

میکروالکترونیک‌های لیفی برای سیستم‌های پارچه‌ای پیشرفته



امکان گسترش دامنه مواد اولیه قابل پردازش و قابل تبدیل به الیاف باعث ایجاد قابلیت‌های جدید بسیاری در الیاف شده است از جمله قابلیت حس کردن و تحریک کردن، ذخیره انرژی، تغییر رنگ، انتشار و تشخیص نور، ذخیره داده‌ها، ایجاد ارتباط و غیره. در نتیجه موارد کاربردی جدید با عملکردهای پیچیده ظهور پیدا کرد. برای مثال پارچه‌هایی با سنسورهای تعبیه شده در آن‌ها برای سلامت و درمان، منسوجات سازگار با آب و هوا برای خنک‌کنندگی خودتنظیم، نمایشگرهای پارچه‌ای نرم و غیره.

اهداف فرهنگی. در اوایل دهه ۲۰۰۰ یک تغییر اساسی در زمینه فناوری الیاف به وقوع پیوست و دسته جدیدی از الیاف اختراع شد. این الیاف که از چند ماده اولیه تشکیل می‌شد توسط دانشمندان موسسه فناوری ماساچوست در سال ۲۰۰۰ اختراع شد و پس از آن و در طول دو دهه گذشته در آزمایشگاه‌های سراسر جهان گسترش پیدا کرد. در این دسته جدید از الیاف امکان به کارگیری مواد اولیه متفاوت از جمله نیمه رساناها، فلزات و عایق‌ها وجود دارد.

تاریخچه الیاف و منسوجات به آغاز تمدن بشر بازمی‌گردد اما جالب اینجاست که خصوصیات اصلی این مواد اولیه برای هزاران هزار سال تا حد زیادی دست نخورده باقی مانده است. در کل الیاف طبیعی مانند پنبه و پشم و الیاف مصنوعی مانند نایلون و پلی استر پایه و اساس بیشتر محصولات نساجی را تشکیل می‌دهند، با این حال این مواد از نظر عملکردی نسبتاً ساده هستند. به این ترتیب انسان همچنان همان خصوصیتی را از محصولات نساجی انتظار دارد که از قدیم داشت نظیر محافظت، زیبایی و

میکروالکترونیک‌ها در الیاف

با اصلاح منحصر به فرد فرایند کشش پریفرم به-الیاف می‌توان مواد اولیه‌ای را با کشش به الیاف تبدیل کرد که ویسکوزیته آن‌ها در طول فرایند کشش تغییری نمی‌کند. از این روش زمانی استفاده می‌شود که هدف به کارگیری اجزای میکروالکترونیک متداول به دست آمده از موادی نظیر سیلیکون است که در دماهایی بیشتر از دمای کشش الیاف با روکش پلیمری ذوب می‌شوند.

برای این کار تراشه‌های میکروالکترونیک درون پریفرم قرار داده می‌شوند و یک جفت کانال توخالی در دو طرف تراشه‌ها طول پریفرم را تعیین می‌کنند.

همزمان با کشیده شده پریفرم سیم فلزی (مانند مس) درون کانال‌ها قرار می‌گیرد. با کشیده شدن پریفرم‌ها و تبدیل آن‌ها به الیاف، سیم‌ها با تراشه‌های میکروالکترونیک تماس الکتریکی ایجاد می‌کنند و نیروی ایجاد شده در این سیم‌ها باعث فعال شدن تراشه‌ها درون الیاف می‌شود.

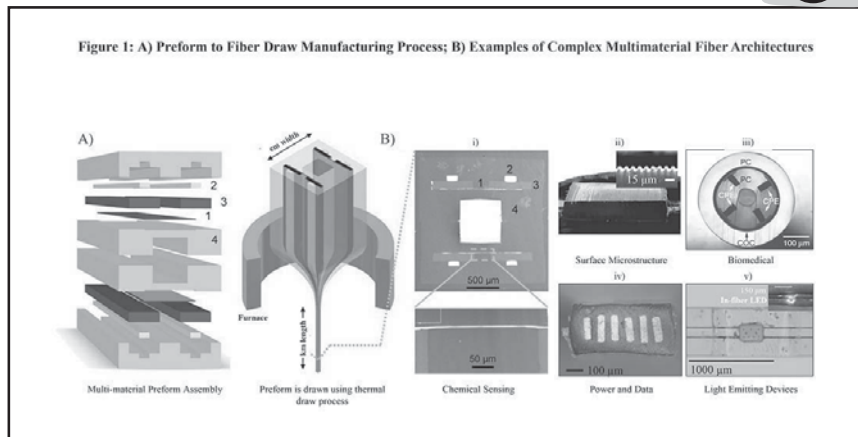
تصویر الیاف خارج شده از کوره در شکل ۲ نشان داده شده است؛ الیافی که حاوی تراشه‌های ال‌ای دی‌آبی هستند و تحت کشش از کوره خارج می‌شوند. فاصله ال‌ای‌دی‌های درون الیاف حدود ۳۰ سانتی‌متر است.

قرقره‌هایی که حاوی صدها متر از این الیاف هستند، از یک پریفرم واحد کشیده می‌شوند. می‌توان الیاف را طوری طراحی کرد که انواع مختلفی از دستگاه‌ها از جمله ال‌ای‌دی، آشکارساز نوری، ترمیستور یا مقاومت گرمایی، آراف‌ای‌دی و غیره را در خود جای دهد.

در حال حاضر تمرکز بیشتر بر روی قرار دادن تراشه‌های سفارشی با عملکرد محاسباتی پیشرفته درون الیاف است.

به کارگیری منسوجات

در حال حاضر پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینه فناوری تبدیل پریفرم کشیده شده به الیاف امکان ساخت سیستم‌های الکترونیکی



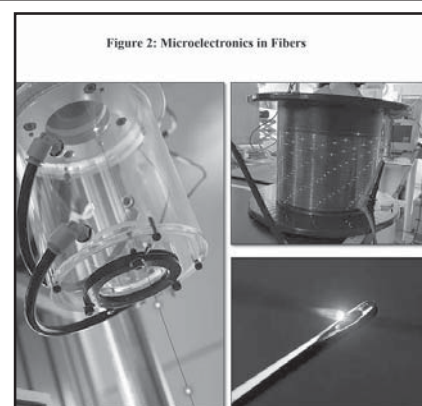
عبور داد، انجام فرایند بر روی دسته‌های مختلفی از مواد اولیه چالش برانگیز است. در نتیجه برای تولید الیاف چند ماده‌ای یک روش تولید کاملاً متفاوت توسعه یافته است. اساس این روش کشش پریفرم به الیاف است که مشابه روشی می‌باشد که برای تولید فیبر نوری به کار گرفته می‌شود. کشش الیاف چند ماده‌ای بر خلاف روش متداول کشش پریفرم به-الیاف که شامل کشش حرارتی یک ماده اولیه (معمولاً شیشه یا پلیمر) می‌شود، در واقع ساخت پریفرم چند ماده‌ای است.

این پریفرم‌ها تمامی مواد اولیه تشکیل‌دهنده الیاف نهایی را در خود دارند که با هندسه‌های خاص و کنترل شده‌ای آرایش یافته است.

پریفرم‌های چند ماده‌ای درون کوره حرارت‌دهی شده و با کشش به الیاف چند صد متری یا حتی چند کیلومتری تبدیل می‌شوند.

از آن جایی که فرایند کشش تحت حرارت پریفرم به الیاف در شرایط با ویسکوزیته بالا انجام می‌شود، می‌توان مقطع عرضی پریفرم را در حد مقطع عرضی الیاف حفظ کرد.

شکل ۱ روش کشش پریفرم به-الیاف را در کنار مقطع عرضی چند لیف نمونه نشان می‌دهد. جالب اینجاست که با استفاده از این روش می‌توان مقاطع عرضی غیرتعدالی مانند مستطیلی را به دست آورد.



در این مقاله خلاصه‌ای از فناوری پایه الیاف چند ماده‌ای و روش تولید آن‌ها، به کارگیری این الیاف در منسوجات و بعضی از موارد کاربردی آن‌ها آورده شده است.

فعالیت‌هایی که در این مقاله به آنها اشاره شده در ابتدا توسط سازمان پارچه‌های پیشرفته آمریکا انجام شده که بخشی از شبکه تولید ایالات متحده آمریکا (AFFOA) می‌باشد. این شبکه مجموعه‌ای از بیش از ۱۵۰ سازمان است که بر روی تجاری‌سازی و قابل تولید بودن الیاف و پارچه‌های پیشرفته و هوشمند در آمریکا فعالیت می‌کنند.

فرایند تولید به روش کشش پریفرم- به-الیاف

روش‌های متداول تولید الیاف مصنوعی مانند ذوب ریسی برای تولید الیاف حاوی مواد اولیه مختلف مناسب نیست.

در حالی که طیف گسترده‌ای از پلیمرها را می‌توان به روش ذوب ریسی از درون اکسترودر



سیستم‌های راه اندازی رنج می برند. AFFOA با همکاری آزمایشگاه لینکلن ام آی تی در حال توسعه یک سیستم سنجش جدید زیر دریا و طرح اندازه گیری است که بسیاری از این محدودیت‌ها را برطرف می کند. این سیستم که در پاسخ به نیازهای ارتش آمریکا در مأموریت ها راه اندازی شده از الیاف ظریف (قطر میلی متری) و الیاف بلند (طول چند صد متر) که سنسورهایی در جهت محور آنها با فاصله گذاری چند متری تعبیه شده، تشکیل می شود.

از اتصال الکتریکی در انتهای الیاف برای خواندن داده های به دست آمده از صدها گره حسگر در طول الیاف استفاده می شود (شکل ۴، سمت چپ).

مهم ترین نکته این سیستم قابلیت آن برای ثبت مداوم پارامترهای اقیانوسی متعدد در مقابل عمق آب و گزارش آن در لحظه می باشد که یک مزیت مهم در مقایسه با سیستم های موجود است.

اخیرا پروفایل حرارتی در طول یک لیف صد متری در اقیانوس نشان داده شده است؛ روش های دیگر حس کردن (شوری، نوری، مغناطیس سنجی) نیز در حال توسعه است. این کار راه را برای ایجاد سیستم اندازه گیری دائمی داده های اقیانوسی چند وجهی هموار می کند؛ سیستم هایی که به صورت سفارشی برای هوای مخصوص مأموریت، استقرار سطحی و زیر سطح و پشتیبانی از سنسورها طراحی شده اند که در فناوری های موجود در دسترس نیست.

ارتباطات: در میدان نبرد برقراری ارتباط امن از اهمیت زیادی برخوردار است به ویژه در تنظیمات شهری که احتمال رهگیری و ردیابی توسط نیروهای دشمن بالاست.

در حالی که هنوز هم عمدتاً از سیستم های ارتباطی رادیویی استفاده می شود اما حساسیت آنها در مقابل پارازیت ها و رهگیری یک محدودیت به حساب می آید. استفاده از نور برای انتقال داده ها یک سیستم

Figure 3: Examples of advanced Functional fibers integrated into various textile form factors

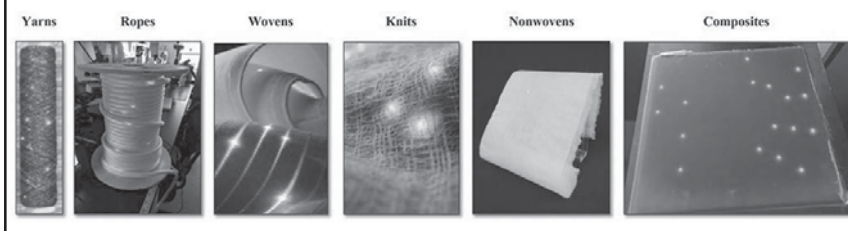
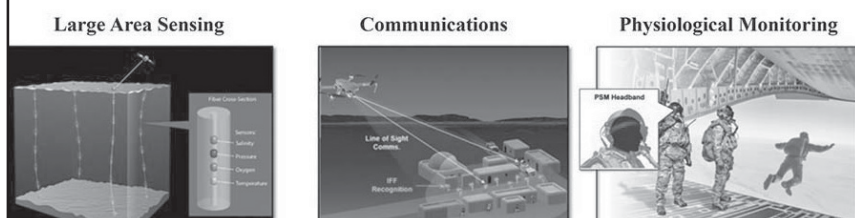


Figure 4: Selected system applications for fibers with embedded microelectronics



برای مثال AFFOA با همکاری آزمایشگاه لینکلن ام آی تی در پاسخ به نیازهای امنیت ملی در حال پیشبرد سیستم های پارچه ای و لیفی می باشد.

در زیر به سه بخش کاربردی از الیاف جدید اشاره می شود که البته تنها چند مورد از قابلیت های گسترده این الیاف چندماده ای می باشد که در شکل ۴ نیز نشان داده شده است.

بررسی سطح زیر دریا: با توجه به طول این الیاف و امکان قرار دادن تراشه های نیمه رسانا به موازات محور آن ها، امکان سنجش یک منطقه پراکنده بزرگ وجود خواهد داشت. یکی از مواردی که فناوری جدید باعث ایجاد تحول در وزارت دفاع ایالات متحده آمریکا شده، حوزه سنجش زیر دریاهاست.

داده های اقیانوسی برای برنامه ریزی و اجرای مأموریت های زیر دریا ضروری است از سطح تاکتیکی گرفته تا استراتژیک.

با این حال فناوری های موجود برای جمع آوری داده های اقیانوسی اغلب از روش های محدود سنجش، زمان طولانی پروفایلینگ، تاخیر در ارسال داده ها و محدودیت

بر پایه منسوجات را فراهم کرده است. در این سیستم ها عملکرد الکترونیکی درون خود الیاف ایجاد شده و به صورت یک جسم سخت به آن اضافه نمی شود.

همکاری با شبکه نوآوری پارچه وابسته به AFFOA باعث می شود تا قابلیت این الیاف کشیده شده تحت حرارت در فرایندهای تولیدی مختلف نشان داده شود. شکل ۳ نشان می دهد که چگونه می توان الیاف پیشرفته و در این مورد خاص الیاف حاوی ال ای دی را با استفاده از فرایندهای مختلف تولید نخ و منسوجات تعبیه کرد. در طول چند سال گذشته پیشرفت های چشمگیری در رابطه با اطمینان پذیری این الیاف و پارچه های پیشرفته از نظر خم شدن، ازدیاد طول و تست شستشو صورت گرفته است که نشان دهنده قابلیت کاربرد این فناوری در موارد مصرف آن ها در زندگی واقعی می باشد.

کاربردها

الیاف پیشرفته حاوی میکروالکترونیک ها به لطف ذات منحصر به فرد این فناوری روز به روز کاربردهای بیشتری پیدا می کنند.



طرح ارتباطی جایگزین است.

نور بر خلاف امواج رادیویی قابل هدایت می باشد (برای مثال لیزر)، در نتیجه احتمال رهگیری یا ردیابی تا حد زیادی کاهش پیدا می کند.

با تعبیه الیاف تشخیص دهنده و یا ساطع کننده نور در پارچه یونیفرم سربازها می توان خود پارچه را به یک سیستم ارتباطی تبدیل کرد که قادر به دریافت و انتقال داده های نوری می باشد.

AFFOA با همکاری آزمایشگاه لینکلن ام آی تی از این روش استفاده کرد و چندین سیستم ارتباطی نوری بر پایه پارچه را به نمایش گذاشت.

موارد استفاده خاص این سیستم ها می تواند از شناسایی دوست از دشمن (شکل ۴، وسط) تا ارتباط بین دو سرباز باشد.

پایش وضعیت فیزیولوژیک: پایش مداوم و در لحظه وضعیت فیزیولوژیک برای تشخیص هیپوکسی حاد امکان انجام اقدام لازم را پیش از آسیب فراهم می کند که در ماموریت های نظامی پرش هالو (پرش از ارتفاع زیاد و باز کردن چتر در ارتفاع پایین) ضروری است (شکل ۴، سمت راست).

فناوری های موجود در این بخش به دلیل عدم دقت و مساله اصطکاک کاربر که در فناوری های پوشیدنی پایش وضعیت فیزیولوژیک متداول که به دور مچ بسته می شوند، به خوبی پاسخگوی نیازهای موجود نیستند.

AFFOA با همکاری آزمایشگاه لینکلن ان آی تی با پشتیبانی پژوهشکده پزشکی محیط زیست ارتش آمریکا (USARIEM) و همکاری کاربران نهایی از ستاد فرماندهی عملیات ویژه نیروی هوایی آمریکا موفق به توسعه یک سیستم حسگر پارچه ای شده که به دور سر بسته می شود و دقت اندازه گیری را افزایش می دهد.

در این پارچه اجزای میکروالکترونیک تعبیه شده که شاخص های مهم فیزیولوژیک

ن.ا.امری

۶۸ شماره ۲۶۱ اسفند ۱۴۰۳

همکاری با شرکای داخلی برای عرضه این الیاف در بازار است.

AFFOA یک مشارکت دولتی-خصوصی است که در سال ۲۰۱۶ ثبت شده و یکی از نه موسسه نوآوری وزارت دفاع آمریکا می باشد. مرکز آن در کمبریج ایالت ماساچوست آمریکاست و ماموریت دارد تا با رهبری یک شرکت ملی نوآوری تولید و فناوری الیاف و پارچه های هوشمند صنایع نساجی آمریکا را احیا کرده و قابلیت های انقلابی و جدیدی را برای سیستم های مورد استفاده در بخش های دفاعی و بازرگانی ایجاد نماید.

AFFOA به منظور تسریع توسعه الیاف کاربردی پیشرفته و تقویت صنایع نساجی داخلی از پایه اقدام به ایجاد یک شبکه نوآوری پارچه (FIN) کرده که از بیش از ۱۵۰ سازمان عضو تشکیل می شود که شامل استارت آپ ها، دانشگاه ها، تولیدکنندگان، شرکای بخش صنایع بازرگانی و وزارت دفاع برای آوردن فناوری های الیاف پیشرفته به بازار است.

مرجع:

Alexander M. Stolyarov, "Fiber Microelectronics foe Advanced Fabric Systems", International Fiber Journal, January 2025

تهیه و تنظیم: آزاده موحد

از جمله دمای بدن، ضربان قلب و سطح اکسیژن خون را اندازه گیری می کنند.

داده ها به صورت بی سیم از پارچه به گوشی هوشمند منتقل می شوند و محاسبات لبه باعث می شود باتری بیش تر از ۴۰ ساعت به طور مداوم کار کند.

بسیاری از سربدها می توانند به یک گوشی هوشمند متصل شوند و این امکان را فراهم کنند تا پزشک یا فرمانده عملیات در لحظه دسترسی سریع به وضعیت آمادگی چند پرش کننده داشته باشد.

آزمایشات اولیه کاربر نهایی در یک ارتفاع بلند شبیه سازی شده بر روی این سیستم انجام شده و نتایج موفق آمیزی در تشخیص علائم هیپوکسی در لحظه به همراه داشته است.

نسل جدید الیاف هوشمند

الیاف چند ماده ای که از کشش یک پریفرم حاصل می شوند، دسته جدید از سیستم های پارچه ای و لیفی هوشمند را ایجاد کرده اند. AFFOA و شبکه نوآوری پارچه وابسته به آن در تلاش برای ورود این فناوری ها به بازار هستند.

AFFOA دارای تخصص و تجهیزات لازم برای تولید نمونه اولیه از الیاف چند ماده ای جدید و همچنین افزایش مقیاس فناوری های موجود برای تولید الیاف می باشد. علاوه بر آن همواره در پی فرصت های جدید برای