشیدگی، خمیدگی و انفجار
مولکول‌ها با لیزر



آزاده امیر احمدی

azadeamirahmadi@gmail.com



آرتور آشکین



جرارد مورو



دونا استریکلند

سال ۱۹۷۰ به‌عنوان یک دانشمند در آزمایشگاه بل^۶ کار می‌کرد، انبرک نوری را ابداع نمود. او فهمید که اگر شما با یک روش ویژه بر روی لیزر متمرکز شوید می‌توانید یک نقطه‌ی مناسب در پرتو ایجاد کنید که در آن نقطه دانه‌های میکروسکوپی معین می‌توانند بی‌آنکه آسیب ببینند، بدون حرکت مستقر شوند. با قرار دادن پروتیین‌ها و یا دیگر اجزای بیولوژیکی کوچک در آن مکان، شما می‌توانید دقیقاً آن‌ها را برانگیخته و هدایت کنید. پس از اختراع آشکین، دانشمندان با استفاده از این انبرک‌ها و بیروس‌ها، باکتری‌ها، پروتیین‌ها، DNAها و دیگر موارد رابه‌دام‌انداخته و روی آن‌ها کار می‌کنند. انبرک‌های مزبور این امکان را برای دانشمندان ایجاد کردند که سلول‌های منفرد را گیرانداخته و دسته‌بندی نمایند و برای مثال سلول‌هایی به نام فاگوسیت‌ها^۷ را تماشا کنند که باکتری‌ها را جذب می‌کنند تا انسان‌ها سالم باشند. دانشمندان حتی از انبرک‌ها برای اندازه‌گیری نیروها در طول فرایند میتوز^۸ استفاده می‌کنند؛ میتوز تقسیم یک یاخته به دو یاخته‌ی مشابه است و روشی برای تکثیر سلولی می‌باشد.

به‌گفته‌ی میشل وانگ^۹ فیزیکدانی از دانشگاه کرنل^{۱۰}، به‌طور خاص، انبرک‌های نوری به دانشمندان اجازه می‌دهند تا بر روی تنش و انعطاف‌پذیری ساختارهای بیولوژیکی مطالعه کنند. انبرک‌های مورد بحث به‌اندازه‌ی کافی ظریف هستند تا یک مولکول DNA را بکشند. وانگ از انبرک‌های نوری برای مطالعه بر روی حرکت‌های چرخشی پروتیین‌های متحرک استفاده کرد. پروتیین‌ها ساختارهایی هستند که باعث حرکت مولکول‌ها و دیگر اجزای بدن می‌شوند. اختراع استریکلند و مورو - روشی که با عنوان پالس خردشده معروف است - به دانشمندان این امکان را می‌دهد که نور لیزر را در مقیاس پتاوات^{۱۱} تقویت

6 Bell Labs
7 phagocytes
8 mitosis
9 Michelle Wang
10 Cornell University
11 Peta watts

نظر به آنچه در بخش فیزیک نوبل رخ داد، نمایان است که کمیته‌ی نوبل به‌خوبی می‌داند، لیزر ابزاری است که ظرفیت‌های زیادی در دنیای امروز دارد. در یک صبح روز سه‌شنبه در استکهلم^۱ اعضای این کمیته جایزه‌ی فیزیک سال و لیست کوتاهی از آن‌چه را که این فناوری امکان‌پذیر می‌سازد اعلام نمودند. کاربردهای فراوانی که شامل بارکدها، جراحی چشم، درمان سرطان، جوشکاری، برش مواد به‌صورت دقیق تر از یک چاقوی جراحی بود. نیاز نبود آن‌ها از وسواسی فوق‌العاده برخوردار باشند، فقط کافی بود یکی از اعضای کمیته به آن‌چه که نور لیزر نشان می‌دهد توجه ویژه کرده‌باشد.

به‌گزارش نشریه‌ی ساینس پیشرفت محصولات مبتنی بر لیزر ادامه دارد. در سال جاری کمیته نوبل، جایزه‌ی فیزیک را به سه دانشمند تقدیم کرد که دو روش پیشگامانه برای استفاده از آن را اختراع کردند: آرتور آشکین^۲ به‌سبب ایجاد روشی برای گیرانداختن اشیای میکروسکوپی و مطالعه بر روی آن‌ها، که به «انبرک‌های نوری»^۳ معروف است، و دونا استریکلند^۴ و جرارد مورو^۵ برای اختراع یک روش که در حال حاضر به دانشمندان اجازه می‌دهد تا پالس‌های شدید نور تولید کنند، پالس‌هایی با زمان یک میلیاردیم یک میلیاردیم ثانیه، دارای قدرت بیشتری نسبت به کل شبکه‌ی برق ایالات‌متحده است. کمیته اذعان داشت که تکنیک‌های لیزری مذکور روش‌های پزشکی، تولیدی و تحقیقات زیست‌شناسی را تغییر داده‌است. این سه دانشمند جایزه‌ی ۹ میلیون کرون^۵ (که حدود یک میلیون دلار است) را به این صورت سهیم خواهند شد، نصف این جایزه سهم آشکین است و مابقی آن به‌طور مساوی بین مورو و استریکلند تقسیم می‌شود. آرتور آشکین، مسن‌ترین فرد گروه بود که اولین بار در سال ۱۹۹۶ جایزه‌ی نوبل را دریافت کرد. او که در

1 Stockholm
2 Arthur Ashkin
3 optical tweezers
4 Donna Strickland
5 Gérard Mourou



کنند، که قدرت آن بیش از یک تریلیون برابر پتل های خورشیدی تحت نور مستقیم خورشید است. قبل از نوآوری آن‌ها در سال ۱۹۸۵، این میزان شدت غیرممکن بود. بنا به گفته‌ی آرویندر ساندهو^{۱۲}، فیزیکدانی از دانشگاه آریزونا، این پرتو به اندازه‌ی قدرتمند است که ممکن است قسمت‌هایی از خود لیزر را نابود کند. استریکلند که در حال حاضر در دانشگاه واترلو^{۱۳} مشغول به کار است و مورو از ایگل پلی تکنیک^{۱۴} نزدیک به شهر پاریس، پی بردند که چگونه اولین پالس لیزر را به‌طور کامل خنثی کنند - فوتون‌ها را در یک جریان کند قرار می‌دهند - و سپس آن‌ها را در انفجار شدیدی در قسمت دیگری از لیزر که می‌تواند این شدت را تحمل کند، خرد می‌کنند.

لیزرهای مزبور به‌طور مداوم پرتوهای با چنین قدرت زیادی منتشر نمی‌کنند؛ بلکه، انتشار پرتویی با این میزان شدت به‌مدت خیلی کوتاهی مثل در یک

12 Arvinder Sandhu
13 University of Waterloo
14 École Polytechnique

میلیاردم یک میلیاردیم ثانیه (یک آتوانیه^{۱۵}) قابل تحمل است. این پالس‌ها بسیار سودمند هستند زیرا می‌توانند با دقت بالایی موادی مانند بافت‌های زیستی را بدون آسیب‌رساندن به بافت‌های اطرافش برش دهند. بنابر اظهارات ساندهو به‌همین دلیل است که در جراحی‌های اصلاح چشم از آن‌ها استفاده می‌شود. به‌طور مشابه در فرآیندهای صنعتی نیز از این ابزار برای برش‌هایی با دقت در اجزای ساختمانی استفاده می‌شود. استریکلند در هنگام دریافت جایزه‌ی نوبل اعلام کرد: «این درست مانند ماشین کاری چشم است.»

همانند انبرک‌های نوری، این پالس‌های کوتاه نیز می‌توانند برای مشاهده‌ی فرایندهای میکروسکوپی مورد استفاده قرار گیرند. ساندهو این انفجارهای کوتاه را تا حدی مانند یک دوربین می‌داند که از مواد جدید عجیب و غریب^{۱۶} عکس‌برداری می‌کند. او به‌مطالعه‌ی آن چه که الکترون‌ها در داخل یک ماده

15 Attosecond
16 exotic

انجام می‌دهند، بسیار علاقه‌مند است. این پالس‌ها برای مثال می‌توانند خواص فیزیکی، مانند هدایت الکتریکی، خاصیت مغناطیسی و نقطه ذوب توده‌ی مواد را تعیین کنند. این شدت نور الکترون‌ها را از اتم‌های مواد جدا می‌کند در نتیجه ساندهو می‌تواند رفتار آن‌ها را مطالعه کند. پالس‌های کوتاه مزیتی مانند سرعت عمل دیافراگم سریع (در دوربین عکاسی) را مهیا می‌کنند: هر چه پالس کوتاه‌تر باشد، شما به‌صورت واضح‌تر می‌توانید آن چه که الکترون‌ها در حرکت آهسته انجام می‌دهند را ثبت کنید.

ساندهو می‌گوید که جایزه امسال بسیار قابل توجه است، زیرا کمیته نوبل مورو و استریکلند را به رسمیت شناخت. وقتی آن‌ها این تکنیک را ابداع کردند، استریکلند دانشجوی کارشناسی ارشد مورو بود، این دو گروهی بودند که دستاوردهای آن از نظر تاریخی از طرف کمیته‌ی نوبل نادیده گرفته شده‌است. او می‌گوید: «محققان جوان در فیزیک نقش مهمی دارند. خوب است که بدانیم این تنها در حد

حرف و نصیحت نیست بلکه در عمل ثابت شده‌است.» ساندهو می‌گوید «این بسیار خوشحال‌کننده‌است که کمیته‌ی نوبل در سال جاری جایزه نوبل را تقدیم یک بانوی فیزیکدان هم کرده‌است.» استریکلند اولین بانویی است که جایزه‌ی نوبل فیزیک را بعد از ۵۵ سال از آن خود کرد. تنهاسه زن - ماری کوری، ماریا گوپرت مایر و در حال حاضر، استریکلند - جایزه نوبل فیزیک را کسب کرده‌اند. استریکلند در طول این کنفرانس گفت: «فقط همین تعداد؟ واقعا؟» این مجموع درصد فیزیکدانان زن را به حدود ۱/۵ درصد می‌رساند. جامعه‌ی فیزیکی آمریکا دریافت که در سال ۲۰۱۷ زنان ۲۱ درصد از شرکت کنندگان در دوره‌های دانشگاهی فیزیک را تشکیل دادند.

استریکلند اظهار داشت: «پرواضح است که ما باید برای بانوان فیزیکدان جشن برپا کنیم زیرا ما آن‌ها را از قلم انداخته‌ایم. امیدوارم این برهه از زمان آغاز حرکت به‌سوی آهنگ رشد سریع‌تر برای آنان باشد.» نهایتاً در پایان جشن شخصی برای استریکلند، در ویکیپدیا یک صفحه‌ی اختصاصی ساخته‌شد.

نویسنده اصلی این گزارش سوفیا چن (SOPHIA CHEN) از نشریه ساینس است. دوم سپتامبر ۲۰۱۸

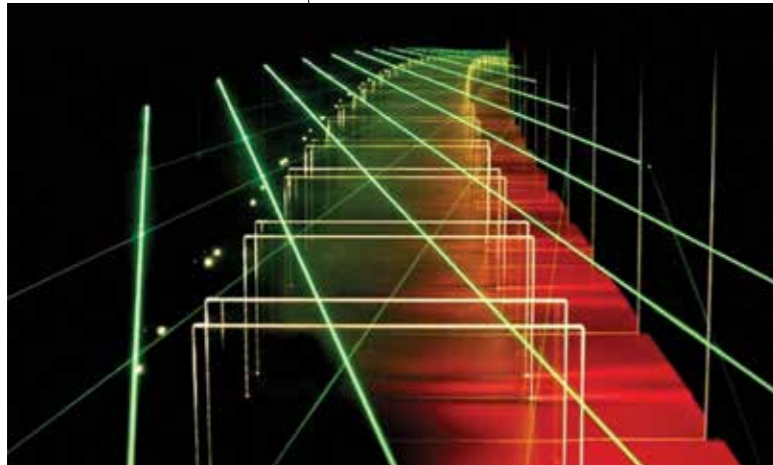


دو سناریو برای شفاف‌سازی فلزات

کیمیاگری یا شعبده‌بازی

مرضیه کبیری - آزاده امیراحمدی

mrz_kabir@yahoo.com | azadeamirahmadi@gmail.com



نمایشی از اصل رزونانس اپتیکی که توسط آن ورقه‌های آهن با استفاده از اشعه ایکس شفاف شده‌اند.

بزرگ است و وارک اظهار امیدواری کرده بود که با مطالعه بر روی آن امکان درک عمیق‌تری از فرآیند ایجاد ستاره‌های مینیاتوری که از طریق پرتوهای لیزر قدرت بالا به وجود می‌آیند، به دست آید. دستیابی به این فرایند ممکن است روزی اجازه دهد که قدرت همجوشی هسته‌ای در اینجا بر روی زمین مهیا شود. کشف این گروه تحقیقاتی این امکان را فراهم کرد که یک منبع جدید تابش ایجاد کنند که ده میلیارد برابر روشن تر از هر سیکلوترون^۴ در جهان (مانند منبع نوری الماس بریتانیا^۵) باشد. لیزر FLASH، مستقر در هامبورگ آلمان، پالس‌های بسیار کوتاهی از اشعه ایکس نرم^۶ را تولید می‌کند، هر یک از این پالس‌ها قدرتمندتر از خروجی نیروگاه برقی است که برق را به کل یک شهر متصل می‌کند.

تیم آکسفورد همراه با همکاران بین‌المللی خود، تمام این قدرت را در نقطه‌ای با قطر کمتر از یک بیستم از عرض یک موی سر بشیر متمرکز ساختند و این کار آن‌ها سبب شد آلومینیوم تحت چنین شدتی شفاف شود. اما اثر گذردهی مذکور تنها در یک دوره بسیار کوتاه، به مدت ۴۰ فمتو ثانیه، دوام داشت این نشان می‌دهد که این حالت عجیب و غریب از ماده می‌تواند فقط با استفاده از منبع قدرت بالای اشعه ایکس ایجاد شود. براساس ادعای دانشمندی که روی این طرح کار کرده‌اند، می‌توان گفت در علم فوتونیک و به‌عنوان مورد

شفافیت خصلتی از ماده است که به چگالی و ساختار کریستالی ماده ارتباط دارد و وابسته به طول موج نوری است که به ماده تابیده می‌شود. بسیاری از مواد خصوصاً در طول موج نور شفاف نیستند اما دستکاری کوانتومی الکترون‌ها یا هسته‌ی اتم‌ها امروزه توانسته حالتی شفاف از فلزاتی مانند آلومینیوم یا آهن را، ایجاد کند. «آلومینیوم شفاف^۱» قبلاً فقط در افسانه‌های علمی وجود داشت، مثلاً در فیلم استار ترک پنج^۲ ایفای نقش کرد، حتی به نوعی سرامیک ساخته شده از ترکیبات آلومینیوم با برخی خواص شبیه به آلومینیوم، با نام آلومینوم اکسی نیتريد AION، نیز اصطلاحاً آلومینوم شفاف گفته می‌شود. اما حقیقت این است که هیچ‌گاه فعل و انفعالات شیمیایی و ترکیبات به دست آمده از آن به کیمیاگری منجر نشده است. به هر حال ایجاد آلومینوم شفاف از طریق بمباران این فلز با لیزر اشعه‌ی ایکس که قدرتمندترین لیزر دنیاست باعث دستیابی به ماده‌ی واقعی جدید، به عبارتی یک حالت عجیب و غریب^۳ جدید ماده شد. ماده‌ای که مفاهیم علم نجوم و گداخت هسته‌ای با آن سروکار دارد.

در سال ۲۰۰۹، تیمی از دانشمندان دانشگاه آکسفورد در نیچر فیزیکس گزارش دادند یک پالس کوچک از لیزر FLASH، یک الکترون هسته‌ای (الکترونی که نزدیک هسته اتم قرار دارد) از هر اتم آلومینیوم در یک نمونه را از پوسته آن بیرون کرده است، بدون این که ساختار کریستالی فلز را در هم بریزد و در آن ایجاد اختلال کند. در همه‌ی اتم‌های آلومینیوم در این حالت یک حفره در لایه‌ی الکترونی ایجاد شده است. با این فرایند آلومینیوم برای اشعه‌ی فرابنفش دور تقریباً نامرئی (شفاف) شد. پرفسور جاستین وارک در دانشگاه آکسفورد هنگام شفاف‌سازی آلومینیوم ادعا کرده بود آنچه تولید شده یک حالت کاملاً جدید از ماده است که تا کنون کسی آن را ندیده و آلومینیوم شفاف فقط یک شروع است. در حقیقت ویژگی‌های فیزیکی ماده‌ای که ایجاد شده بود، مربوط به شرایط درون سیارات

4 synchrotron
5 the UK's Diamond Light Source
6 soft X-ray light

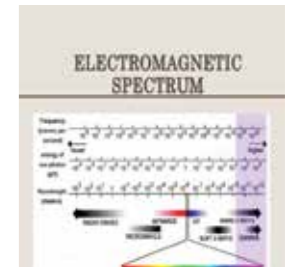
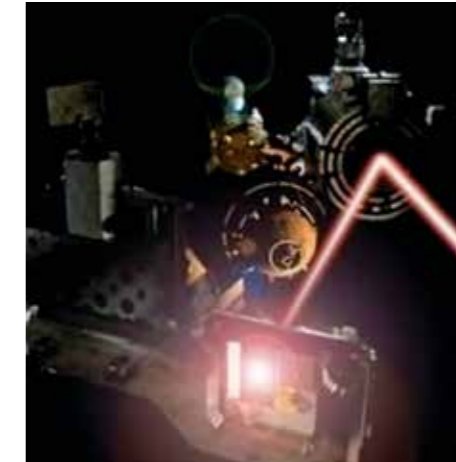
1 'Transparent aluminium'
2 Star Trek IV
3 exotic



<http://julianware.com/transparent-aluminium-is-new-state-of-matter>



آزمایشی به کمک لیزر «فلش» (the FLASH laser) به منظور کشف این حالت جدید ماده.



معمولاً دو حالت برای اشعه ایکس در نظر گرفته می‌شود، اشعه ایکس نرم و اشعه ایکس سخت. اشعه ایکس نرم در طیف الکترومغناطیسی بین نور فرابنفش و اشعه ایکس سخت قرار دارد. این نوع اشعه ایکس فرکانس نسبتاً بالا - بین 3×10^{16} تا 10^{18} هرتز - و طول موج نسبتاً کوتاه - بین ۱۰ نانومتر تا ۱۰۰ پیکومتر - دارد فرکانس اشعه ایکس سخت بین ۱۰۱۸ تا بیش از ۱۰۲۰ هرتز و طول موج آن بین ۱۰۰ پیکومتر تا یک پیکومتر است. اشعه ایکس سخت در طیف الکترومغناطیسی بین اشعه ایکس نرم و اشعه گاما و در محدوده اشعه گاما قرار می‌گیرد. تنها تفاوت اشعه گاما و اشعه ایکس سخت در منبع آنهاست؛ اشعه ایکس توسط الکترون‌های شتاب دهنده تولید می‌شوند اما اشعه گاما در هسته اتم ساخته می‌شود.



در علوم شیمی و فیزیک، ماده عجیب و غریب (exotic) ماده‌ای است که به نحوی از حالت طبیعی خود منحرف می‌شود و خواصی «عجیب و غریب» دارد.

خاص، این واکنش همانند آن است که ما اتم فلز را به سیلیکون تبدیل کنیم؛ این تقریباً به همان اندازه شگفت آور است که سرب را با استفاده از نور به طلا تبدیل کنیم! اما سناریوی دوم در ۲۰۱۲ توسط یک تیم آلمانی در دویچ الکترون سینکروترون^۷ اتفاق متفاوتی رقم زد، اتفاقی شگفت‌انگیز که جذابیت دستیابی به آلومینیوم شفاف را تحت الشعاع خود قرار داد. این بار ورقه‌های آهن به کمک لیزر پرتو ایکس به شکل نامرئی درآمد. انتقال بین سطوح انرژی در هسته‌ای اتمی (به جای گذارهای الکترونی)، که شامل انرژی‌های بسیار بیشتری است، به کمک فرکانس‌های لیزر اشعه ایکس سخت امکان پذیر شد. این گروه شفافیت رادر هسته‌ای آهن ۵۷، با استفاده از لیزر اشعه ایکس و هدایت هسته به حالت تشدید ایجاد کرد. این آزمایش نه تنها باعث شد که هسته‌های آهن تقریباً ناپدید شوند، بلکه سرعت فوتون‌های اشعه ایکس را به کسر کوچکی از سرعت معمولشان، یعنی سرعت ۳۰ متر بر ثانیه (سرعت نور در خلا ۳۰۰ میلیون متر در ثانیه است)، کاهش داد. این نتیجه، امکان استفاده از اپتیک کوانتومی را در قلمرو هسته‌ای فراهم می‌کند و روش‌های جدیدی برای دستکاری نور در انرژی‌های بسیار بالاتر نسبت به آنچه قبلاً امکان پذیر بوده است پیش پا می‌گذارد. نتیجه‌ی

7 Deutsches Elektronen-Synchrotron

تحقیقات این تیم نیز در مجله‌ی نیچر به چاپ رسید.^۸ روش به کار رفته برای شفاف کردن فلزات را شفاف‌سازی القایی به صورت الکترومغناطیسی (EIT)^۹ می‌گویند، که در آن می‌توان جذب و تابش متناظر آن توسط یک اتم یا هسته‌ی آن را طوری متعادل کرد، که دیگر ماده قابل مشاهده نباشد. برای این کار از یک کاواک که پرتو لیزر بین دو آینه آن رفت و برگشت می‌کند استفاده می‌شود. رفت و برگشت نور به ایجاد امواج ایستاده می‌انجامد، یعنی امواجی که در اثر تداخل سازنده دارای نقاطی روشن با عنوان ضدگره و در اثر تداخل ویرانگر دارای نقاطی تاریک با عنوان گره هستند. در صورت قرار گرفتن ماده در این نقاط (گره و ضدگره) گذار بین ترازهای انرژی به گونه‌ای سامان‌دهی می‌شود که می‌توان به تعادل بین جذب و تابش مورد نیاز برای شفاف‌سازی دست یافت. برای این آزمایش نیز بین دو آینه‌ی پلاتینی یک ورقه بسیار نازک آهن که اشعه‌ی ایکس را جذب می‌کند به کمک لایه‌ای از کربن، که نسبت به این طول موج شفاف است، ثابت شده است. یکی از ورقه‌ها در محل گره و دیگری در محل ضدگره قرار گرفت. این آرایش شرایط دستیابی به الگوی جذب و تابشی که بتواند آهن را نامرئی کند، ایجاد کرد. در این حالت اشعه ایکس طوری رفتار می‌کند که انگار اصلاً آهن وجود ندارد. این آرایش یک چیدمان حیاتی است و حتی اندکی جابجایی عملیات شفاف‌سازی را بر فنا خواهد داد. البته باید به هنر منحصر به فرد ایزوتوپ آهن ۵۷ هم توجه داشت، چرا که این ایزوتوپ دارای گذارهای هسته‌ای مناسب برای شفاف‌سازی است. نکته‌ی جالب دیگر این که برای این کار به شدت‌های بالای لیزر اشعه ایکس نیازی نیست.

به هر حال با توجه به شرایط ویژه مورد نیاز برای شفاف‌سازی باید گفت متاسفانه ابزار آهنی شعبده‌بازان تازه‌کار و یا هواپیماهای جاسوسی به این سادگی‌ها با این روش نامرئی نخواهند شد! اما از این پس می‌توان اپتیک کوانتومی را در محدوده‌ی هسته‌ها دنبال کرد.

8 Nature volume 482, pages 199–203 (09 February 2012)
9 Electromagnetically Induced Transparency



سومین بانوی برنده جایزه نوبل فیزیک

۷۶

پیشتازان

PIONEERS

سومین بانوی برنده جایزه نوبل فیزیک

۷۶



دونا استریکلند

سومین بانوی برنده جایزه نوبل فیزیک

مهنوش غلامزاده

Mahnoosh.Gholamzade@Gmail.Com

ویژه‌نامه دانش‌بنیان • فناوری لیزر و فوتونیک
شماره دوازدهم • مهر ۱۳۹۷

لیزر و فوتونیک



سخنرانی دونا استریکلند در همایش OSA در سال ۲۰۱۳



قادر به برش بسیار دقیق هستند، این تکنیک در جراحی‌های لیزری، پزشکی و مطالعات علوم بنیادی کاربرد دارد.

دونا استریکلند کیست؟

دونا استریکلند در ۲۷ مه ۱۹۵۹ در انتاریو کانادا متولد شد مادرش معلم زبان انگلیسی و پدرش مهندس برق بود. او تصمیم گرفت که در دانشگاه مک ماستر^۵ مشغول تحصیل شود، زیرا رشته‌ی مهندسی فیزیک در آن دانشگاه شامل لیزر و الکترواپتیک، یعنی زمینه‌ی مورد علاقه‌ی وی هم بود. در مک ماستر او یکی از سه بانوی حاضر در یک کلاس ۲۵ نفره بود. وی در سال ۱۹۸۱ با مدرک لیسانس مهندسی فیزیک فارغ‌التحصیل شد. استریکلند موفق شد مدرک کارشناسی ارشد و Ph.D خود را از دانشگاه راجستر^۶ در سال ۱۹۸۹ دریافت کند. استریکلند تحقیق دکترای خود را در آزمایشگاه لیزر دانشگاه راجستر تحت نظارت جرارد مورو آغاز کرد. آن‌ها در آزمایشات خود به دنبال این بودند که قله‌ی پالس‌های لیزر را به شدت بالا ببرند، اما باید به محدودیت پیش روی کار خود فایق می‌آمدند، محدودیتی که موقع

دونا استریکلند سومین زن برنده‌ی جایزه نوبل فیزیک پس از ماری کوری^۱ در سال ۱۹۰۳ و ماریا گوپرت مایر^۲ در سال ۱۹۶۳ است. او اولین بانویی است که بعد از ۵۵ سال موفق به دریافت این جایزه شده است. یک فاصله‌ی زمانی طولانی که خود استریکلند هم در گفتگوهای خود نسبت به آن ابراز تعجب کرده است. سپری شدن عمر شصت ساله‌ی او در دنیای نور به اذعان خودش به یک سفر کوتاه همراه پدرش به مرکز علم در سن پنج سالگی برمی‌گردد. استریکلند از دانشگاه واترلو^۳ به همراه مورو از اپیک پلی تکنیک^۴ پاریس، هر یک مخترع به دریافت یک چهارم از جایزه نوبل برای ایجاد کوتاه‌ترین و شدیدترین پرتوهای لیزر شدند. نیم دیگر این جایزه در اختیار آرتور اشکین به خاطر کار روی انبرک‌های نوری قرار گرفته است.

استریکلند و مورو کار فوق‌العاده‌شان را با عنوان «فشرده‌سازی پالس‌های نوری چیرپ تقویت‌شده» در سال ۱۹۸۵ منتشر کردند در آن زمان استریکلند هنوز دانشجوی مورو بود. کار آن‌ها منجر به توسعه‌ی لیزرهای پالسی فوق کوتاه پرتوان شد. لیزرهایی که

- 1 Marie Curie
- 2 Maria Goeppert-Mayer
- 3 University of Waterloo
- 4 École Polytechnique

- 5 McMaster
- 6 University of Rochester

ویژه‌نامه دانش‌بنیان • فناوری لیزر و فوتونیک
شماره دوازدهم • مهر ۱۳۹۷



لیزر و فوتونیک



استریکلند مشغول کار بر روی فیبر نوری، در زمان دانشجویی به عنوان عضوی از گروه پژوهشی PICOSECOND در سال ۱۹۸۵



دونا استریکلند در سال ۲۰۱۳ در حال اهدا جایزه اپتیک OSA به استیو چاو

رسیدن شدت پالس لیزر به حد گیگاوات بر سانتی متر مربع (gigawatt/cm^2) به وجود می آید. در این حالت پالس ها به شدت به قسمت تقویت کننده ی لیزر آسیب می رسانند. در سال ۱۹۸۵ آن ها با استفاده از روش تقویت پالس چیرپ شده، ابتدا هر پالس لیزری را قبل از تقویت آن، از نظر طیفی و زمانی پهن کردند، سپس هر پالس را به اندازه ی همان طول اولیه آن، فشرده و جمع کردند و پالس فوق کوتاه با شدت تراوات^۷ را تولید کردند. استفاده از تقویت پالس چیرپ شده اجازه می دهد تا سیستم های لیزر قدرتمند در ابعاد کوچک تر و با قدرت تراوات ساخته شوند. این کار جایزه ی نوبل فیزیک ۲۰۱۸ را دریافت کرد.

از سوابق و فعالیت های استریکلند می توان به عضویت او در ششورای تحقیقات ملی کانادا از سال ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۱ نام برد. او در این مدت با پل کورکوم^۸، در بخش پدیده های فوق سریع این مرکز همکاری داشت. پس از آن تا دو سال (تا ۱۹۹۲) در بخش لیزر آزمایشگاه ملی لارنس لیورمور^۹ مشغول به کار شد و در سال ۱۹۹۲ به مرکز فناوری پیشرفته ی فنون فوتونیک و اپتوالکترونیک دانشگاه پرینستون

7 terawatt
8 Paul Corkum
9 Lawrence Livermore National Laboratory

پیوست. وی در سال ۱۹۹۷ به عنوان استادیار دانشگاه واترلو شروع به کار کرد. در سال ۲۰۰۲ به سطح دانشیار ارتقا یافت و از سال ۲۰۰۷ تا به حال رییس دانشکده ی فیزیک دانشگاه واترلو است. وی به عنوان یکی از پژوهشگران Alfred P. Sloan در سال ۱۹۹۸ انتخاب شد. در سال ۱۹۹۹ جایزه Sciolar پژوهشگر برتر آمریکا و در سال ۲۰۰۰ جایزه Cottrell را دریافت کرد و در سال ۲۰۰۸ عضو انجمن OSA (Optical Society of America) شد. از سال ۲۰۱۰-۲۰۰۴ به عنوان ویراستار علمی برای Optics Letters فعالیت داشت.

استریکلند در حال حاضر سرپرست گروهی است که روی تولید لیزر فوق سریع با شدت بالا برای تحقیقات اپتیک غیرخطی کار می کنند. اخیراً استریکلند تمرکز خود را بر پیش برد علم اپتیک فوق سریع به محدوده طول موجی جدید مانند مادون قرمز و ماوراء بنفش، معطوف کرده است.

مقاله استریکلند و مورویا عنوان:

"Compression of amplified chirped optical pulses"
که برنده جایزه نوبل ۲۰۱۸ شد در سایت:
[http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/d?doi=1](http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/d?doi=10.1.1.673.148&rep=rep1&type=pdf)

قابل دسترس است.



طراحی افزارهای سه بعدی پیچیده با سیلواکو

۸۲

راهنما

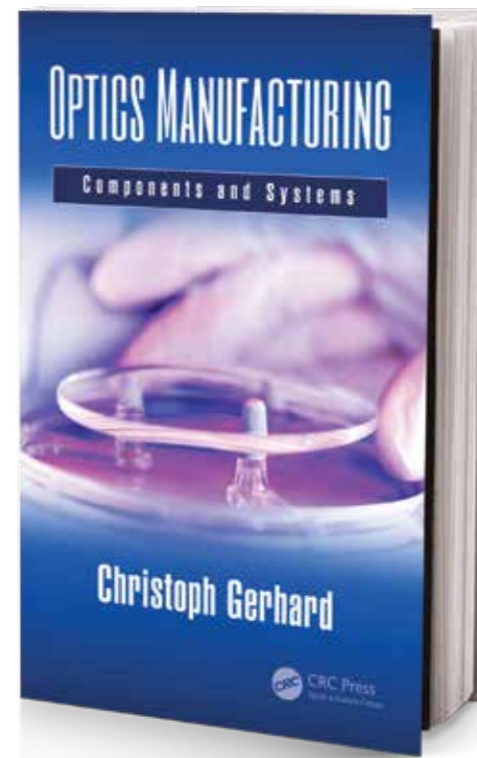
GUIDE

ساخت قطعات و سیستم های اپتیک

۸۰

طراحی افزارهای سه بعدی پیچیده با سیلواکو

۸۲



Optics Manufacturing, Components and Systems

ساخت قطعات و سیستم‌های اپتیکی

محمد رضا شریفی مهر

m_sharifimehr@sbu.ac.ir

نویسنده: Christoph Gerhard

ناشر: CRC Press

سال انتشار: ۲۰۱۸

تعداد صفحات: ۳۰۹

بدون شک انتخاب المان‌های اپتیکی مناسب در مهندسی اپتیک مدرن، نقش کلیدی و تعیین کننده‌ای در بهبود کارایی و عملکرد صحیح سیستم‌های اپتیکی و فوتونیک به عهده دارند و بدیهی است که بدون داشتن آگاهی کافی از مواد تشکیل دهنده، مراحل ساخت و همچنین استانداردهای پذیرفته شده و خطاهای قابل قبول در تولید قطعات اپتیکی، نمی‌توان طراحی صحیح و دقیقی برای دستگاه‌ها و سیستم‌های

اپتیکی ارائه نمود. بنابراین داشتن دانش عمومی در زمینه‌ی روش‌های ساخت المان‌های اپتیکی برای مهندسان و پژوهشگران حوزه‌ی اپتیکی و فوتونیک و همچنین تکمیل و به‌روزرسانی دانش تئوری و عملی متخصصان ساخت و مشخصه‌یابی قطعات اپتیکی، برای شناخت و به‌کارگیری تکنولوژی‌های جدید در این حوزه، کاملاً لازم و ضروری است.

هدف اصلی نگارش کتاب «ساخت قطعات و سیستم‌های اپتیکی» ارائه‌ی دیدگاهی جامع در مورد روش‌های صنعتی معمول و همچنین رویکردهای نوین در ساخت المان‌ها و سیستم‌های اپتیکی می‌باشد و از این رو منبع

ارزشمندی برای آموزش دوره‌های مهندسی اپتیک به‌شمار می‌آید. در این کتاب علاوه بر معرفی دستگاه‌ها و ماشین‌های صنعتی و مواد اولیه‌ی مورد استفاده در ساخت قطعات اپتیکی، مراحل ماشین‌کاری و مشخصه‌یابی، اصول اولیه‌ی انتشار پرتو و کاربرد المان‌های مختلف نیز مورد بررسی قرار گرفته و به‌منظور دسترسی سریع به موارد مطرح شده، در انتهای هر فصل این کتاب، خلاصه‌ای کوتاه از مطالب مهم، فرمول‌ها و روابط ریاضی به‌همراه نمادها و حروف اختصاری مورد استفاده در هر بخش آورده شده است.

در انتهای فصل‌های مختلف این کتاب برای متخصصین و علاقمندان به مطالعه‌ی بیشتر در هر یک از موضوعات بیان شده، فهرست کاملی از منابع تکمیلی بسیار ارزشمند و کاربردی برای موضوعات مورد بررسی آورده شده است. علاوه بر این، تمرین‌های ارائه شده برای مطالب هر بخش که در پیوست ۴ آمده است نیز تمام موارد مربوط به مفاهیم اولیه و نکات قابل ملاحظه در مورد مباحث مختلف این کتاب با محوریت استفاده از روش‌های مختلف ساخت و مشخصه‌یابی المان‌های اپتیکی را پوشش داده و حل تشریحی هر یک از این تمرین‌ها نیز در پیوست ۵ انتهای کتاب با جزئیات کامل آورده شده است.

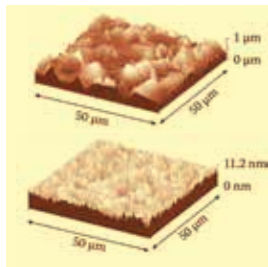
یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های این کتاب، پرداختن به مقدمات مورد نیاز و فراهم آوردن دانش پایه‌ی مورد نیاز در چهار فصل نخست، پیش از پرداختن به جزئیات روش‌های مختلف ساخت المان‌های اپتیکی است. پس از پرداختن به اصول و پارامترهای مهم در طراحی المان‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای اپتیکی در فصل پنجم، بخش‌های اصلی مربوط به ساخت قطعات، استانداردهای صنعتی و انواع خطاهای ممکن در فرآیند ساخت المان‌های اپتیکی در فصل‌های ۶ تا ۱۱ مورد بررسی قرار گرفته است.

در ادامه‌ی مطالب این کتاب، روش صحیح

استفاده از قطعات اپتو-مکانیک در نگهداری از قطعات اپتیکی و امکان بروز خطاهای احتمالی در این زمینه در فصل ۱۲ و فرمول‌ها و روش‌های مختلف مورد استفاده در تولید قطعات میکرو-اپتیک نیز در فصل ۱۳ مورد بررسی قرار گرفته است. این کتاب با دارا بودن تصاویر گویا و توضیح جزئیات مربوط به مراحل مختلف ساخت المان‌های اپتیکی و معرفی مراجع تخصصی گوناگون در زمینه‌ی مباحث ارائه شده، می‌تواند به‌عنوان یک راهنمای کاربردی بسیار جامع در فراهم نمودن دانش فنی پایه در تمام رشته‌هایی که به‌صورت مستقیم و یا غیرمستقیم با ساخت و یا به‌کارگیری المان‌های اپتیکی سر و کار دارند، مورد استفاده قرار گیرد.

نویسنده‌ی این کتاب «کریستف گرهارد» پس از گذراندن دوره‌ی کارآموزی اپتیک، به‌عنوان کارشناس فنی و همچنین مربی در صنعت ساخت قطعات اپتیکی مشغول به کار شد و سپس دیپلم خود را در زمینه‌ی تکنولوژی ساخت ادوات دقیق و پس از آن مدرک کارشناسی مهندسی اپتیک و فوتونیک را از «گوتینگن» آلمان اخذ نمود.

وی پس از سه سال کار کردن در صنعت ساخت قطعات دقیق اپتیکی به‌عنوان مدیر تولید و طراح نرم‌افزارهای اپتیکی، به پژوهش در زمینه‌ی پردازش مواد با استفاده از لیزر و پلاسما با رویکرد استفاده از این علم در صنعت ساخت قطعات اپتیکی پرداخت. گرهارد پس از دریافت جایزه‌ی Georg-Simon-Ohm در سال ۲۰۰۹، به‌خاطر توسعه‌ی منابع لیزری در کاربردهای پردازش مواد و ارائه‌ی رویکردهای نوین در این زمینه، در سال ۲۰۱۴ مدرک دکترای خود را در زمینه‌ی علوم طبیعی و فناوری‌های فیزیکی اخذ نمود و با داشتن بیش از ۳۰ مقاله در زمینه‌های ساخت، مشخصه‌یابی و طراحی قطعات اپتیکی، هم‌اکنون استاد فناوری لیزر و پلاسما در دانشگاه Wildau آلمان می‌باشد.



مقایسه‌ی کیفیت صافی سطح ماده‌ی اپتیکی fused silica قبل (تصویر بالا) و بعد از (تصویر پایین) انجام مرحله‌ی پولیش اپتیکی بسیار دقیق که با میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) تصویربرداری شده است. به تفاوت مقیاس محورهای عمودی در دو تصویر دقت نمایید.



طراحی افزاره‌های سه‌بعدی پیچیده با سیلواکو

رضاعسگری

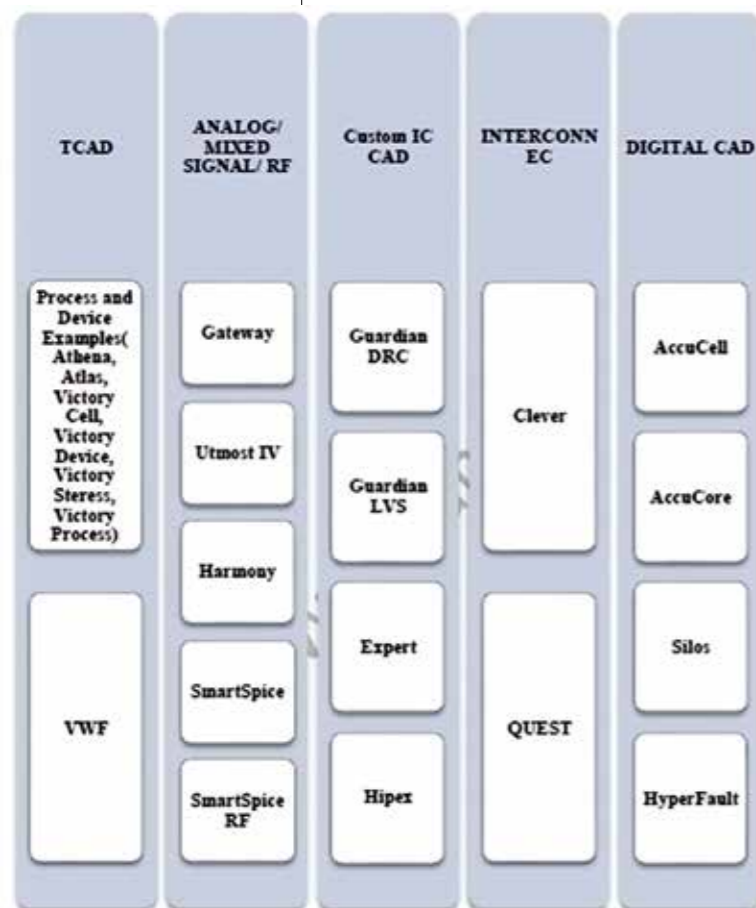
r.asgari@grad.kashanu.ac.ir



در سال‌های اخیر نرم‌افزارهای متعددی در زمینه مسائل فیزیکی مربوط به ادوات اپتیکی، الکترونیکی، مکانیکی و... به‌منظور سهولت در شبیه‌سازی و تحلیل فرآیندهای عددی توسعه داده شده‌اند. از نمونه بازر این نرم‌افزارها در حوزه الکترونیک و فوتونیک می‌توان به پکیج‌های نرم‌افزاری لومریکال، کامسول، Atomistix Toolkit، CST، PIC3D، Optisystem و غیره اشاره کرد که هر کدام دارای مزایا و معایبی بوده و از روش‌های عددی مشخصی پیروی می‌کنند. از زمان ظهور صنعت نیمه‌هادی و تکنولوژی CMOS، نیاز روزافزون این صنعت باعث شد تا بسیاری از شرکت‌ها و گروه‌های تحقیقاتی و موسسات معتبر دنیا در صدد معرفی و توسعه نرم‌افزارهای متن‌باز

که اصطلاحاً طراحی به کمک رایانه نیز نامیده می‌شدند، برآیند. تاریخچه TCAD به کدنویسی SUPREM II و SUPREM III در دانشگاه استنفورد باز می‌گردد. از مهم‌ترین نمونه‌های این نرم‌افزارها می‌توان به NanoTCAD ViDES، nanoHUB، NEMO3D، Stanford.TU-Wien و مجموعه نرم‌افزارهای شبیه‌سازی SILVACO اشاره نمود که سیلواکو به دلیل گسترده‌ی ماژول‌های پیشرفته و پشتیبانی نرم‌افزارهای اتوماسیون طراحی الکترونیک، آنالوگ، دیجیتال و مدارات مجتمع و محیط گرافیکی کاربرپسند آن در نسخه‌های به‌روز شده بیش از سایر نرم‌افزارها مورد توجه قرار گرفت. در واقع شرکت سیلواکو در سال ۱۹۸۴ توسط دکتر پسیک تاسیس و

1 TCAD(Technology Computer Aided Design)



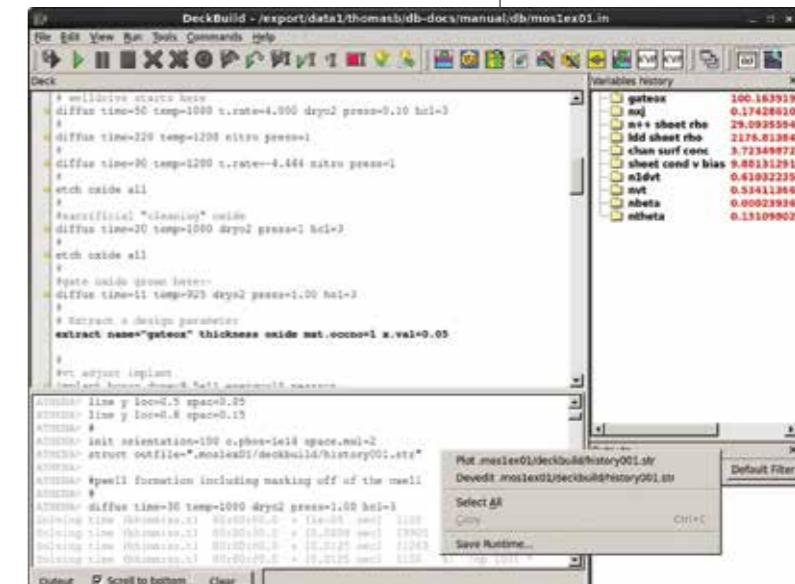
شکل ۱: گروه محصولات ارائه شده توسط شرکت سیلواکو

محصولات این شرکت مراجعه نمود. مجموعه نرم‌افزارهای فوق در دو نسخه ۳۲ و ۶۴ بیتی تحت لینوکس و ویندوز ارائه گردیده‌است. در نسخه‌های به‌روز شده این نرم‌افزار، محیط برنامه‌نویسی آن که DeckBuild نام دارد نسبت به محیط خسته‌کننده‌ی کدنویسی گذشته تغییرات زیادی کرده و محیط کاربرپسندانه‌تری با تنوع امکانات و ابزارها را در اختیار کاربر قرار می‌دهد. به‌منظور فعال بودن و دسترسی به تمامی گروه‌ها و ماژول‌ها و همین‌طور افزایش سرعت شبیه‌سازی بهتر است از نسخه لینوکس آن استفاده شود؛ زیرا در نسخه ویندوزی این مجموعه تنها امکان دسترسی به ابزارهای TCAD امکان‌پذیر است. از

پس از ارائه‌ی SMART SPICE، در سال ۱۹۸۷ با معرفی نرم‌افزارهای ATHENA و ATLAS وارد صنعت طراحی به کمک رایانه گردید و به‌سرعت با توسعه شاخه‌های خود در کشورهای مختلف وارد حوزه‌ی شبیه‌سازی مدارات مجتمع آنالوگ و دیجیتال شد. به‌طور کلی محصولات شرکت سیلواکو را می‌توان در سه گروه محصولات EDA، TCAD و PDK تقسیم‌بندی کرد که هر کدام ماژول‌های زیادی را شامل می‌شوند، ولی بر اساس کاربرد می‌توان آن‌ها را در پنج گروه دسته‌بندی کرد: ۱- TCAD که خود شامل ماژول‌های متعددی برای شبیه‌سازی فرآیندهای حاکم بر افزاره‌های الکترونیکی همچون ترانزیستورها، سلول‌های خورشیدی، آشکارسازها و... و همچنین شبیه‌سازی فرآیند ساخت و یفر مجازی می‌باشد. از مهم‌ترین ماژول‌های این گروه می‌توان به ماژول ATLAS اشاره نمود که در برگیرنده‌ی مدل‌های مختلف فیزیکی همچون مدل‌های آماری بولتزمن و فرمی‌دیراک، اندرکنش اپتوالکترونیکی، اتصالات شاتکی و اهمی، مدل‌های انتقالی مانند دریافت-دیفیوژن و غیره بوده و به‌منظور محاسبه پارامترهایی همچون فرکانس قطع، جریان اشباع، تراکم الکترونی، تحلیل پارامترهای DC و در کل به تصویر کشیدن کلیه مشخصه‌های الکتریکی، نوری و حرارتی افزاره استفاده می‌شود. همچنین ماژول ATHENA برای ایجاد، پیش‌بینی و بهینه‌سازی فرآیندهای ساخت همچون پروفایل ناخالصی، لیتوگرافی، لایه‌نشانی، کاشت یونی، اکسیداسیون دو بعدی و سه بعدی و... کاربرد دارد. کاربردهای دیگر محصولات سیلواکو شامل طراحی آنالوگ، سیگنال مخلوط و RF، طراحی IC، اتصالات داخلی یا اینترکانکت‌ها، طراحی دیجیتال است.

به‌منظور آشنایی کلی با تعاریف و کاربرد هر ماژول می‌توان به صفحه‌ی دانش‌نامه‌ی (ویکی‌پدیا) معرفی

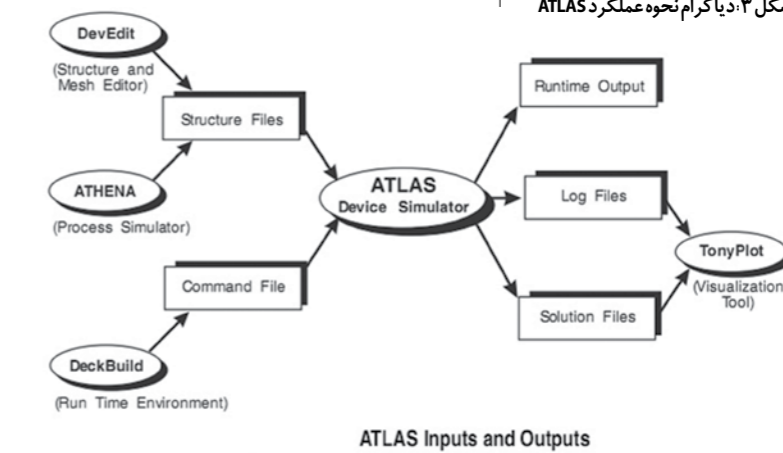
2 Electronic design automation
3 Process Design Kits
4 Wikipedia contributors. (2018, June 18). Silvaco. In Wikipedia, The Free Encyclopedia. Retrieved 14:47, September 27, 2018, from <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Silvaco&oldid=846445252>



شکل ۲: محیط برنامه نویسی DeckBuild در سیلوآکو

طرفی برای طراحی افزاره‌های سه بعدی پیچیده باید از ماژول Victory در دسته ابزارهای TCAD استفاده نمود که با استفاده از موتور مش بندی چهاروجهی شبیه سازی دقیق و سریع را فراهم می کند، در حالی که در نسخه ویندوز این ماژول فعال نیست. روند کلی شبیه سازی در این نرم افزار به این گونه است که تحلیل گر باید ابعاد فیزیکی، نوع مواد به کار رفته در ساختار و خصوصیات فیزیکی آن ها را در قالب فایل متنی یا کد با پسوند in، به عنوان فایل ورودی ATLAS تعریف و خروجی هارا در بخش Runtime

شکل ۳: دیاگرام نحوه عملکرد ATLAS



مشاهده کند تا در صورت نیاز به ویرایش یا اضافه نمودن بخش های دیگر اقدام لازم را اجرا نماید. نهایتا خود نرم افزار با توجه به پارامترهای ورودی و مدل فیزیکی تعریف شده و ابعاد مش بندی، اقدام به حل معادلات حاکم بر ساختار و نمایش گزینشی نتایج نهایی با استفاده از ماژول TonyPlot می کند. نرم افزار SILVACO TCAD مبتنی بر روش المان محدود^۵ می باشد، لذا نکته با اهمیت در این نرم افزار، مانند تمامی نرم افزارهای مبتنی بر این روش، رعایت نوع و ابعاد مش بندی متناسب با ساختار است زیرا میزان دقت نتایج خروجی و زمان شبیه سازی و همگرایی نتایج از این طریق تعیین می شود. از مش بندی به عنوان شبکه بندی ساختار در ابعاد کوچک تر تعبیر می شود که نرم افزار معادلات حاکم بر افزاره را در هر سلول مش اعمال و حل می کند. بدیهی است که افزایش تعداد مش های ساختار، زمان شبیه سازی و میزان حافظه اشغالی را افزایش داده ولی تواماً دقت و همگرایی مساله را نیز بالا می برد. معیار ممکن برای انتخاب حداقلی مش بندی ساختار تعداد مش های است که از آن به بعد تغییر محسوسی در مشخصه های خروجی حاصل نمی شود. در سیلوآکو نیز همانند سایر نرم افزارهای مبتنی بر روش المان محدود، می توان از مش بندی یکنواخت و غیر یکنواخت استفاده نمود که مش بندی غیر یکنواخت برای مرزها و نواحی حساس مهم بوده و دقت مساله را بالا می برد. در زیر با توجه به کاربرد وسیع ماژول ATLAS در ایران برای طراحی، شبیه سازی و بهینه کردن افزاره های الکترونیکی و اپتوالکترونیکی، سعی خواهیم کرد برای آشنایی بیشتر به معرفی اجمالی آن و محیط نرم افزار و ذکر مثال بپردازیم.

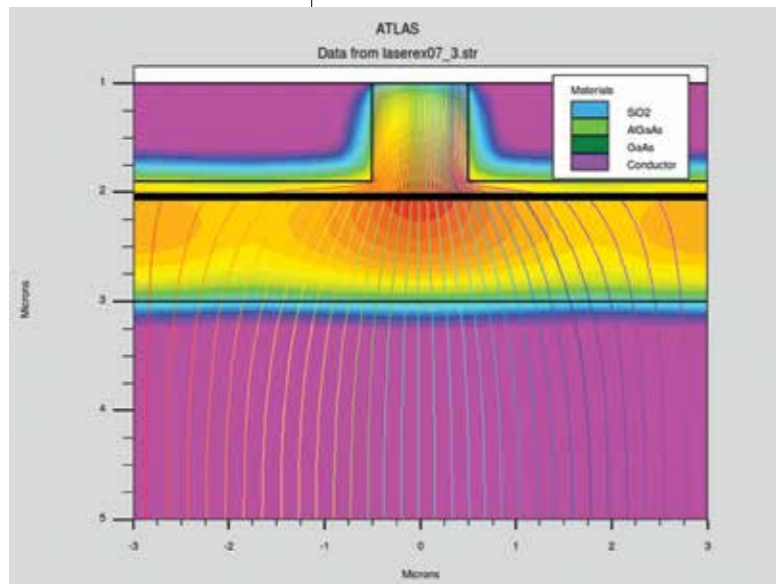
همان طور که اشاره شد، سیلوآکو TCAD یک نرم افزار قدرتمند برای طراحی و شبیه سازی ادوات نیمه هادی به خصوص افزاره های CMOS و سیلیکون بر روی عایق می باشد. نوار ابزار در بالای محیط شبیه سازی امکانات فراوانی را در اختیار کاربر قرار می دهد. کتابخانه و

5 Finite element

راهنمای این نرم افزار شامل کدهای مربوطه و حل عددی ساختارهای مختلف اپتوالکترونیکی است که مرور آن ها کاربر را با محیط، روند کار و تحلیل افزاره ها آشنا تر می کند. شکل ۲ محیط DeckBuild را، به عنوان ورودی موتور شبیه ساز ATLAS، نشان می دهد. برای کار با این نرم افزار دانستن فیزیک مسئله مورد نظر و نتایج مورد انتظار به همراه دانش کدنویسی برنامه، با رعایت ترتیبی مشخص، از ضروریات است. شاید در ابتدای امر نگرانی عدم علم و تسلط بر کدنویسی وجود داشته باشد، اما دسترسی به مثال ها و منابع متعدد و مشخص بودن فهرستی از کدهای مورد استفاده و کاربرد هر کد در جایگاه خودش، علاوه بر در اختیار گذاردن نتایج جذاب و انعطاف پذیر توسط رابط کاربری گرافیکی آن در خروجی نرم افزار، عطف کاربر را برای بهره برداری از ماژول های مختلف بیشتر می کند. به منظور شروع کار با این نرم افزار، پس از نصب آن باید وارد محیط برنامه نویسی DeckBuild شد؛ از طریق منوی File و سپس انتخاب گزینه Open می توان مثال های متعدد آن را، چه برای فرآیندهای ساخت و چه برای تحلیل مشخصه های الکترونیکی، نوری و حرارتی، به منظور آشنایی از کتابخانه به محیط نرم افزار وارد و سپس با استفاده از گزینه Run اجرا نمود. لذا پیشنهاد ما برای کار با این نرم افزار این است که در ابتدا از مسائل حل شده برای هر یک از افزاره های الکترونیکی یا اپتوالکترونیکی برای یادگیری و آموزش استفاده نمایید تا با جزئیات کدها و عملکرد نرم افزار به طرز صحیح آشنا شوید. پیش از ادامه مطلب ذکر چند نکته برای روشن شدن عملکرد نرم افزار ضروری است:

۱- بخش ATLAS نرم افزار سیلوآکو خود دارای ماژول های مختلف برای دستیابی به کاربردهای ویژه ای است که مهم ترین آن ها عبارتند از: Blaze: شبیه سازی مواد پیشرفته III-IV و ... Quantum: شبیه سازی و به کارگیری مدل های کوانتومی

Laser: شبیه سازی لیزرهای نیمه هادی
Giga: شبیه سازی اثرات خود گرمایی و تحلیلهای



شکل ۴: نمودار دو بعدی شدت نوری در ولتاژ آند ۳ ولت

حرارتی در افزاره Organic Display and Organic Solar: شبیه سازی سلول های خورشیدی ساخته شده از مواد ارگانیک Luminous: شبیه سازی ادوات اپتوالکترونیکی (سلول های خورشیدی، آشکار سازها) Mixmode: تحلیل مداری افزاره طراحی شده لذا با آگاهی به فیزیک مسئله، می توان ماژول متناسب برای حل آن مساله را در مدل لحاظ کرد. برای مثال فرض کنید می خواهیم یک دیود لیزری چاه کوانتومی چندگانه ی برآمده (Ridge) از جنس گالیوم آرسناید/آلومنیوم گالیوم آرسناید را شبیه سازی کنیم. برای این منظور باید از ماژول های Blaze، Quantum و Laser در شبیه ساز ATLAS استفاده کرد.

۲- بر اساس دیاگرام (شکل ۳) ATLAS دارای دو ورودی و سه نوع خروجی است. اطلاعات ورودی در قالب یک فایل متنی یا پسوند in، که توسط کاربر ارائه می شود در اختیار ATLAS قرار گرفته و نتایج پردازش در خروجی ها ظاهر می گردد. خروجی های Runtime در واقع آن هایی هستند که در حین پردازش نمایش داده می شوند. Log File ها اطلاعات مربوط به مشخصات افزاره را ذخیره می کنند که در مد DC جریان و ولتاژ الکترونها و در مد AC فرکانس، خازن و کندانس و در Transient

6 Ridge Multiple Quantum Well Laser



آزمایش‌های عجیب با شیشه و آینه

۸۸

مدرسه فناوری

ACADEMY

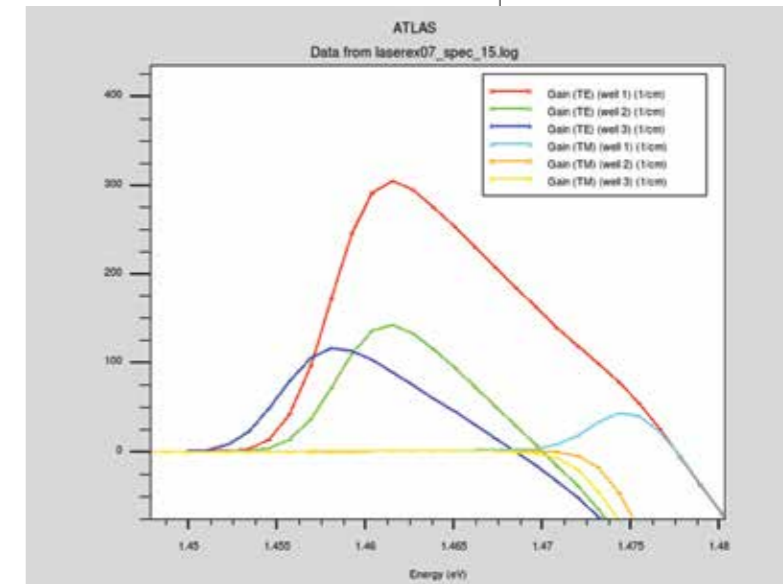
برای یادگیری نحوه‌ی نگارش و استفاده از دستورات فوق می‌توان به فایل Help نرم‌افزار و مثال‌های متعدد حل شده رجوع کرد.

اکنون با ذکر مباحث مقدماتی فوق ذهن شما آماده است تا شبیه‌سازی در محیط سیلواکو را آغاز کنید. در مثال زیر که یک نمونه از مسائل از پیش حل شده در نرم‌افزار سیلواکو می‌باشد، نتایج حاصل از شبیه‌سازی عددی دیود لیزری چاه کوانتومی چندگانه‌ی برآمده آورده شده‌است. این نتایج از طریق دکمه Load در محیط DeckBuild و انتخاب Examples قابل فراخوانی و اجراست. ساختار برآمده لیزر فوق سبب بروز دو مود شبه TE و TM شده‌است که توسط حل‌کننده‌ی بردار هلمهولتز^۷ آنالیز شده‌است.

به دلیل بهره‌ی بالای TE، مده شبه TE غالب است. چندین مد لبه‌ای نیز در ناحیه‌ی فعال لیزر ظاهر شده‌اند که به شدت کلی لیزر کمک می‌کند. در این شبیه‌سازی برای کوپلینگ معادلات نرخ فوتون با معادلات انتقال دریافت-دیفیوژن از Newton scheme استفاده شده‌است.

به یاد داشته باشید از آنجایی که این نرم‌افزار دارای ماژول‌هایی متنوع است و قادر به حل معادلات پیچیده از طریق مدل‌های فیزیکی و استراتژی‌های پیاده شده در مدت زمانی معقول می‌باشد و از طرفی توانایی کار کردن با تمامی برنامه‌های سیلواکو به صورت مجتمع را دارد و طیف متنوعی از نمودارهای خروجی را در اختیار طراح قرار می‌دهد، استفاده از آن برای بسیاری از دانشجویان حوزه ادوات نیمه‌هادی به منظور طراحی فرآیند ساخت و شبیه‌سازی افزاره‌هایی همچون ماسفت، سلول خورشیدی، لیزرهای نیمه‌هادی و کوانتومی، نمایشگرهای ارگانیک و ... توصیه می‌گردد.

⁷ vector Helmholtz solver



زمان را نمایش می‌دهند. Solution file هم حاوی اطلاعاتی برای رسم نمودار توسط TonyPlot هستند که به عنوان مثال می‌توان با برش در راستای یک محور، اطلاعاتی نظیر دیاگرام باند، تراکم الکترونی، توزیع میدان الکتریکی و ... را نمایش داد.

۳- برای انجام یک شبیه‌سازی و آماده کردن فایل ورودی در محیط DeckBuild، ترتیب کدنویسی به همراه دستورات اصلی باید به صورت جدول زیر رعایت شود:



شکل ۵: Log File طیفی که حاوی اطلاعاتی در مورد بهره و طیف‌های انتشاری خودبه‌خودی برای هر چاه کوانتومی است.

ترتیب دستورها	مرحله	
MESH, REGION, ELECTRODE, DOPING	تعریف ساختار	۱
MATERIAL, MODELS, CONTACT, INTERFACE	مشخص کردن مدل	۲
METHOD	تعیین روش حل عددی	۳
LOG, SOLVE, LOAD, SAVE	تعیین شرایط حل مسئله	۴
EXTRACT, TONYPLOT	تحلیل نتایج	۵

آزمایش‌های عجیب با شیشه و آینه ۸۸

یک پروژکتور هولوگرام سه بعدی بسازید ۹۴



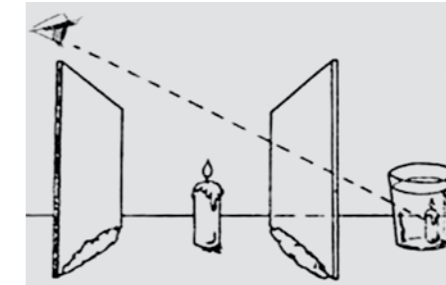
آزمایش‌های عجیب باشیشه و آینه



سمیرا کشمیری
samira.keshmiri@gmail.com



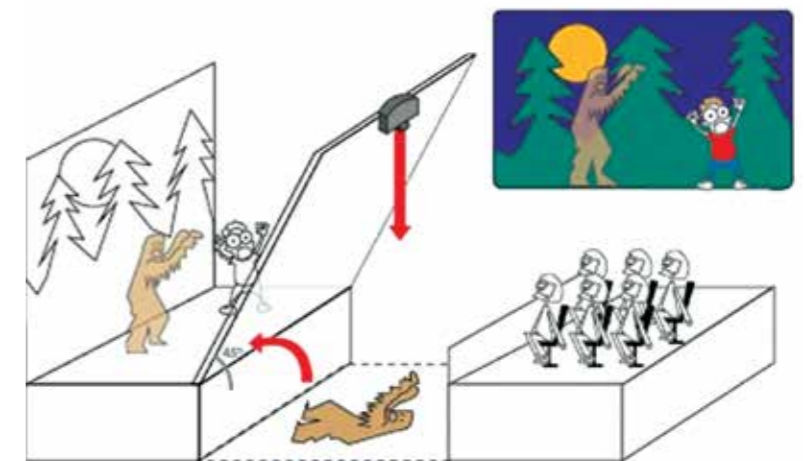
شکل ۱- چیدمان آزمایش شمع زیر آب



شکل ۲- تصویری از یک فیلم تخیلی که حضور روح را کنار فرد نشان می‌دهد.



شکل ۳- نحوه چیدمان فیلم برداری فیلم



هنگامی که نور به اجسام می‌تابد، بسته به خصوصیات اتم‌های جسم و طول موج نور تابیده شده ممکن است حالت‌های زیر اتفاق بیافتد:

- ۱- مقداری از نور از جسم عبور کند. (در مورد اجسام شفاف یا نیمه شفاف)
 - ۲- مقداری از نور جذب شود. (به گرما تبدیل می‌شود).
 - ۳- مقداری از نور بازتاب شود. (منعکس می‌شود).
- این رفتار مواد در برابر نور می‌تواند زمینه‌ساز مشاهداتی متفاوت جالبی شود که گاهی کاربردهای مهمی دارد.

آزمایش اول: شمع روشن زیر آب

وسایل لازم برای انجام این آزمایش:

- یک صفحه شیشه‌ای
- یک صفحه مقوایی
- خمیر بازی
- یک لیوان آب
- شمع

با توجه به شکل ۱ چیدمان آزمایش را فراهم کنید. با خمیر بازی می‌توانید شیشه و مقوا را در جایشان به صورت عمودی نگه‌دارید. شمع را روشن کنید و زاویه دیدتان را طوری تنظیم کنید که بتوانید از بالای صفحه مقوایی، از پشت شیشه شمع را ببینید. به نظر می‌رسد شمع درون لیوان آب روشن است. می‌توانید فاصله‌ی لیوان و شمع را آن قدر جابه‌جا کنید تا بهترین تصویر را داشته باشید.

صفحه‌ی شیشه‌ای هم مانند پنجره و هم مانند آینه عمل می‌کند. از پشت صفحه‌ی شیشه‌ای لیوان آب را می‌بینید و هم‌زمان انعکاس شمع روشن را در صفحه شیشه‌ای مشاهده می‌کنید و به نظر می‌رسد شمع درون لیوان است.

همین آزمایش ساده مبنای کاربردهای جالب و سرگرم‌کننده‌ای است. شاید در فیلم‌های تخیلی دیده باشید که روحی در کنار انسانی نشسته است (شکل ۲ را نگاه کنید). این تکنیک

در فیلم برداری با همین خاصیت شیشه یعنی انعکاس و بازتاب هم‌زمان انجام می‌شود. در این نوع فیلم برداری با قرار دادن یک صفحه‌ی شفاف در زاویه ۴۵ درجه، نور بازتاب‌شده از فیلم ویدیو پروژکتور به چشم ما می‌رسد. در این حالت اگر روی صحنه شخصی یا دکوری وجود داشته باشد تلفیق این تصویر به چشم ما می‌رسد. (شکل ۳)

شما می‌توانید از این روش برای عکاسی هم استفاده کنید. شکل ۴ نحوه قرار گرفتن صفحه شفاف و دوربین را و شکل ۵ عکس گرفته شده را نشان می‌دهد.

آزمایش دوم: پرواز با آینه

وسایل مورد نیاز برای آزمایش دوم:

- آینه تخت به ابعاد ۶۰*۹۰ یا بزرگتر
- یک نگه‌دارنده آینه

آینه را با پایه‌ی نگه‌دارنده ایستاده نگه‌دارید. پاهایتان را در دو سمت آینه بگذارید، پایی که جلوی آینه است خم کرده و از زمین جدا کنید، پای دیگر شما در پشت آینه روی زمین است و به این ترتیب تعادل شما حفظ می‌شود. از آنجا که تصویر تنها یک پای شما در آینه پیداست این گونه تصور می‌شود که هر دو پای شما از زمین جدا شده و به صورت معلق مانده‌اید! (شکل ۶)



شکل ۴- چیدمان عکاسی با شیشه



شکل ۵- عکس گرفته شده با استفاده از قرار دادن صفحه شفاف. در مورد این شیخ در مطلب بعد بیشتر خواهید خواند.



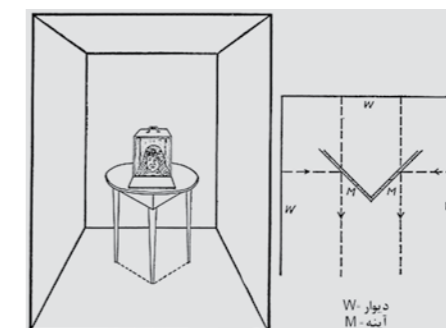
شکل ۶- صحنه پرواز با استفاده از یک آینه



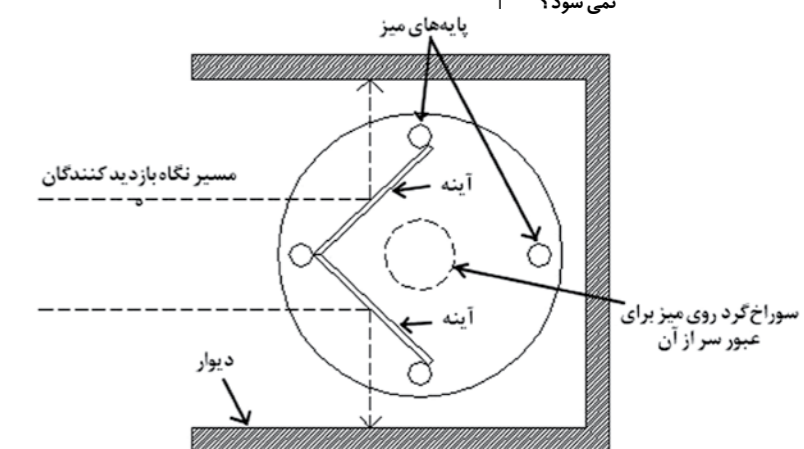
شکل ۷- سر بدون بدن روی میز!



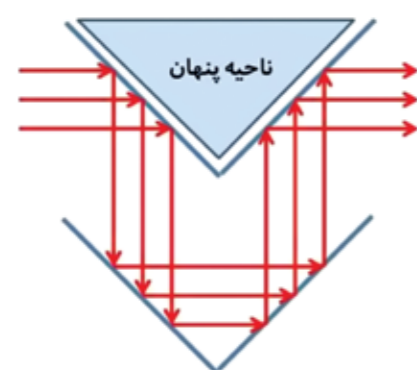
شکل ۸- چیدمان آزمایش سر بریده



شکل ۹- چطور بدن شخص دیده نمی شود؟



شکل ۱۱- منطقه پنهان آینه ها



شکل ۱۲- پسر در منطقه پنهان



شکل ۱۳- پسر خارج از منطقه پنهان



شکل ۱۴- دست ناپدید شده



شکل ۱۰- آینه های ناپدید کننده



آزمایش چهارم: آینه های نامرئی کننده

وسایل لازم برای نامرئی شدن:
 ۴ آینه تخت هم اندازه

آینه ها را دوباره دو مطابق شکل ۱۰ به هم وصل کنید. در جلوی آینه های اولی منطقه ی نامرئی کننده ای وجود دارد که اگر هر چیز در این ناحیه قرار بگیرد از دید ما ناپدید خواهد شد. (شکل ۱۱)

در شکل ۱۲ پسر بچه کوچک در منطقه ناپدید شونده قرار دارد بنابراین بدن او دیده نمی شود، اما اگر خارج از این منطقه قرار بگیرد (شکل ۱۳) به خوبی قابل رویت است.

جالب است بدانید: تحقیقات دانشمندان در زمینه نامرئی کردن اشیاء همچنان ادامه دارد. به تازگی محققان دانشگاه روچستر با قرار دادن دو لنز و ایجاد خمیدگی نور راه جدیدی را برای دیده نشدن اشیاء کشف کردند (شکل ۱۴). کاربرد این کشفیات شاید خیلی بیشتر از حد تصور باشد. مثلاً تریلر پشت یک کامیون را می توان برای راننده نامرئی کرد تا او بتواند به صورت مستقیم پشت سر خود را ببیند یا هنگام عمل جراحی، دست پرستاران مانع از احاطه و دید کامل پزشک بر روی قسمت جراحی می شود. با این خاصیت می توان دستکش هایی ساخت که دست پرستاران را نامرئی کند. عملیات های نظامی، طراحی داخلی و بسیاری موضوعات دیگر سایر حوزه های کاربردی این فناوری هستند. با توجه به آنچه گفته شد آیا شما می توانید با استفاده از خواص جالب شیشه ها و آینه ها راه جدیدی برای نامرئی کردن ارایه بدهید؟

آزمایش سوم: سر بریده

وسایل لازم:
 یک میز

۲ عدد آینه ی تخت به ارتفاع میز

شاید شگفت زده شوید اگر بشنوید که با علم می توانید سر کسی را بدون هیچ گونه خون ریزی و خشونت از بدنش جدا کنید. سر بریدن این بار نه با پنجه بلکه با بازتاب نور از آینه!

فکر می کنید چطور یک شعبده باز سر شخصی را جدا می کند و لحظاتی بعد دوباره سر او را به بدنش وصل می کند؟ (شکل ۷)

راز این شعبده در به کارگیری آینه ها نهفته است. دقیقاً زیر میز دو آینه تخت عمود بر هم قرار دارد که تصویر دیوارهای کناری را به چشم بیننده می رساند. (شکل ۸)

بنابراین بیننده بدن کسی را که پشت میز قرار دارد نمی تواند ببیند اما سر او را که خارج از آینه ها است می بیند و بنابراین چنین تصور می کند که یک سر بدون بدن روی میز قرار دارد. (شکل ۹)
 دقت کنید که طرح دیوارهای کناری باید شبیه دیوار پشت شخص باشد.



یک پروژکتور هولوگرام سه بعدی بسازید

مهنوش غلامزاده

Mahnoosh.Gholamzade@gmail.com



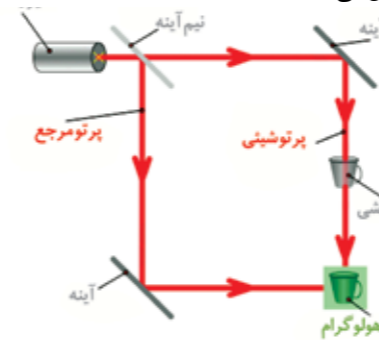
هولوگرام، کلمه‌ای است که از دو واژه یونانی «holo» یعنی کل شی و «gram» به معنی نگاشتن تشکیل شده است و می‌توان معادل پارسی بعدنگار یا تمام‌نگار را برای آن در نظر گرفت. هولوگرام یک تصویر سه بعدی از یک شی است. روش تولید این تصاویر با عنوان هولوگرافی شناخته می‌شود. فیزیکدان و مهندس مجارستانی انگلیسی‌دینس گابور^۱ در حالی که برای بهبود وضوح میکروسکوپ الکترونی در سال ۱۹۴۷ تلاش می‌کرد، مفهوم هولوگرافی را توسعه داد و اصطلاح «هولوگرام» را برای نخستین بار به کار برد. وی به عنوان پدر علم هولوگرافی شناخته می‌شود. او در سال ۱۹۷۱ موفق به دریافت جایزه‌ی نوبل فیزیک گردید. گابور سال‌ها قبل از اختراع لیزر روی هولوگرافی کار کرده بود اما تجربه‌ی یافته‌های گابور به ناچار تا اوایل سال ۱۹۶۰ یعنی زمان اختراع لیزر به تعویق افتاد. پس از این تاریخ دو محقق به نام‌های لیت^۲ و اپاتنیکس^۳ از ایالات متحده آمریکا و یوک^۴ از روسیه به‌طور مستقل از یکدیگر روش‌هایی را با بهره‌گیری از نور لیزر در ساخت هولوگرام به شکل امروزی کشف نمودند.

هولوگرام همان برچسب‌های امنیتی و فوق امنیتی سه بعدی است که با تکنولوژی لیزر به صورت برچسب تولید می‌شود و دارای جلوه‌های بصری منحصر به فرد از نام یا آرم گرافیکی در لایه‌های مختلف می‌باشد. آنچه که به عنوان هولوگرام می‌بینیم ثبت یک تصویر طی یک فرآیند پیچیده‌ی اپتیکی است که معمولاً به وسیله نور لیزر از طریق دو فرآیند پراش و تداخل نور به وجود می‌آید. این فرآیند بدین صورت است که نور لیزر توسط یک تقسیم‌کننده^۵ به دو باریکه نور تقسیم می‌گردد، یک باریکه به سمت صفحه ثبت منتقل می‌شود که به آن پرتو مرجع می‌گوئیم و باریکه دیگر پرتو شیئی است که پس از عبور از شی مورد نظر



- 1 Dennis Gabor
- 2 Emmett Leith
- 3 Juris Upatnieks
- 4 Yuri Dennis Yuk
- 5 Beam splitter

جهت عکس برداری، به سمت صفحه ثبت هدایت می‌شود. این دو پرتو در محل صفحه‌ی ثبت با هم تداخل می‌کنند.



تداخل سازنده وقتی رخ می‌دهد که هر دو موج به‌طور هم‌فاز نسبت به هم به یک نقطه برسند و تداخل ویرانگر هنگامی اتفاق می‌افتد که امواج غیر هم‌فاز باشند. از آنجایی که این الگوی ثبت شده شامل اطلاعات دامنه و فاز است تفاوت آشکاری با یک عکس معمولی دارد و همین امر موجب سه بعدی به نظر رسیدن تصویر هولوگرام می‌گردد. تفاوت دیگر هولوگرام با عکس معمولی این است که اگر یک هولوگرام را تکه‌تکه کنید باز هم شامل تمام تصویر ثبت شده روی آن می‌شود، در حالی که در عکس معمولی هر بخش شامل قسمت خاصی از تصویر است.

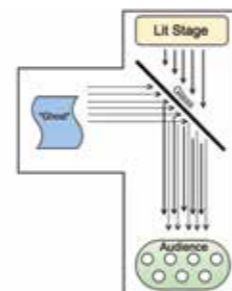


فیلم هولوگرافی، یک ساختار حساس عکاسی با دانه‌بندی خیلی ریز است. مواد معمول استفاده شده شامل امولسیون نقره-هالید، ژلاتین دی کروماتیک و فوتوپلیمرها است. که هر کدام ویژگی‌های خاص خود

را دارند و نیاز به پردازش متفاوت دارند. هولوگرام‌ها کاربردهایی از جمله شناسایی امنیتی مانند گذرنامه، کارت‌های اعتباری، بلیط‌ها و بسته بندی دارند زیرا کپی برداری از آن‌ها بسیار دشوار است. حال که با هولوگرام آشنا شدیم این بحث را در همین جا متوقف می‌کنیم تا شما را با روش ساخت پروژکتور هولوگرام سه بعدی آشنا کنیم.

پپر^۶، در سال ۱۸۶۰ روش ساده‌ای برای هیجان زده کردن مردم با استفاده از یک ورق شیشه‌ای ارائه کرد. از آنجا که پپر این توهّم را تبلیغ کرد، این حقه به نام شبیح پپر شناخته می‌شود. وی شروع به نشان دادن کارش در تئاترهای سراسر انگلستان و استرالیا کرد، مخاطبان او کاملاً گیج شده بودند. یکی از روزنامه‌های محلی در آن زمان گزارش داد که مایکل فارادی^۷ فیزیکدان، پس از دیدن کارهای او خواستار توضیح شده است.

توهّم شبیح پپر در واقع شامل قرار دادن یک قطعه بزرگ شیشه‌ای در زاویه‌ای بین سکویی روبه‌روی تماشاگران و یک اتاق تاریک پنهان که فرد یا تصویری به شکل شبیح در آن بود، می‌شد. نور اتاق روشن که رو به روی تماشاگران بود، از شیشه عبور می‌کرد و آنها می‌توانستند صحنه را ببینند، اما شیشه را نمی‌دیدند. هنگامی که چراغ در اتاق پنهان روشن می‌شد، نور «شبیح» به شیشه منتقل می‌شد و توسط شیشه منعکس شده و به مخاطبان می‌رسید. و در واقع تماشاگران پرتوهای نور عبوری و بازتاب شده از شیشه را می‌دیدند. تمام راز این حقه در قرار گیری ۴۵ درجه‌ای شیشه بود.



- 6 John H. Pepper
- 7 michael faraday

سال‌ها، پارک‌های تفریحی و صحنه‌های تئاتر و خانه‌های خالی از سکنه شکل‌های مختلفی از شبیح پپر را برای نشان دادن ارواح به خود دیده‌اند. شما هم به راحتی و بدون هیچ نرم‌افزاری می‌توانید شبیح را در عکس‌های خود ایجاد کنید. کافی است یک شیشه را جلوی دوربین خود مانند شکل زیر قرار دهید.



با ترکیب علم هولوگرافی با تمام‌نگاری و حقه شبیح پپر می‌توان تصاویر هولوگرافی را به شکل مجازی و سه بعدی معلق در فضا مشاهده کرد.

امروزه افراد مشهور و رهبران سیاسی جهان از این روش برای نمایش انبوه جمعیت طرفداران خود استفاده می‌کنند. همچنین این روش به عنوان یک روش نوین و جذاب برای تبلیغات تجاری به کار برده می‌شود.

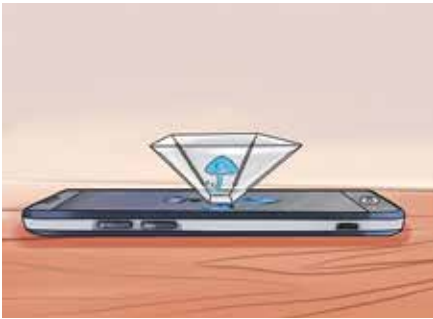
در این بخش به شما روش ساخت یک پروژکتور هولوگرام را آموزش می‌دهیم تا شما هم در خانه با چند وسیله ساده و بی‌هزینه بتوانید یک پروژکتور هولوگرام بسازید.

وسایل مورد نیاز:

- کاغذ شطرنجی
- قاب شیشه‌ای CD

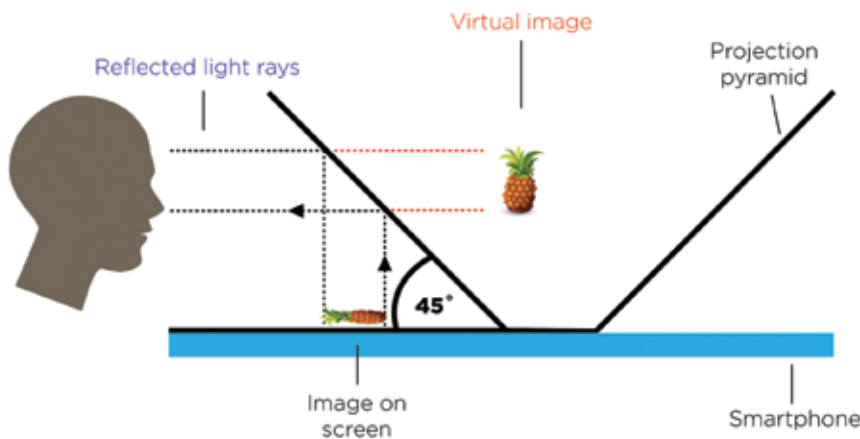
یک ویدیوی هولوگرام به دلخواه از اینترنت انتخاب کنید و روی موبایلتان پخش کنید. (در این سایت می توانید چند نمونه از این فیلم ها را ببینید و دانلود کنید). (<https://www.aparat.com>)

هرمی را که ساخته اید روی صفحه گوشیستان قرار دهید و چراغ ها را خاموش کنید به هرم نگاه کنید! و از دیدن تصویر ایجاد شده لذت ببرید.



سعی کنید تغییراتی در برخی از متغیرها (مانند شکل و جوه هرم، تعداد دوزنقه ها، ماده شفاف، نوع ویدیو و...) ایجاد کنید و نتایج را مقایسه کنید.

اساس کار این پروژکتور در شکل زیر نشان داده شده است.



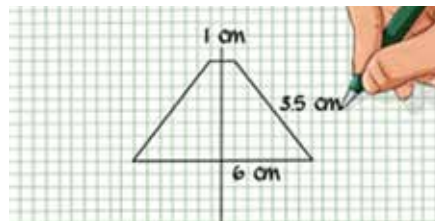
■ مداد

■ قیچی

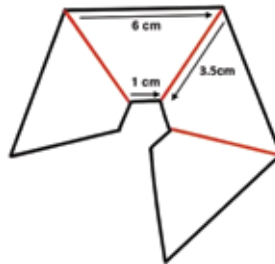
■ کاتر

■ نوار چسب

ابتدا یک دوزنقه $1 \times \frac{3}{5} \times 6$ سانتی متر روی کاغذ شطرنجی ترسیم کنید.



الگو را ببرید و روی قاب CD قرار دهید و ۴ دوزنقه برش دهید. (این کار را با دقت انجام دهید و سعی کنید که همه دوزنقه ها یکسان باشند) دوزنقه ها را با استفاده از نوار چسب به هم وصل کنید تا شبیه هرم شوند.



چهار دوزنقه روی قاب CD ببرید و کناره‌های آن‌ها را به هم وصل کنید.

