

## ارائه روش‌های خلاقانه بر روی فیبر نوری به منظور تولید منسوجات درخشان الکترونیکی

الهام فعلی و امین مفتاحی\*

دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، دانشکده هنر و معماری، گروه طراحی پارچه و لباس

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۶/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۲)

چکیده: در این پژوهش با استفاده از روش‌های خلاقانه روی سطح فیبر نوری پلیمری، افکت‌های جدید نوری ایجاد شد تا در تولید منسوجات درخشان برای طراحی البسه با قابلیت انتشار نور مورد استفاده قرار گیرد. بدین جهت فیبرهای نوری در ۳ ضخامت ۰/۷۵، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متر تهیه و سپس با روش‌هایی همچون گره زدن، هویه‌کشی، سایش سطح با سمباده، ذوب کردن و ایجاد خراش با ابزار برش، تحت عملیات ثانویه فیزیکی قرار گرفتند و در مرحله بعد به وسیله لامپ LED نوردهی انجام شد و میزان نوردهی فیبرها توسط دستگاه توان‌سنج نوری ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که نور خارج شده از فیبر ضخیم‌تر نسبت به سایر نمونه‌ها از درخشش بیشتری برخوردار بوده و با کاهش ضخامت آن، میزان انتشار نور کمتر می‌شود. همچنین فیبر ضخیم‌تر انعطاف‌پذیری کمتری نسبت به فیبر نازک‌تر از خود نشان داد. لازم به ذکر است که فیبرهای نوری پلاستیکی نازک‌تر، شکننده‌تر و نسبت به گرما حساس‌تر هستند و به سرعت ذوب می‌شوند. به علاوه در روش‌های گره زدن و ذوب کردن، نور به صورت نقطه‌ای و سه بعدی حاصل می‌شود. همچنین در روش ذوب کردن به علت تشکیل فرم کروی در سر فیبر، نور حاصل شده بسیار درخشان‌تر از نمونه‌های دیگر است. از سوی دیگر در نمونه‌های سمباده‌کشی شده و هویه‌کاری شده به علت شفاف بودن فیبر و ایجاد آسیب خطی در آن، نور به صورت یکنواخت منتشر می‌گردد. همچنین نتایج به دست آمده نشان داد که الیاف نوری، ظرفیت بالایی را برای تولید منسوجات درخشان الکترونیکی در صنعت مد و لباس دارند.

واژه‌های کلیدی: البسه درخشان، پلی‌متیل متاکریلات، فیبر نوری، منسوجات الکترونیکی، پارچه لومینسانس.

\* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: A\_meftahi@azad.ac.ir

## Creative Techniques on Optical Fiber to Produce Luminescence Electronic Textiles

E. Feli and A. Meftahi\*

Textile and Clothing Design Department, Faculty of Art and Architecture, Islamic Azad University, South Tehran Branch

## ABSTRACT

In this research, creative techniques have been applied on the surface of polymer optical fiber to observe new optical effects in the production of luminous textiles and their further application in designing luminous clothing. Accordingly, optical fibers of three different thicknesses (0.25, 0.5, and 0.75 mm) were subjected to secondary operations using techniques such as knotting, pulling, grinding the surface with sandpaper, melting, and creating scratches with a cutter, and were exposed to LED to evaluate their luminescence. The result showed that the light emitted from fibers with greater thickness shined more than the similar samples in fibers with less thickness. Additionally, a thicker fiber has been proven to be less flexible than a thinner fiber. Thinner plastic fibers revealed faster melting and were more fragile and more sensitive to heat. In the knotting and melting methods, the obtained light was appeared in the form of a three-dimensional spotlight. In the melting method, the resulting light was appeared brighter than other samples due to the formation of a spherical shape in the fiber tip. On the other hand, the light emitted from the samples exposed to sanding and pulling scatter appeared uniformly due to the fiber transparency and linear processing. The conducted research declared the high potential of optical fibers for the production of luminous textiles with unique design capabilities and their high efficiency in the fashion and clothing industry.

**Keywords:** Luminous clothing, Poly methyl methacrylate, Optical fiber, Electronic textiles, Luminous fabric.

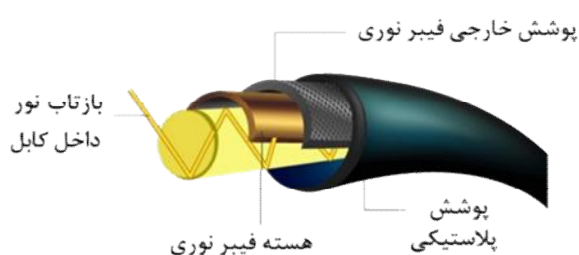
## ۱- مقدمه

نوین ایجاد نمود و با معرفی دستاوردهای خود تحولی بی نظیر را برای زندگی بشر رقم زد. با پیشرفت علم و فناوری، یکی از اساسی ترین دغدغه های بشر در دنیای مُد و پوشاک، تولید لباس های خاص با قابلیت منحصر به فرد بودن است. این لباس ها باید بتوانند مستقیم روی بدن نرم و منحنی انسان قرار گیرند. به همین دلیل، خلاقیت و نوآوری در ارائه جدیدترین روش های تولید لباس از اهمیت ویژه ای برخوردار است (۲) و تولید و ارائه منسوجات الکترونیکی یکی از این رخدادهای مهم علمی است که برای کاربران با سلیقه های خاص بستری ویژه و متفاوت ایجاد نموده است (۳).

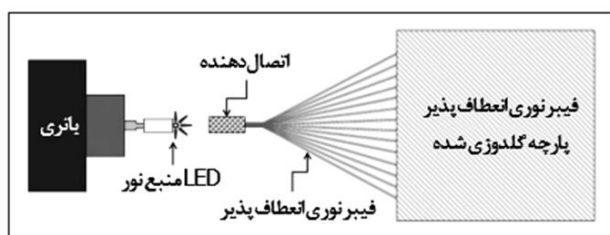
در واقع منسوجات الکترونیکی به منسوجاتی گفته می شود که در ساختار تولیدشان از قطعات الکترونیکی استفاده شده است به طوری که اتصالات این قطعات باید به صورت درونی و غیر قابل مشاهده و قابل انعطاف باشند؛ بنابراین گره نمی خورند و به اجسام اطراف گیر نمی کنند و برای تولیدشان نمی توان از سایر روش های تولید تجهیزات الکترونیکی موجود بهره برد (۴).

در طول هزاران سال تاریخ بشر، نیاز انسان به لباس به عنوان محافظی در برابر گرما و سرما، حفاظی در برابر تهدیدات محیط زیست و ابزاری برای انتقال پیام ثابت شده است. با پیشرفت بشر، تولید منسوجات و پوشاک به صنعت وسیعی در سراسر دنیا تبدیل گردید و کاربردهای متفاوتی را در زمینه های مختلفی چون مُد و زیبایی، مصارف صنعتی و پزشکی پیدا نمود. رفته رفته تحقیقات زیادی بر روی منسوجات مختلف انجام شده تا بتوان با تغییر در ساختار فیزیکی یا شیمیایی آن ها، خواص ویژه ای به این منسوجات داد و در کاربردهای متفاوتی از آن ها استفاده کرد؛ چراکه در دنیای مدرن هر فرد در طول زندگی خود می تواند برای متمایز بودن چیزی شخصی و خاص را از انتخاب نوع پوشش تا تزئین دکوراسیون منزل خود خلق کند و منسوجات همیشه نقش مهمی را در تحقق این مهم داشته اند و امکانات زیادی اعم از رنگ، طرح، شکل، بافت و فرم را در اختیار کاربران قرار می دهند (۱).

در این میان توسعه تکنولوژی تغییرات شگرفی را در دنیای



شکل ۱- ساختار فیبر نوری (۱۰).



شکل ۲- ساختار پارچه درخشان تهیه شده از فیبر نوری (۹).

"پوشش" از یک ماده شفاف مثل شیشه یا پلاستیک تشکیل شده است و به وسیله این رشته‌ها می‌توان داده‌هایی مثل نور، تصویر و صوت را از یک سر وارد و به سمت دیگر انتقال داد (۹). انتقال نور بین دو انتهای فیبر توسط فرآیند بازتاب کلی انجام می‌شود که در برابر میدان‌های الکترومغناطیسی مصون هستند (۸ و ۱۱).

همان‌گونه که در شکل (۲) نمایش داده شده است موج نوری که از نقطه اتصال بین فیبر نوری و منبع نور شروع می‌شود، از درون رشته فیبر نوری به سمت مخالف حرکت می‌کند و با استفاده از چنین تجهیزات و اجزایی، پارچه فیبر نوری می‌تواند عملکرد درخشش یا لومینسانسی را ارائه دهد (۹).

فیبر نوری را نه تنها در انتهای آن، بلکه می‌توان در مکان‌های انتخابی خاص در امتداد فیبر، روشن کرد (۸ و ۱۲). در دهه ۸۰-۷۰ میلادی اولین پارچه بافت شده با فیبر نوری در منسوجات ظاهر شد (۸). فیبرهای نوری پلیمری در ساختارهای نساجی، رسانه‌های برای انتقال نور و با هدف دستیابی به پارچه‌های روشن شونده، ادغام می‌شوند (۱۳).

یکی از کارکردهای مهم منسوجات الکترونیکی تولید کالا با قابلیت انتشار نور یا منسوجات درخشان است و یکی از روش‌های نورانی کردن منسوجات استفاده از فیبر نوری در بافت یا بستر پارچه است که با توجه به روش استفاده از آن می‌توان جلوه‌های ویژه‌ای به لباس بخشید (۲).

در حال حاضر انقلاب جدیدی در جریان است که در آن پر مصرف‌ترین مواد که منسوجات و پوشاک می‌باشند با ترکیب قطعات الکترونیکی کارایی جدیدی به دست آورده‌اند. طبق تحقیقات، علی‌رغم مشاهده نمونه‌هایی از لباس‌های درخشان در دهه‌های گذشته و با توجه به این‌که استفاده از نور و درخشندگی در لباس نو و منحصر به فرد است، نیاز و ضرورت کاربران به داشتن این نوآوری احساس می‌شود. حدود ۱۵۰ سال پیش، برای اولین بار عبور نور از یک فیبر نوری نشان داده شد و با استفاده از شیشه توسعه پیدا کرد. در دهه ۱۹۶۰ برای اولین بار مفهوم پارچه‌های روشن شونده به‌عنوان ثبت اختراع توسط شرکت DuPont ارائه گردید و پیرو آن، در سال ۱۹۶۷ این محصول، با استفاده از الیاف نوری پلیمری در پارچه‌های نساجی مطرح گردید (۵).

تا به امروز نیز بررسی‌های زیادی بر روی فیبر نوری و کاربرد آن در مصارفی چون ساختمان‌ها، خودروها، راه‌آهن‌ها و هوانوردی منتشر شده اما مطالعاتی که در آن‌ها فیبر نوری در منسوجات استفاده شده باشد کم است و بر خلاف منسوجات معمولی که در هنگام مصرف در تعامل با افراد و محیط بی‌اثر می‌مانند، منسوجات نورانی بستر ارتباطی جایگزینی را در اختیار مصرف‌کنندگان خود قرار می‌دهند (۶ و ۷).

لازم به ذکر است که فیبر نوری از مواد عایق دی‌الکتریک تشکیل شده و در برابر تداخل الکترومغناطیسی، ایمنی کامل ایجاد می‌کند. این لیف دارای یک ناحیه مرکزی به نام "هسته" است که موج نور از آن عبور می‌کند و توسط یک منطقه خارجی به نام "پوشش یا پوسته" احاطه می‌گردد و ضریب شکست مواد هسته، همیشه بالاتر از مواد روکشی است (۸ و ۹). شکل (۱) ساختار یک فیبر نوری را نشان می‌دهد.

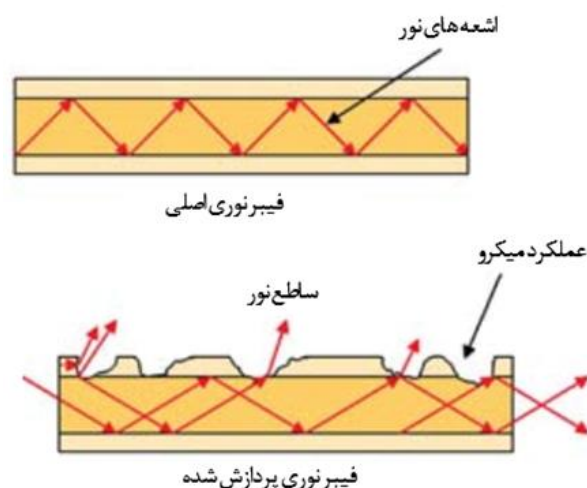


شکل ۴- لباس نورانی تولید شده توسط زک پوزن (۱۹).

اگرچه ترک در پارچه‌های فیبر نوری درخشندگی بیشتری در مقایسه با نشت نوری توسط خم میکرو ایجاد می‌کند، ولی پارچه عمل شده با روش خم میکرو، می‌تواند در طول بیشتری بدرخشد (۱۵).

بیشتر فیبرهای مورد استفاده برای درخشش یکپارچه در کالای نساجی شامل هسته‌های ساخته شده از پلی‌متیل متاکریلات است. پلی‌کربنات به‌عنوان ماده فیبر نوری برای ساختار نساجی، به ویژه به دلیل پایداری بهتر در دماهای بالاتر در مقایسه با پلی‌متیل متاکریلات، و با حساسیت کمتر به رطوبت مورد توجه قرار گرفته است اما پارچه‌هایی با فیبر نوری پلی‌کربناتی یکپارچه هنوز در بازار موجود نیستند (۵).

طراح مد زاک پوسن یک لباس شب روشن با منسوجات فوتونیک بافته شده برای مراسم فرش قرمز مت گالا ۲۰۱۶ طراحی کرد. همان‌گونه که در شکل (۴) نمایش داده شده است این لباس از پارچه‌های ارگانزا بافته شده با فیبر نوری ساخته شده بود و برای روشن شدن لباس، چراغ‌های LED توسط ۳۰ بسته باتری کوچک که در آستر دوخته شده بود تغذیه می‌شد (۱۳ و ۱۹).



شکل ۳- اصل انتشار جانبی (۱۴).

انتشار نور در سطح فیبر نوری با روش‌های متفاوتی امکان‌پذیر است. نوری که از طریق فیبر نوری بافته شده در یک پارچه ساده عبور می‌کند را می‌توان از طریق خراش‌هایی توسط فرورفتگی‌های مکانیکی، طرح‌ریزی ذرات یا عملیات شیمیایی روی روکش برای ایجاد فرورفتگی در فیبر، مهیا نمود. برای ایجاد این نوع فرورفتگی‌ها استفاده از فیبر نوری پلاستیکی به‌عنوان جایگزینی برای الیاف شیشه رایج شده‌اند (۸). شکل (۳) بیان‌کننده اصل انتشار جانبی در فیبر نوری است و نحوه انتشار نور از محل‌های آسیب دیده پوسته را نشان می‌دهد.

انتشار نور در فیبر نوری را می‌توان با استفاده از خمش نیز به‌دست آورد. خم شدن فیبر زاویه انکسار نور را افزایش می‌دهد و نور به بیرون نشت می‌کند (۱۵). فروپاشی نور در طول فیبر به زاویه خمش بستگی دارد برای تحقق این منظور می‌توان از دو روش گلدوزی یا بافندگی استفاده کرد (۱۶). همچنین بریدگی جانبی، سایش مکانیکی سطح و سندبلاست، منجر به توزیع نور می‌شود و افزودن ذرات پراکنده در هسته فیبر نوری می‌تواند انتشار نور را برانگیزد (۵، ۱۱ و ۱۷). بریدگی کناری به نقاط نور اجازه انتشار می‌دهد، درحالی‌که سایش سطح، منجر به توزیع یکنواخت نور می‌گردد (۵). این آسیب‌ها می‌تواند پس از ساخت منسوجات فیبر نوری نیز اعمال شوند (۱۸).

و سپس با دستگاه پاورمتر که نوعی توان‌سنج نوری با حساسیت بالا می‌باشد مورد آزمایش نورسنجی قرار گرفتند. آزمایش بر روی فیبرهای نوری با سه قطر ۰/۷۵، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متر حداقل سه بار انجام گردیده و مقدار میانگین در نتایج درج شد.

روش‌های ذکر شده بر سه رشته فیبر نوری با طول یک متر و در فواصل یکسان ایجاد گردید. در روش ذوب انتهای هر فیبر نوری به وسیله هویه داغ نرم شد و به محض اینکه فیبر به حالت مذاب در آمد، با گرمای هویه به صورت کروی، شکل داده شد. بعد از مراحل آماده‌سازی، نقاط آسیب دیده به دست آمده به وسیله LED نوردهی و مورد آزمایش نورسنجی قرار گرفتند.

### ۲-۳- بافت و پارچه‌سازی با فیبرهای نوری آسیب دیده

بعد از انجام روش‌های مختلف، از فیبرهای نوری آسیب دیده در بافت حلقوی، بافت تار پودی، عبور فیبر در رج‌های بافته شده و همچنین پارچه‌سازی استفاده گردید و به منظور ایجاد جلوه‌های رنگی نور در برخی نمونه‌ها علاوه بر LED سفید از LEDهای رنگی دیگر نیز استفاده شد.

### ۳- نتایج و بحث

در روش گره به علت خم شدن فیبر، زاویه انکسار نور افزایش پیدا می‌کند و گسیل نور به بیرون اتفاق می‌افتد. لازم به ذکر است که نور تشکیل شده در این روش به صورت نقطه‌ای و سه بعدی است. در این روش وضوح نور به علت خم شدن در قسمت‌های گره نسبت به زمان قطع‌شدگی کمتر است ولی درخشندگی نور در امتداد بیشتری از فیبر باقی می‌ماند. در مقایسه فیبرهای نوری با سه ضخامت ۰/۷۵، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متر، بر اساس نتایج مندرج در شکل (۶)، میزان درخشندگی گره در فیبر ضخیم‌تر بیشتر از فیبر نازک‌تر است. همچنین با اضافه شدن ضخامت فیبر، نور و درخشندگی در تعداد گره‌های بیشتری در طول فیبر دیده می‌شود (۱۵ و ۱۶).

بر این اساس در پژوهش حاضر تاثیر انواع عملیات فیزیکی مانند ذوب کردن و هویه کاری بر روی فیبر نوری برای تولید منسوجات درخشان الکترونیکی مورد بررسی قرار گرفت.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد مورد استفاده

برای انجام آزمایش‌ها در این پژوهش از فیبر نوری از جنس پلی‌متیل متاکریلات از شرکت پرتو لایت استفاده شده است. LED، دیود نورافشان یا دیود نورانی است که کاربرد وسیعی در مصارف خانگی و صنعتی دارد و دیود گسیل نور یا دیود نوردهنده نیز نامیده می‌شود و به رنگ‌های متفاوت در بازار موجود است (۲۰). در این پژوهش، برای تاباندن نور به داخل فیبر نوری از LED با نور سفید ۰/۵ وات استفاده شد و در نمونه‌های پارچه‌سازی برای نشان دادن جلوه‌های رنگی نور، علاوه بر نور سفید از LED آبی و نارنجی هم استفاده گردید. همچنین برای انتقال نور مستقیم از منبع نور به داخل فیبر، از یک اتصال دهنده<sup>۱</sup> مرسوم استفاده شد. لازم به ذکر است که اتصال دهنده فیبر نوری قطعه‌ای است که می‌تواند اتصال یا قطع ارتباط با منبع نور را ایجاد کند و هسته فیبر را برای عبور موفق و بدون اتلاف نور، تراز کند. بنابراین اتصال دهنده فیبر نوری تأثیر مهمی بر قابلیت انتقال نور و عملکرد سیستم دارد. به علاوه به منظور سنجش نور در نقاط مورد نظر روی سطح فیبر نوری از دستگاه توان‌سنج نوری<sup>۲</sup> ساخت شرکت THORLABS که توانایی سنجش نور از ۴۰۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر را دارد، استفاده گردید.

### ۲-۲- روش‌ها و روش‌های آماده‌سازی فیبر نوری

برای آسیب زدن به سطح و لایه خارجی فیبر نوری و استخراج نور، روش‌های خلاقانه متفاوتی چون گره زدن، هویه کاری، سمباده‌کشی، ذوب کردن و ایجاد شکاف جانبی توسط ابزار برش بر روی فیبر نوری اعمال شد که در شکل (۵) نشان داده شده است. هر کدام از رشته‌های فیبر نوری بعد از آماده‌سازی به وسیله روش‌های ذکر شده، در معرض نور LED قرار گرفتند



(ب)



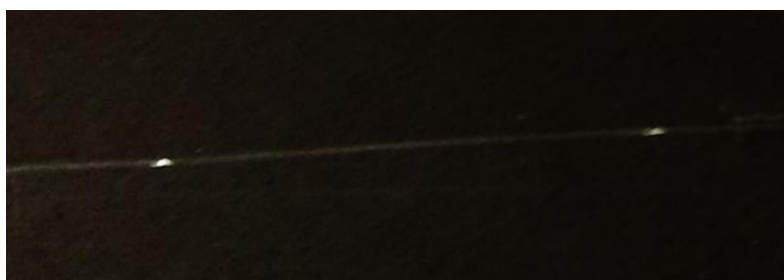
(الف)



(د)



(ج)

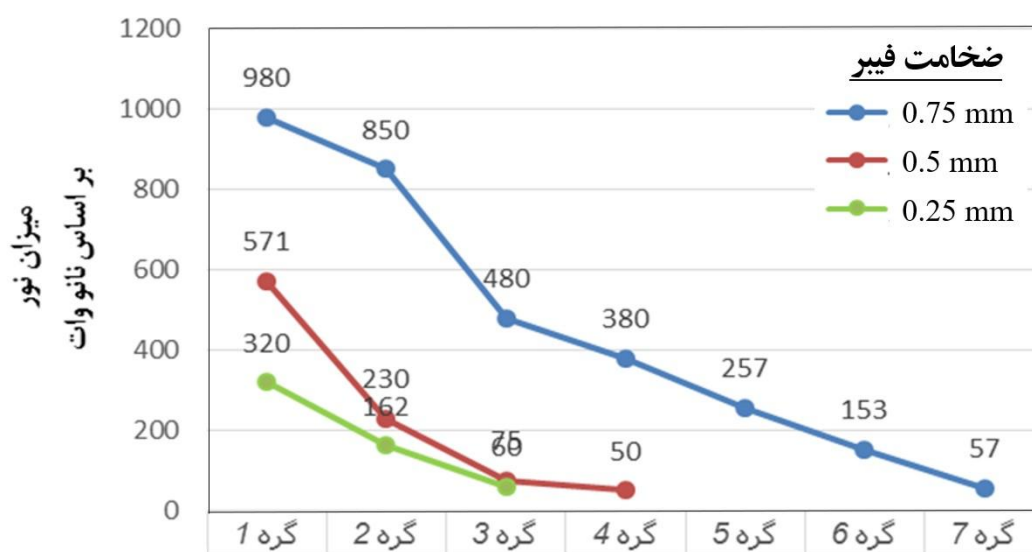


(ه)

شکل ۵- روش های فیزیکی استفاده شده برای آسیب زدن به روکش فیبر نوری پلیمری؛  
 (الف) گره زدن، (ب) هوپه کاری، (ج) ذوب کردن، (د) سمباده کشی، (ه) ایجاد شکاف جانبی توسط ابزار برش.



شکل ۶- مقایسه میزان شدت درخشندگی نور در روش گره با سه ضخامت ۰/۷۵، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی متر.



شکل ۷- نتایج نورسنجی نقاط ایجاد شده به وسیله گره در فیبر نوری به سه ضخامت.

در روش سمباده‌کشی، بعد از نوردی به فیبرهای ساییده شده به دلیل این که سطح فیبر به صورت یکنواخت آسیب می‌بیند و فیبر شفاف است، توزیع یکنواخت نور صورت می‌گیرد و درخشندگی در اطراف قسمت آسیب دیده به صورت سراسری منتشر می‌شود. نقاط سمباده کشیده شده به دلیل این که نور به صورت یکنواخت منتشر می‌شود نسبت به ناحیه اطراف آن درخشان‌تر است و به علت میزان کم نور، نورسنجی امکان‌پذیر نیست، اما بر اساس نتایج شکل (۹)، میزان درخشندگی فیبر ضخیم‌تر بیشتر از فیبرهای دیگر است. نتیجه مقایسه سه ضخامت فیبر نوری در این روش نشان داد که امتداد درخشندگی نور در فیبر ضخیم‌تر طولانی‌تر از فیبر نازک‌تر است و به مرور نور کم می‌شود تا جایی که دیگر نوری مشاهده نمی‌شود.

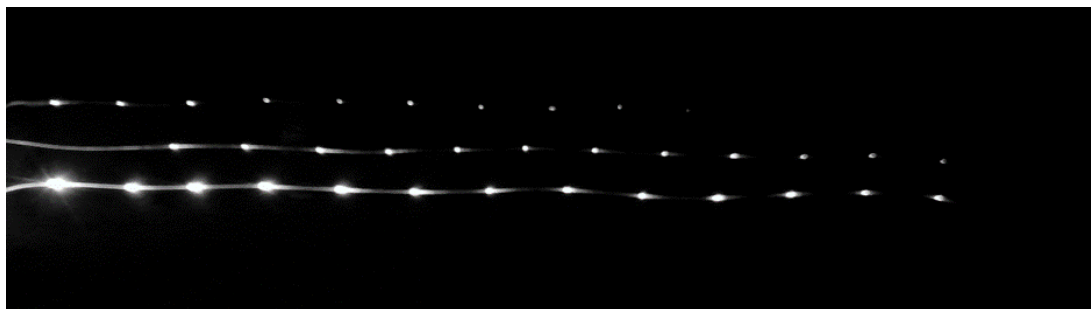
در روش ذوب کردن به علت این که سر فیبر فرم کروی شکل می‌گیرد، کل نور تابیده شده در قسمت کره‌ای شکل محصور و از تمام نقاط کره نور به بیرون تابیده می‌شود. نور پدید آمده در این روش طبق شکل (۱۰) به صورت نقطه‌ای و سه بعدی است که با سایر تحقیقات در تطابق است (۷). همچنین به دلیل این که فیبر در نقطه ذوب قطع می‌شود و دیگر امتداد ندارد، تنها یک نقطه برای نورسنجی وجود دارد. میزان



شکل ۸- درخشش نور در فیبر نوری هویه‌کشی شده.

شایان ذکر است که با توجه به حساسیت دستگاه پاورمتر موجود در این روش، هفت گره اول فیبر نوری با ضخامت ۰/۷۵ میلی‌متر، چهار گره اول با ضخامت ۰/۵ میلی‌متر و سه گره اول با ضخامت ۰/۲۵ میلی‌متر طبق شکل (۷) قابل سنجش نور بودند.

در روش هویه‌کشی به دلیل این که جنس فیبرهای نوری از پلاستیک است وقتی با هویه داغ روی سطح آن کشیده می‌شود، روکش فیبر آسیب دیده و ذوب می‌شود؛ این عمل باعث می‌گردد آسیب خطی به سطح وارد و نور در سطح فیبر به صورت یکنواخت انتشار پیدا کند که در شکل (۸) نشان داده شده است. به همین علت در این روش با دستگاه پاورمتر موجود امکان نورسنجی وجود نداشت که منطبق با نتایج پژوهش‌های پیشین است (۵).



شکل ۹- مقایسه میزان شدت درخشندگی نور در روش سمباده با سه ضخامت ۰/۷۵، ۰/۵ و ۰/۲۵ میلی‌متر.



شکل ۱۰- مقایسه میزان درخشش نور در روش ذوب.

شکل (۱۳)، میزان درخشندگی در طول فیبر به مرور و به شکل ملایم کم می‌گردد و اگر خراش‌ها به صورت یکسان ایجاد شود، نور و درخشندگی در امتداد بیشتری از طول فیبر دیده می‌شود.

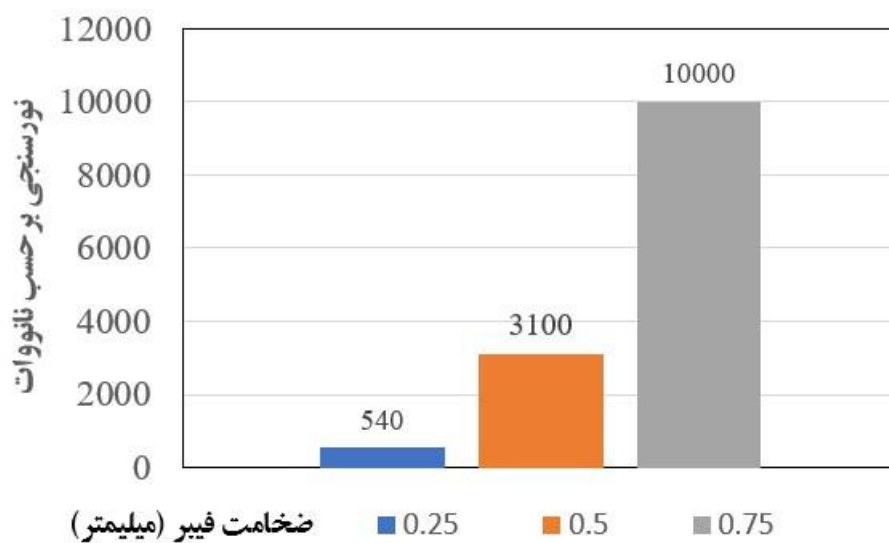
شکل (۱۴) نیز نتایج حاصل از به‌کارگیری روش‌های مختلف به‌کارگیری فیبرهای نوری عمل شده در منسوجات و لباس را نشان می‌دهند. نتایج حاصل از این آزمایش نشان می‌دهد که استفاده از روش‌های مختلف و همچنین رنگ‌های متنوع LED می‌تواند تنوع بسیار وسیعی از منسوجات الکترونیکی با قابلیت درخشش را تولید نمایند و زمینه توسعه صنعت مد پایدار با استفاده از فناوری فیبرنوری و عملیات‌های فیزیکی مؤثر بر روی آن را بیش از پیش فراهم آورد. لازم به ذکر است تا زمانی که منبع نور به فیبر نوری بتابد، نقاط آسیب دیده نورانی باقی می‌مانند و با استفاده از باتری می‌توان این امر را در لباس مدیریت کرد. همچنین می‌توان در بخش‌هایی از لباس از این روش استفاده نمود که در تماس مستقیم با بدن

درخشندگی فیبرهای ذوب شده با سه ضخامت طبق شکل (۱۱) نسبت به روش‌های دیگر عدد بالاتری را در مقیاس نانوات نشان می‌دهد و جلوه درخشندگی بیشتری مشاهده می‌شود. این بدان معنی است که فیبر ۰/۷۵ میلی‌متر حدوداً دو برابر درخشان‌تر از نمونه ۰/۲۵ میلی‌متر است. در واقع علی‌رغم افزایش سه برابری قطر میزان درخشندگی در این روش حدوداً دو برابر افزایش یافته است.

در روش ایجاد شکاف با ابزار برش بر سطح فیبر نوری که در شکل (۱۲) آمده است، به دلیل شفافیت فیبر، کمی کشیدگی نور در اطراف نقطه مشاهده می‌شود، ولی محل شکاف درخشان‌تر است. در این روش نیز درخشندگی نقاط در فیبر ضخیم‌تر بیشتر از فیبر نازک‌تر است.

درخشندگی نقاط فیبرهای نوری عمل شده با ابزار برش به دلیل ظرافت محل آسیب کم است به همین دلیل امکان نورسنجی با پاورمتر میسر نشد. با این وجود بر اساس نتایج

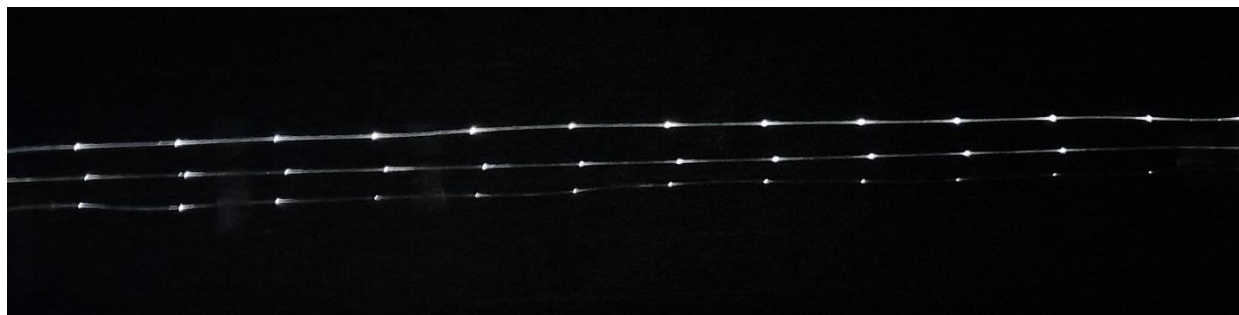




شکل ۱۱- نورسنجی فیبرهای ذوب شده.



شکل ۱۲- درخشندگی فیبر نوری در اثر ایجاد شکاف با ابزار برش.



شکل ۱۳- مقایسه اثر ابزار برش بر فیبر نوری با سه ضخامت.



(ب)



(الف)



(ج)



(ه)



(د)



(و)

شکل ۱۴- (الف) عبور فیبر نوری از داخل حلقه‌های بافت. (ب) بافت حلقوی توسط رشته فیبر نوری و کاموا آکرلیک. (ج) روش هوبه‌کشی در بافت تار پودی (نخ تار: فیبر نوری، نخ پود: کاموا آکرلیک). (د) پارچه‌سازی با فیبر نوری و تابش نور LED سفید. (ه) پارچه‌سازی با فیبر نوری و تابش نور LED رنگی. (و) استفاده از فیبرهای نوری عمل شده با روش‌های فیزیکی بر روی لباس.

جدول ۱- مقایسه ویژگی‌های فیبرهای نوری با ضخامت‌های مختلف

ضخامت (میلی‌متر)	نوردهی	انعطاف‌پذیری	شکنندگی
۰/۷۵	بیشتر	کمتر	کمتر
۰/۵	متوسط	متوسط	متوسط
۰/۲۵	کمتر	بیشتر	بیشتر

ویژه‌ای برخوردار است فراهم می‌کند. این در حالی است که این روش‌ها خلاقانه هستند و هر طراح می‌تواند با استفاده از هنر، ایده و خلاقیت خود در جهت طراحی لباس از آن‌ها استفاده نماید و در تلفیق آن با فرآیندهای گلدوزی، بافتنی، پارچه‌سازی، اتصال فیبر نوری به لباس و تکه دوزی لباس منحصر به فرد خود را تولید کند.

همچنین پوشاک تولید شده با این روش‌ها در طول زمان از نظر جلوه نوری می‌تواند از یک لباس به لباسی دیگر تغییر پیدا کند. مزیت دیگر استفاده از فیبر نوری در تولید البسه نورانی این است که با روش‌های آسان و خلاقانه می‌توان طیف نوری در لباس ایجاد کرد و استفاده از روش‌های ارائه شده در این پژوهش، ارزان‌تر از روش‌های مشابه قبلی نظیر حک لیزری، عملیات شیمیایی و فیزیکی بر روی فیبر نوری است. به علاوه، پارچه ساخته شده توسط فیبر نوری دارای ویژگی‌هایی چون سبکی، نرمی، انعطاف‌پذیری و درخشندگی است و می‌تواند برای انواع لباس و لوازم جانبی مانند کیف استفاده شود. این پژوهش علاوه بر معرفی نمونه‌ای از کاربرد فناوری در مد می‌تواند در صنعت مُد کاربردهای متفاوتی داشته باشد.

### تشکر و سپاسگزاری

نویسندگان مقاله اذعان دارند هیچ نوع تضاد منافی با شخص، شرکت یا سازمانی برای این پژوهش ندارند.

### تضاد منافع

این تحقیق حمایت خاصی از مؤسسات عمومی، صنعتی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

نبوده و موجب ایجاد اختلال در فعالیت‌های روزانه نگردد و علاوه بر آن راحتی مصرف‌کنندگان را تهدید ننماید. به علاوه انتقال یا انتشار نور را می‌توان در هر بخشی از یک محصول پوشیدنی با ادغام فیبرهای نوری در ساختارهای نساجی مناسب به دست آورد. این ویژگی‌ها، فیبرهای نوری را به یک ماده ایده‌آل برای جاسازی در ساختارهای نساجی تبدیل می‌نماید (۴).

### ۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش با ارائه روش‌های جدید و خلاقانه بر روی فیبر نوری پلاستیکی و تاباندن نور به وسیله LED به داخل فیبرها، اثرهای درخشان متفاوتی به دست آمد. طبق نتایجی که حاصل شد، در تمام روش‌ها هر قدر ضخامت فیبر نوری بیشتر باشد، میزان درخشندگی نور بیشتر می‌شود، ولی خاصیت انعطاف‌پذیری کمتر می‌گردد. همچنین میزان درخشندگی فیبرهای ذوب شده نسبت به روش‌های دیگر مقدار بالاتری را نشان می‌دهد و جلوه درخشندگی بیشتری مشاهده می‌شود (جدول ۱).

فیبرهای موجود در بازار به خاطر داشتن روکش پلاستیکی به گرما حساس هستند و سریع ذوب می‌شوند، در نتیجه هنگام اتوکشی یا مواجهه با حرارت بالا از بین می‌روند و به همین منظور از آن‌ها می‌توان در تولید منسوجات الکترونیکی با قابلیت انتشار نور استفاده نمود.

لازم به ذکر است که استفاده از این روش‌ها زمینه ایجاد نور و درخشندگی در لباس را فراهم نموده و با انجام عملیات ساده‌ای مانند استفاده از تغییر رنگ LED، زمینه ارائه این روش‌ها را در صنعت مد که در آن تغییر لحظه‌ای از اهمیت

## واژه‌نامه

## 1. Connector

## 2. Optical power meter

## مراجع

- Harold P. Creating a magic lighting experience with textiles. *Password: Philips Research Technology Magazine*. 2006;28:6-11.
- Gong Z, Xiang Z, OuYang X, Zhang J, Lau N, Zhou J, et al. Wearable fiber optic technology based on smart textile: A review. *Materials*. 2019;12(20):3311. doi.org/10.3390/ma12203311
- Stoppa M, Chiolerio A. Wearable electronics and smart textiles: A critical review. *sensors*. 2014;14(7):11957-92. doi.org/10.3390/s140711957
- Cherenack K, Van Pieteron L. Smart textiles: Challenges and opportunities. *Journal of Applied Physics*. 2012;112(9):091301. doi.org/10.1063/1.4742728
- Selm B, Gürel EA, Rothmaier M, Rossi RM, Scherer LJ. Polymeric optical fiber fabrics for illumination and sensorial applications in textiles. *Journal of intelligent material systems and structures*. 2010;21(11):1061-71. doi.org/10.1177/1045389X10377676
- Selm B, Rothmaier M, Camenzind M, Khan TN, Walt H. Novel flexible light diffuser and irradiation properties for photodynamic therapy. *Journal of biomedical optics*. 2007;12(3):034024. doi.org/10.1117/1.2749737
- Tan J. Photonic fabrics for fashion and interior. *Handbook of smart textiles: Springer Singapore*; 2015. p. 1005-33. doi.org/10.1007/978-981-4451-45-1\_29
- Cochrane C, Meunier L, Kelly FM, Koncar V. Flexible displays for smart clothing: Part I—Overview. 2011.
- Yang, J. H., Cho, H. S., & Lee, J. H. An analysis on the luminance efficiency of the machine embroidery method applied to flexible plastic optical fiber for realization of the textile display. *Textile Research Journal*. 2018; 88(13), 1466-1478. doi.org/10.1177/0040517517703197
- Su Y-D, Preger Y, Burroughs H, Sun C, Ohodnicki PR. Fiber optic sensing technologies for battery management systems and energy storage applications. *Sensors*. 2021;21(4):1397.
- Shen J, Chui C, Tao X. Luminous fabric devices for wearable low-level light therapy. *Biomedical Optics Express*. 2013;4(12):2925-37. doi.org/10.1364/BOE.4.002925
- Cochrane C, Mordon SR, Lesage JC, Koncar V. New design of textile light diffusers for photodynamic therapy. *Materials Science and Engineering: C*. 2013;33(3):1170-5. doi.org/10.1016/j.msec.2012.12.007
- Ge L, Tan J. Development of three-dimensional effects and stretch for polymeric optical fiber (POF) textiles with double weave structure containing spandex. *The Journal of The Textile Institute*. 2021;112(3): 398-405. doi.org/10.1080/00405000.2020.1761679
- Koncar V. Optical fiber fabric displays. *Optics and Photonics news*. 2005;16(4):40-4. doi.org/10.1364/OPN.16.4.000040
- MASUDA A, MURAKAMI T, HONDA K, YAMAGUCHI S. Optical properties of woven fabrics by plastic optical fiber. *Journal of Textile Engineering*. 2006;52(3):93-7. doi.org/10.4188/jte.52.93
- Mordon S, Cochrane C, Tylcz JB, Betrouni N, Mortier L, Koncar V. Light emitting fabric technologies for photodynamic therapy. *Photodiagnosis and photodynamic therapy*. 2015;12(1):1-8. doi.org/10.1016/j.pdpdt.2014.11.002
- Wang J, Huang B, Yang B. Effect of weave structure on the side-emitting properties of polymer optical fiber jacquard fabrics. *Textile Research Journal*. 2013; 83(11): 1170-80. doi.org/10.1177/0040517512471751
- Ge L. Novel woven structure design for polymeric optical fiber (POF) textiles. 2021.
- Kubley A, Chauhan D, Kanakaraj SN, Shanov V, Xu C, Chen R, et al. Smart textiles and wearable technology innovation with carbon nanotube technology. *Nanotube Superfiber Materials: Elsevier*; 2019. p. 263-311. doi.org/10.1016/B978-0-12-812667-7.00012-4
- Lee VW, Twu N, Kymissis I. Micro-LED technologies and applications. *Information Display*. 2016 Nov; 32(6): 16-23. doi.org/10.1002/j.2637-496X.2016.tb00949.x