



ارائه شده توسط :

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتربر

طراحی، سنتز و شاخصه بندی ساختارهای نانو سیم جدید برای فتوولتائیک و

پروب‌های درون سلولی

چکیده

نانو سیم‌های (NWs) نیمه هادی سیستمی منحصر بفرد برای بررسی و کشف رویدادها در مقیاس نانو ارائه می‌دهند و انتظار می‌رود نقشی مهم در آینده دستگاه‌های پزشکی کوچک، الکترونیکی و اپتوالکترونیکی ایفا کنند. مدولاسیون ساخت و هندسه نانوساختارها در طول رشد و پیشرفت توانست اطلاعات و عملکردها را کدگذاری کند، و متوجه کاربردهای جدیدی فراتر از محدودیت‌های معمول لیتوگرافیکی شد. تمرکز این مطالعه بر روی جواب‌علوم پایه این پارادایم پایین به بالا است، که ترکیبات و خواص فیزیکی نیمه هادی‌های ناهمگن NW و NWs هستند و همچنین نمایش مفهوم دستگاه اثبات مفهوم ، شامل تبدیل انرژی خورشیدی و پروب‌های درون سلولی. یک سنتز NW مواد جدید مورد بحث قرار گرفته و بویژه یک روش نانوتکتونیک معرفی شده است که کنترل تکراری بر روی هسته‌زایی NW و رشد به منظور ساخت روبناهای NW تابدار دو بعدی را فراهم می‌کند. کاربرد بلوك‌های سیلیکونی NW (Si-NW) محوری و شعاعی p-type/n-type/ ذاتی/ ذاتی برای سلول‌های خورشیدی و کاربردهای منبع قدرت مقیاس نانو بعداً مورد بحث قرار می‌گیرد. مزایای مهم چنین ساختارها و نتایج اخیر بهمراه برخی از چالش‌ها و فرصت‌های گوناگون آینده توضیح داده شده و بصورت انتقادی تحلیل شده‌اند. و در آخر نتایج در چند جهت جدید که اخیراً در ارتباط سیستم‌های بیولوژیکی با دستگاه‌های NW بکار گرفته شده ارائه شده است.

کلمات کلیدی: بیوتکنولوژی؛ درون سلولی؛ نانو سیم‌ها؛ فتوولتائیک؛ سنتز

مقدمه

نانو سیم‌های نیمه‌هادی (NWs)، نانولورها و نانو تیوب‌های کربنی فرصت‌های فراوانی برای مونتاژ دستگاه‌ها در مقیاس نانو و آرایه‌های با الگوی پایین به بالا ارائه می‌کنند. افرون بر آن، این نانو موادها عملکردهای تازه و/یا پیشرفته که در بسیاری از زمینه‌های فناوری دارای اهمیت است را آشکار می‌کند. بخش مهم برای تحقق کاربردهای یک مدل بالا به پایین، کنترل منطقی پارامترهای کلیدی نانو مواد است که شامل ترکیب شیمیایی، ساختار، اندازه، ریخت شناسی و دوپه کردن می‌شود. همین پارامترها است که برا مثال خواص الکترونیکی و اپتوالکترونیکی که برای عملکردهای قابل پیش‌بینی دستگاه مهم هستند را تعیین می‌کند. قابل توجه است که NW‌های نیمه‌هادی سیستم‌های نانو ماده را ارائه می‌دهند که این پارامترها در آنها تا به امروز به خوبی کنترل شده و تبدیل به سیستمی منحصر‌بفرد جهت کشف رویدادها در مقیاس نانو شده‌اند و انتظار می‌رود نقشی مهم در دستگاه‌های الکترونیکی و اپتوالکترونیکی آینده ایفا کنند.

در این بررسی، ابتدا یک روش "تکتونیکی" جدید ارائه می‌کنیم که کنترل تکراری بر روی هسته‌سازی NW و رشد ساخت روبناهای پیچ‌دار NW دو بعدی را فراهم می‌کند. سپس یک روش منطقی و چند مرحله‌ای در جهت سنتز کلی چندسازه‌ای های NW شاخه‌ای سه بعدی، به همراه نتایج دستگاه‌های الکترونیکی جدید در مقیاس نانو بر پایه ساختارهای NW جدید مورد بحث قرار می‌گیرد برای مثال دویودهای p-n خودبرچسب و ترانزیستورهای اثر میدانی (FET) در NWs پیچ‌خورده و دیودهای ناشر نوری نشانی‌پذیر (LED) سنسورهای آرایه و بیولوژیکی در NW‌های شاخه‌ای.

تلاش‌هایی در جهت استفاده کنده ساختهای NW سیلیکونی (Si-NW) از نوع p-type/n-type ذاتی محوری یا شعاعی در سلول‌های خورشیدی و کاربردهای منبع قدرت در مقیاس نانو شامل بحث در مورد منافع مهم ان ساختارها، توضیح نتایج اخیر و تحلیل‌های انتقادی و نگاهی به چالش‌ها و فرصت در آینده نزدیک.

و سرانجام نتایجی در مورد دو روش جدید که به تازگی در سیستم‌های رابط بیولوژیکی همراه دستگاه‌های NW مورد استفاده قرار گرفته‌اند را ارائه می‌دهیم. در ابتدا نشان داده شده است که آرایه‌های Si-NW FET که بر

روی بسترهای شفاف بنا شده‌اند، میتوانند با اطمینان در برش‌های مغزی دقیق بصورت واسط عمل کرده و برای آشکار کردن ارتباط‌های عملکردی ناهمگن در قشر بویایی و قدرت تشخیص بالای فضا-دما مورد استفاده قرار گیرد. پس از آن نخستین نگاره الکترونیکی پتانسیل درون سلولی تهیه شده دستگاه‌های نانو پروب را نشان می‌دهیم. به طور چشمگیر، نگاره‌های الکترونیکی از کاردیومیوسیت‌های دارای ضربان خودجوش نشان می‌دهد پروب‌های NW سه بعدی ما می‌توانند پیوسته سیگنال‌های اضافی درون سلولی را در خلال جذب سلولی نظارت کنند. اندازه نانومتری، پوشش سطح بیومیمتیک، هندسه دستگاه سه بعدی انعطاف‌پذیر این نانوپروب‌های نیمه‌هادی فعال را به ابزارهایی جدید و نیرومند جهت اندازه‌گیری‌های درون سلولی تبدیل کرده و از کاربردهای زیست پزشکی در آینده خبر می‌دهد که در آن تفاوت بین سلول زنده و دستگاه‌های الکترونیکی نامشخص است.

مواد نانو سیم‌های جدید

بررسی کلی سنتز نانو سیم

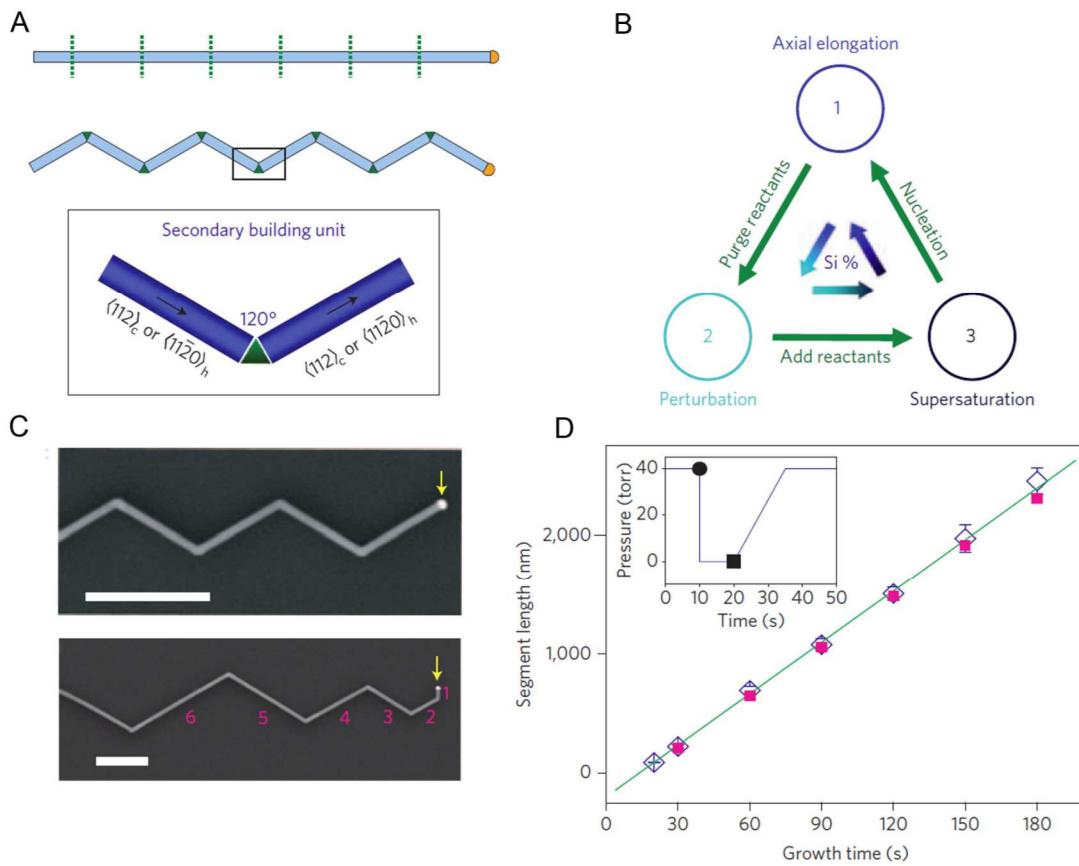
بطور کلی سنتز NWها توسط رشد نانو خوشه کاتالیز شده بخار-مایع-جامد (VLS) انجام می‌شود. در این فرآیند، نانوخوشه‌های فلزی برای سیستم‌های نیمه هادی انتخاب، در حضور یک منبع فاز بخار نیمه هادی بر روی دمای یوتکتیک حرارت می‌بینند که منجر به قطرات مایع آلیاژ فلزی نیمه هادی می‌شود. ادامه در رساندن واکنش دهنده‌های نیمه هادی در قطرات مایع یوتکتیک را بسیار اشباع کرده که منجر به هسته‌زایی نیمه هادی جامد می‌شود. واسط جامد-مایع واسط رشد را تشکیل می‌دهد، که بعنوان یک گودال عمل می‌کند و باعث الحاق پیوسته نیمه هادی به شبکه می‌شود در نتیجه رشد NW با قطره آلیاژ به بالا رانده می‌شود.

واکنش دهنده‌های نیمه هادی گازی می‌توانند از طریق تجزیه پیش‌سازها در یک فرآیند رسوب شیمیایی بخار (CVD) و یا روش حرکت و انتقال انرژی مانند ساییدگی توسط لیزر پالس یا اپیتکسی پرتو مولکولی (MBE) از CVD-VLS نانو خوشه فلزی اهداف جامد بوجود آیند. تا کنون CVD محبوب‌ترین روش شده است. در رشد CVD-VLS

بعنوان کاتالیزوری عمل می‌کند که در آن تجزیه پیش‌سازهای گازی واکنش دهنده‌های نیمه‌هادی گازی را فراهم می‌کند. در مورد رشد Si-NW سیلان (SiH_4) و نانو ذرات طلا (Au-NP) معمولاً به ترتیب عنوان VLS پیش‌ساز و کاتالیزور استفاده می‌شود. در کنار گروه مواد III-V، IV، V-NWs مرکب و II-VI نیز با روش گرفته شده است. در مورد نیمه‌هادی مرکب، روش شیمیایی بخار فلز آلی (MOCVD) یا سایش توسط لیزر پالس برای تهیه واکنش دهنده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

نانو سیم های تابدار

توانایی کنترل و مدوله کردن ترکیب‌بندی، دوپه کردن، ساختار کریستالی و ریخت شناسی نیمه‌هادی‌های NW در خلال این فرآیند سنتز پژوهشگران را قادر ساخته تا کاربردهای مختلف NWs را کشف کنند. علیرغم این پیشرفت‌ها در سنتز NW، پیشرفت به سوی طراحی از نو و رشد نانو ساختارهای سلسله مراتبی محدود شده است. به جهت کدگذاری واحدهای ساختاری مجزا در یک NW واحد، روشی نوین را توسعه داده‌ایم که کنترلی تکراری بر هسته‌زایی و رشد NW ارائه می‌دهد. ما در آزمایش‌هایمان پیچ‌خوردگی‌ها را در موقعیت‌های مشخص شده در طول رشد معرفی کردیم و تمام واحدهای پیچ‌دار به یک صفحه منفرد محدود شده‌اند. این NW‌های سلسله مراتبی با استفاده از یک روش مشابه نانوتکتونیکی در مواد چارچوب فلزی آلی تهیه شده است، ما یک واحد ساختمانی ثانویه (SBU) دارای دو بازوی مستقیم تک کریستالی (آبی، شکل 1A) که توسط یک پیوندگاه مشترک 120 درجه‌ای ثابت (سبز، شکل 1A) مشخص کردیم.



شکل ۱. طراحی و ترکیب کنترل شده NW‌های پیچ دار چندگانه

A نمودار از یک MW پیچ دار متصل و SUB و دارای دو بازو (آبی) و یک پیوندگاه (سبز) است. زیرنویس‌های C و h به ترتیب بر ساختارهای مکعبی و شش ضلعی دلالت می‌کند. B. چرخه‌ای برای معرفی یک SBU توسط ترکیب گام به گام. شیب رنگ بهمراه فلش‌هایی که دارای رنگ داخلی آبی هستند دلالت بر تغییر در غلظت Si در کاتالیزور نانو خوشه در خلال ترکیب یک-Si-
NW پیچ دار دارد. C. تصویر SEM یک Si-NW 2D که پیچ دار چندگانه با طول پاره خط بازوی مساوی (پانل بالا) و کاهشی (پانل پایین). مقیاس خطی، $1\mu\text{m}$. 1. فلش زرد رنگ موقعیت کاتالیزور نانو خوشه را مشخص می‌کند. D. نمودار طول پاره خط در برابر زمان رشد. هر کدام از لوزی‌های آبی رنگ نشانگر داده‌های میانگین طول پاره خط ($\text{میله خط} : \pm 1\text{s.d.}$) از یک NWs متصل با

طول پاره خط یکسان بین پیچ خوردگی‌ها. خط سبز یک خطی مناسب برای این داده‌ها است. مربع قرمز توپر نقاط داده گرفته شده از NW نشان داده شده (پانل پایین). داخل آن تغییرات فشار رشد در خلال ترکیب پیچ خوردگی. دایره و مربع توپر مشکی بترتیب نشان‌دهنده شروع پاکسازی و معرفی مجدد واکنش دهنده‌ها است.

توجه داشته باشید که دو بردار $c <110>$ یا $c <112>$ در یک ساختار بلوری مکعبی، و دو بردار $h <100-1>$ یا $h <20-11>$ در یک ساختار شش ضلعی می‌تواند وقتی که به ترتیب $c <111>$ و $h <0001>$ حول محور زون بچرخدن، یک پیوندگاه 120 درجه‌ای مطلوب را تشکیل دهند. تشکیل SUB دارای سه مرحله اصلی در خلال رشد نانو خوشة کاتالیز شده است (شکل 1B)؛ (1) رشد محوری یک بخش بازویی NW تک بعدی (2) پاکسازی واکنش دهنده‌های گازی به جهت متوقف کردن افزایش ول NW (3) به حداقل رساندن درجه اشباع و هسته‌زایی رشد NW پس از معرفی مجدد واکنش دهنده‌ها. مراحل 1 تا 3 می‌توانند برای ارتباط دادن تعدادی از SBU‌ها که ساختار زنجیره‌ای 2D تولید می‌کنند تکرار شود.

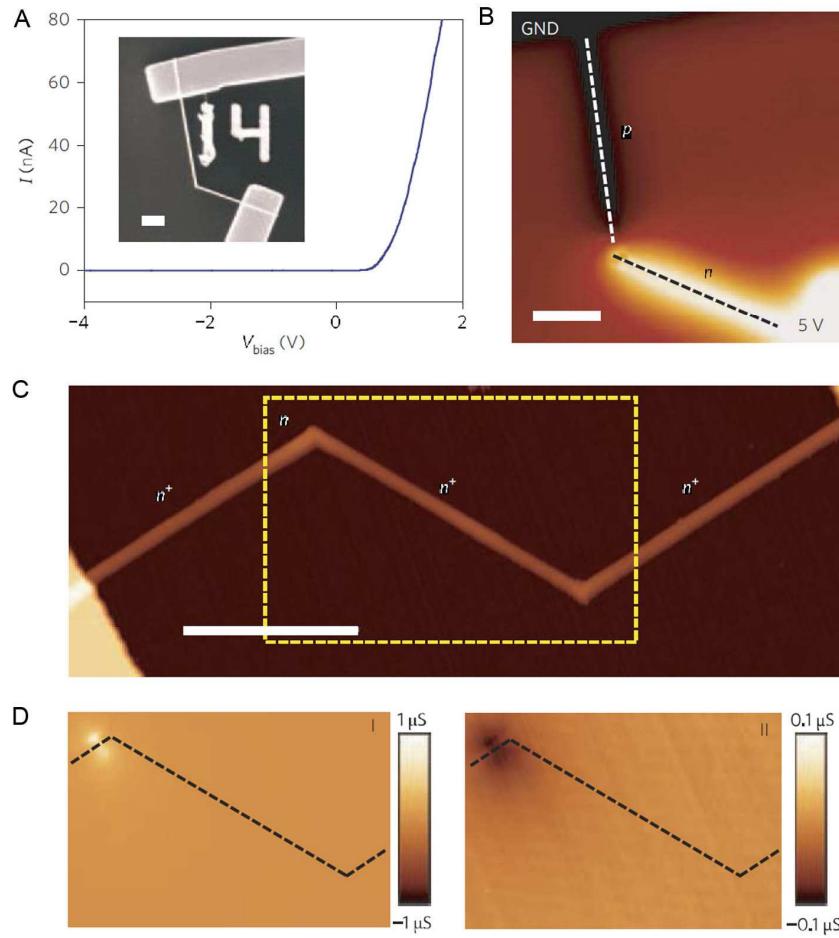
این روش ترکیب کلی است و میتواند بر روی رشد گروه تابدار IV، II-VI و NWs نیمه‌هادی III-V اعمال شود. بعلاوه زمانی که طول و تعداد قسمت‌های مستقیم بین پیوندگاه‌های مثلثی قابل کنترل باشد، جهت رشد کریستالوگرافی در سرتاسر ترکیب حفظ می‌شود.

نتایج ما پتانسیل در حال ظهور روش پایین به بالای تکتونیک ما برای تولید NWs پیچیده‌تر با عملکرد بالقوه منحصر بفرد و یکپارچه در مقیاس نانو در نقاط پیچ دار تعریف شده در توبولوزی را نشان می‌دهد. ما این توانایی را بوسیله درآمیختن روش رشد تکراری ما با مدل‌سیون اضافی تاخالص ساز برای تغییر خواص الکترونیکی را به روشی خوب و با توجه به پیچ خوردگی‌ها نشان می‌دهیم. یک Si-NW بهمراه بازوهای

یکپارچه p-type و n-type بوسیه تعویض فسفین و ناخالص سازهای دیبوران در خلال سلسله مراتب رشد پیچ خوردگی ساخته شد. داده‌های جریان-ولتاژ (I-V) ثبت شده بر روی یک دستگاه نمونه پیچ خوردگی واحد (شکل 2A)، یکسو سازی واضح جریان را در بایاس معکوس با شروع در ولتاژ بایاس رو به جلوی 0.6V نشان می‌دهد که با ترکیب یه دیود p-n خوب تعریف شده در ساختار پیچ خوردگی سازگار است. علاوه بر این، یک تصویر میکروسکوپی نیروی الکترواستاتیک نمونه از یک NW پیچ خورده p-n در بایاس معکوس (شکل 2B) نشان داد افت ولتاژ در درجه اول در اتصال p-n طراحی شده که توسط پیچ خوردگی در خلال رشد قرار داده شده و برچسبدار شده است اتفاق می‌افتد.

علاوه، راه کار ما میتواند به طراحی و ساخت NWs با عملکرد مجزا در پیچ خوردگی‌های ترتیبی بیط داده شود. یک تصویر میکروسکوپی نیروی اتمی نمونه از یک ساختار پیچ خوردگی دوبل که توسط پروفایل ناخالص ساز n^+ و n ساخته شده در دو پیوندگاه پیچ خوردگی (شکل 2C)، نشان می‌دهد مشخصه SBU که در بالا ذکر شد تحت تاثیر مدولاسیون چندگانه غلظت ناخالص ساز قرار نمی‌گیرد. شایان ذکر است که داده‌های میکروسکوپی از دروازه اسکن شده (شکل 2D) نشان دهنده رسانایی افزایش یافته NW است در زمانی که رأس با پتانسیل دروازه مثبت (منفی) در سرتاسر قسمت n-type طراحی شده اسکن می‌شود، مجاور پیوندگاه پیچ خوردگی بالا سمت چپ، بنابراین یکپارچگی یک FET n-type را در یک نقطه قابل تشخیص و خوب تعریف شده در یک ساختار را تایید می‌کند. عدم پاسخ دروازه از پیوندگاه پیچ خوردگی پایین سمت راست نشان می‌دهد ساختار تک کریستالی پیچ خوردگی به تنها ی خصوصیات حمل و نقل الکتریکی را تغییر نمی‌دهد. باور ما این است که این نتایج مصنوعی و دستگاههای کاربردی که بصورت توپولوژیکی تعریف شد پیشرفتی چشمگیر بسوی تحقق ساختارهای 2D NW 2D طراحی از تو و خودبرچسبدار را ارائه می‌دهد. این ساختارهای خودبرچسبدار و طراحی شده ممکن است فرصتی برای کابردهای منحصر بفرد در یکپارچگی پایین به بالای

دستگاههای فعال در نانو الکترونیک، آرایه‌های نوریاب، سنسورهای بیولوژیکی چندگانه و ارائه نانو دستگاههای 3D فراهم کند.



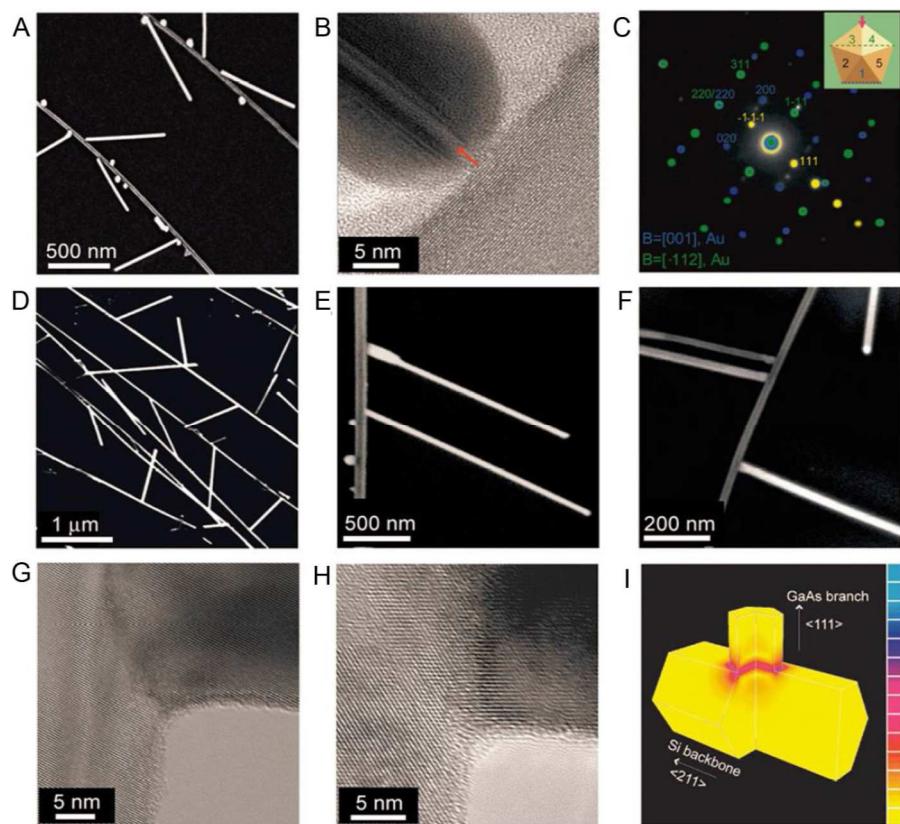
شکل 2 دستگاههای نانو الکترونیک تعریف شده بصورت توپولوژیکی

A. داده‌های I-V ثبت شده از دستگاه p-n Si-W دارای پیچیدگی. بعلاوه تصویر SEM ساختار دستگاه، مقیاس خطی $2\mu m$ B. تصویر میکروسکوپی نیروی الکترو استاتیک یک دیود p-n با یاس معکوس در ۵V. ولتاژ رأس AFM بوسیله ۳V در فرکانس رزونانس رأس پایه مدوله شد. روشنایی سیگنال متناسب با پتانسیل سطحی دستگاه NW است و نشان دهنده کاهش ناگهانی در اطراف موقعیت پیچ خوردگی است. خطوط فاصله نشانگر موقعیت NW است. مقیاس خطی $2\mu m$ C. و تصاویر AFM D. و تصاویر

میکروسکپی دروازه اسکن یک ساختار n^+ -پیچ خوردگی- n^- تا خالص ساز-مدوله شده- با پیچیدگی دوبل. مقیاس خطی در $C 2\mu m$ است. تصاویر دروازه اسکن بترتیب توسط V_{tip} و V_{sd} ثبت شده است. مناطق تیره و روشن بترتیب متناظر با رسانایی کاهش یافته و افزایش یافته است. خط فاصله‌های مشکی نشانگر موقعیت NW است.

نانو سیم‌های متفاوت در شاخه‌ها

به جهت بسط دادن کنترل توپوگرافیکی ما بر روی رشد NW، روشی منطقی و چند مرحله‌ای برای سنتز ساختارهای ناهمگون NW شاخه‌ای نشان داده‌ایم. تمرکز ما بر روی دو گروه مختلف NWs شاخه‌ای است، با شاخه‌های نیمه‌هادی یا فلزی که یا بر روی سطح ذاتی (native surface) نیمه‌هادی (مدل I شکل 3) و یا بر روی سطح اکسید تیره پشت پوسته/هسته نیمه‌هادی/اکسید (نوع II) NW رشد کرده‌اند. این سنتز پس از سنتز هسته و یا هسته/پوسته NWs دارای دو مرحله مهم است. در مرحله اول Au-NPs‌ها بطور انتخابی بسمت صفحات مربوطه با استفاده از راه حل کاهش $AlCl_4^-$ روی سطوح Si-NW برای ساختارهای نوع I (شکل 3) و یا وصل کردن Au-NPs به سطوح اکسید Si / SiO_2 هسته یا پوسته NWs برای ساختارهای نوع II. سپس شاخه‌ها با ترکیبات مختلف در تیره پشت backbone NWs NWs از طریق رشد بواسطه دانه تحت شرایط فاز گازی یا فاز محلول پیوند داده می‌شوند.



شکل ۳. خصوصیات ساختاری ساختارهای ناهمگون NW شاخه‌ای از نوع I

(A) تصویر SEM از Si/Au NWs شاخه‌ای (B) تصویر میکروسکوپی انتقال الکترونی با کیفیت بالا (C) از پیوندگاه شنی Si/Au اخه‌ای؛ فلش قرمز رنگ نشانگر صفحات جفتی است (H) از منطقه انتخابی (SAED) در قسمت اتصال که در شکل B نشان داده شده الگوی پراش الکترون در منطقه انتخابی (SAED) در قسمت اتصال که در شکل B نشان داده شده که نقاط آبی و سبز از پراش زون $<100>_{Au}$, $<112>_{Au}$ بوجود آمده و نقاط رزد رنگ از تیره پشتی کریستالی Si بوجود آمده است. بعلاوه مدل مقطعی از شاخه Au پنج جفتی که شامل زیر واحدهای پنج جفتی می‌شود. فلش قرمز جهت پرتو را نشان می‌دهد. F تصاویر SEM از NWs (F) Si/GaP و H تصاویر HRTEM از NWs (F) Si/GaAs (D) Si/Ge

پیوندگاه های شاخهای I، تنش فون میزس شبه سازی شده در

پیوندگاه شاخهای Si/GaAs محدوده مقیاس خطی از 1.6×10^6 تا 3.1×10^{10} PA است.

نیمه هادی تک کریستالی (II-VI, II-V, IV-IV) و شاخه های فلزی بر روی تیره پشت بدون روکش (نوع I) و یا هسته / پوسته (نوع II)، با کنترلی واضح بر روی ترکب، ریخت شناسی و دوپه رشد کرده اند (شکل 3). ارزیابی های که بر روی ترکیبات مختلف ساختار NW شاخه ای انجام شد کد گذاری دیود عملکردی نوع n-p type (نوع I) و LED ها (نوع II) همچنین FET ها (نوع II) توسط عملکرد دستگاه قرار داده شده در شاخه / تیره پشت پیوندگاه های NW را نشان می دهد. بعلاوه، ساختارهای NW چند شاخه / تیره پشت سنتز شده و برای نشان دادن قابلیت ایجاد آرایه های LED نشانی پذیر در مقیاس نانو (نوع I)، مدارهای منطقی (نوع II) و ستوسورهای بیولوژیکی (نوع II) مورد استفاده قرار گرفت. کار ما نشان دهنده پیچیدگی عملکردی و ساختاری در مواد NW که قبل از توضیح داده نشده است را نشان می دهد و بصورت کلی تر نشان دهنده پتانسیل سنتز پایین به بالا برای ایجاد سیستم های عملکردی پیچیده در آینده است.

فتولتائیک های منفرد نانوسیم

انگیزه

تبديل انرژی خورشیدی فرآیندی بسیار جالب توجه برای انرژی تجدید پذیر و تمیز است. برای بیش از دو دهه پanel های Si خورشیدی تک کریستالی یا چند کریستالی تجاری بازار جهانی فتوولتائیک (PV) را دست گرفته و در سال های اخیر رشد تولید سلول های خورشیدی میانگین سالانه 30 درصد را به خود اختصاص داده است. تحولات اخیر در تجارت PV بر روی نسل دوم سلول های خورشیدی تمرکز کرده است بر پایه لایه های جاذب نیمه هادی نازکتر مانند $CuIn_xGa_{1-x}Se_2$ و آمورف Si و CdTe ارگانیک در حال حاضر بصورت فعالانه مورد پژوهش و تخلو قرار گرفته اند و برخی نیز dye/electrolyte

در مراحل اولیه تجاری سازی هستند. فناوری‌های نامبردهٔ دومی تبدیل انرژی خورشیدی را با هزینهٔ کمتر نسبت به فناوری Si انکان‌پذیر می‌کنند اما هنوز به اندازه PV‌های چند کریستالی که بخوبی بنا نهاده شده‌اند کارآد نشده‌اند. نسل سوم سلول‌های خورشیدی شامل سلول‌های پشت سر هم و سلول‌های پایین تبدیل، بازده تبدیل انرژی فراتر از محدوده کارایی 31 درصد Shokley-Quiessier در یک سلول واحد در illumination نشان دادند، اما با هزینهٔ بسیار بالاتر. به دلیل مواد بسیار با کیفیت آنها و نوار ممنوعه قابل تنظیم، ترکیبات نیمه رسانای III-V بطور عادی اجزاء اصلی چنین سلول‌های خورشیدی با کارایی بالا هستند. بویژه یک سلول GaInP/GaInAs/Ge که دارای سه پیوندگاه است به 40 درصد نقطه عطف بهره‌وری دست یافت. بعلاوه، مطالعاتی که برای مهار اثراتی نظیر نسل‌های متعدد اکسایتون و حامل‌ها داغ در نانو ساختارهای محدود کوانتمی اخیراً مورد توجه بسیاری قرار گرفته است. این تفکرات بیان می‌کند مطالعات بنیادی سنتز و خصوصیات PV در ساختارهای با مقیاس نانو می‌تواند بعنوان حوزه‌ای غنی برای پژوهش در مورد راه حل‌هایی در مورد سلول‌های خورشیدی با بهره‌ور بالا و هزینهٔ کم عمل می‌کند.

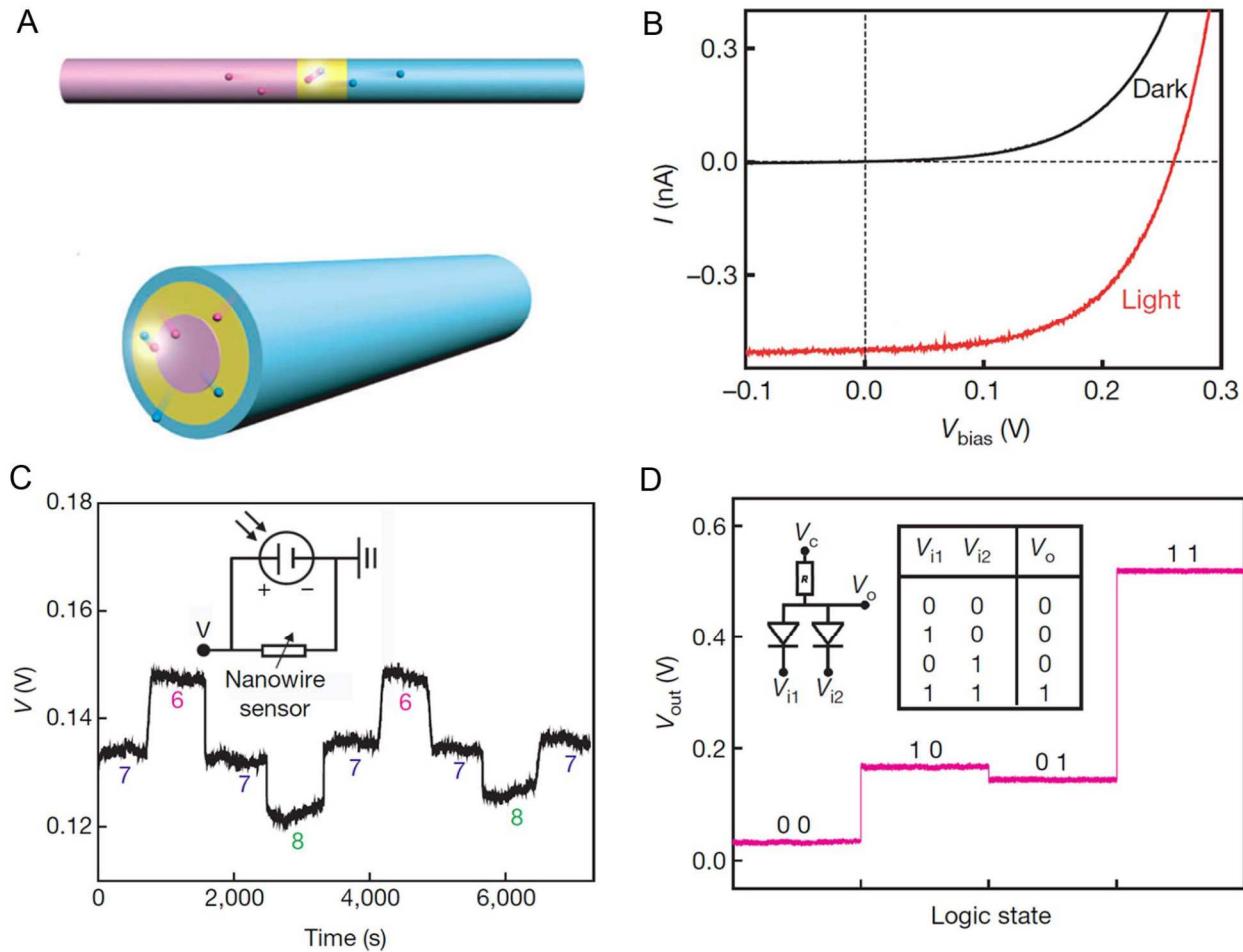
عنوان مثال NWs های نیمه هادی گروه بزرگی از مواد هستند که از طریق سازماندهی و رشد کنترل شده به تعدادی از دستگاه‌ها الکترونیک و فتونیک جدید در مقیاس نانو تبدیل شده‌اند. با توجه به نیاز توضیح خصوصیات ذاتی و محدودیت‌های سلول‌های خورشیدی که قابلیت فناوری نانو را دارند (nano-enabled) برای ارزشیابی پانسیل آنها برای سلول‌های خورشیدی کم هزینه، مقیاس بزرگ و با بهره‌وری بالا در نسل‌های بعدی، و همچنین راه حل‌های قدرت یکپارچه برای پیدایش دستگاه‌های نانو الکترونیک، ما مطالعاتی را در مورد بکارگیری ساختارهای ناهمگن NW واحد بعنوان عناصر PV فعال و مستقل شروع کرده‌ایم.

استفاده از NWs های واحد بعنوان اجزاء PV تعدادی مزیت‌های کلیدی ارائه می‌دهد که ممکن است اهرمی باشد برای تولید منبع قدرت PV در مقیاس نانوی یکپارچه، تنومند و با بهره‌وری بالا. ابتدا، اصل طراحی پایین به بالا کنترل منطقی پارامترهای نانو مواد را امکان‌پذیر می‌کند، که عملکرد PV را تعیین می‌کنند، شامل

ترکیبات شیمیایی ناخالص سازها و ساختار پیوندگاه دیود، اندازه و ریخت شناسی. مهمتر اینکه، این اصل قبلا در طیف وسیعی از ساختارها و دستگاههای مقیاس نانو نشان داده شده است. دوم، عناصر واحد یا بهم پیوسته PV میتواند بدون مشکل با لوازم الکترونیکی معمولی و/یا لوازم الکترونیکی در مقیاس نانو در آینده یکپارچه NW شود تا برای برنامه‌های کاربردی کم قدرت انرژی تامین کند. سوم اینکه مطالعات مشخصات PV در سطح NW واحد اجازه مشخص کردن محدودیت‌های ذاتی، زمینه‌های بهبود و منافع بالقوه PV دارای قابلیت نانو را می‌دهد (برای مثال تاثیر حفره و محدودیت فوتون).

طراحی مواد

دو اصل ساختاری منحصر بفرد که میتوانند دستگاههای عملکردی PV را در سطح NW واحد تولید کنند که شامل مدولاسیون ناخالص ساز $p-i-n$ در هندسه محوری و شعاعی می‌شود (شکل 4A). قسمت‌های صورتی، زرد و آبی بترتیب نشانگر بخش‌های $p-i-n$ دیود است. در این ساختار جفت‌های حفره الکترونی، پس از جذب فوتون‌ها که انرژی آنها برابر یا بیشتر از نوار ممنوعه (برای Si $E_g=1.12$ eV) است سرتاسر دستگاه تشکیل می‌شود. تولید و جدایی حمل کننده‌ها در محدوده تخلیه به دلیل میدان ساخته شده سرتاسر پیوندگاه $n-i-p$ مؤثرتر است. هنگامی که در جهت میدان الکتریکی حرکت کند حفره‌های (الکترون‌های) ایجاد شده توسط نور (photogenerated) از درون بخش‌های p -type(n-type) عبور کرده و بعنوان یک نور روانگی توسط اتصالات اهمی‌فلزی کنترل می‌شود.



شکل 4. فتوولتائیک NW واحد. (A) نمودار تولید و جدایی جمل کننده در یک NW محوری (بالا) و شعاعی (پایین). قسمت‌های صورتی، زرد و آبی بترتیب نشانگر قسمت‌های p-type, i-type, n-type دیود است. دایره‌های صورتی بترتیب نشانگر حفره‌ها و الکترون‌ها هستند (B) منحنی‌های I-V تیره و روشن یک دستگاه Si-NW هم محور (C) شناسایی زمان واقعی افت ولتاژ سرتاسر یک Si-NW اصلاح شده در ارزش‌های مختلف pH. نیروی سنسور Si-NW pH یک دستگاه Si-NW PV واحد تامین می‌شود (D) نیروی pH دروازه منطقی توسط دو دستگاه Si-NW PV در سری‌ها تامین می‌شود

در بیکربندی محوری (شکل 4A، بالا) بخش n-type و p-type میتواند بصورت اختیاری کوتاه شود به این دلیل که کار اصلی آنها ایجاد ارتباط با پیوندگاهی است که در NW جاسازی شده است. بنابراین قسمت فعال

دستگاه می‌تواند برای افزایش یکپارچگی بسیار کوچک شود. یک ساختار مرتبط دیود $NW\text{-}p\text{-i}\text{-}n$ است که بصورت شعاعی مدوله شده است (شکل 4A پایین). فیزیک کلی دستگاه مانند فیزیک موتفیف مدوله شده محوری است با فواید کلیدی اضافه شده، به همین دلیل رابط $NW\text{-}p\text{-i}\text{-}n$ در طول NW بسط یافته و جدایی حمل کننده در مسیر شعاعی اتفاق می‌افتد و نه در مسیر طولانی‌تر محوری. به همین علت مورد دوم فاصله مجموع حامل کوتاه‌تر یا مانند طول انتشار حامل اقلیت است، حامل‌های ایجاد شده توسط نور (photogenerated) می‌توانند به اتصالات $p\text{-i}\text{-}n$ با بهره‌وری بالا و بدون بازترکیب توده‌ای چشمگیر برسند. در حقیقت مطالعات نظری اخیر بیان کرده‌اند که ساختارهای NW هم محور می‌توانست مجموع حامل و بهره‌وری کلی را با توجه به نیمه‌هادی‌های توده‌ای تک کریستالی مشابه و بویژه زمانی که مواد نسبتاً کم کیفیت بعنوان مواد جاذب استفاده می‌شوند، افزایش دهد. آرایه‌های NWs هم محور که بصورت عمودی و در مقیاس بزرگ تراز شده‌اند جذب نور چشمگیری را در امتداد محور طولانی NWs ممکن می‌سازد و همچنین موجب جدایی برد کوتاه و کلارامد شعاعی حامل می‌شود. بطور کلی این مزیت‌ها مسیر را برای جذب نور و مجموع حامل متعامد سازی می‌کند، بنابراین محدودیت کلیدی سلول‌های خورشیدی مسطح مرسوم را برطرف می‌کند.

مشخصات دستگاه

اجزاؤ هم محور $NW\text{-}Si\text{-}p\text{-i}\text{-}n$ زیر نور خورشید شبیه سازی شده 1-sun ($100mW/cm^2$) موجب جداکردن خروجی pW در هر NW و بهره‌وری تبدیل انرژی تا 34 درصد شد، با قابلیت دستیابی به بهره‌وری ثابت و بهبود یافته باشد بالا. بطور قابل توجه، اجزاء فردی و به هم پیوسته $PV\text{-}Si\text{-}NW$ بعنوان منبع قدرت قدرتمند در جهت تحریک سنسورهای عملکردی نانو الکترونیک و دروازه‌های منطقی عمل می‌کنند (شکل 4C). (2D)

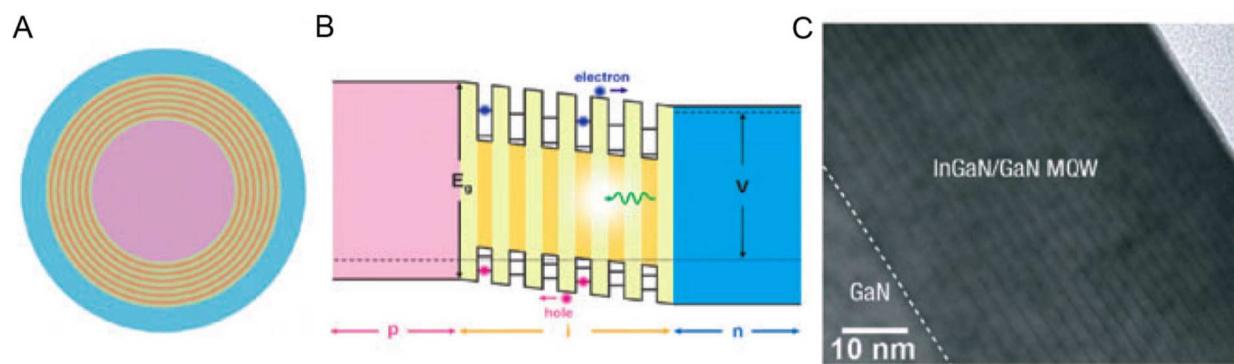
همچنین اولین تحقیق تجربی و آزمایشی $p-i-n$ محوری مدولاسیون دوب پشت سر هم $Si-NW PV_{p-i-n^+ - p^+ - i - n}$ را گزارش دادیم. در شرایط خورسید مصنوعی $1-sun$ ، دستگاهها بهینه‌سازی شده $p-i-n$ Si_NW $Si-NW$ $PV_{p-i-n^+ - p^+ - i - n}$ و $3.5mA/cm^2$ درصد را نشان داد. بعلاوه، یک سلول خورسیدی $Si-NW$ پشت سر هم منفرد جدید شامل یکپارچگی سنتزی 2 عنصر PV با یک ساختار کلی $p-i-n^+ - p - i - n$ برای نشان دادن یک (V_{oc}) که بطور میانگین 57 درصد بزرگتر از دستگاه $p-i-n$ واحد است آماده و نمایش داده شد. نتایج ما بر روی پتانسیل سهل‌الوصول یکپارچگی سلول‌های چندگانه PV در مقیاس نانو تأکید دارد.

اجزاء محوری و هم محور $Si-NW PV$ بستر آزمایش جدید در مقیاس نانو برای مطالعات در مورد انتقال بار/ انرژی تولید شده توسط نور و سنتز نوری مصنوعی را فراهم کرده و ممکن است استفاده کلی عنوان عناصری برای قدرت بخشیدن به اوازم الکترونیکی فوق‌العاده کم قدرت و نانوسیستم‌های متفاوت در یابد.

چشم انداز

ما بر اساس طراحی کنترل شده و سنتز عناصر PV با مشخصات $Si-NW PV$ با قابل تنظیم و قابل بازتولید، شروع به بررسی در مورد توسعه و پیشرفت سلول‌های پشت سرهم جدید و پیچیده NW و ساختارهای چاه کوانتمویی کرده‌ایم تا تا قدمهایی منطقی بسوی افزایش بهره‌وری PV بوسیله ساختارهای به دام اندخت نور درونی برداریم. برای مثال کنترل دقیق بر روی ابعاد شعاعی به ما اجازه وارد کردن ساختارهای چاه کوانتمویی چندگانه (MQW) را به درون قسمت i (i -region) NWs شعاعی می‌دهد (شکل $5A$). سلول‌های خورسیدی $QWSCs$ (کوانتمویی) بعنوان گزینه‌ای برای افزایش میزان بهره‌وری تبدیل انرژی به بالاتر از محدوده چاه کوانتمویی $Shokley-Queisser$ سلول‌های خورسیدی با یک پیوندگاه، ارائه شد. اصل عمل حول چاههای کوانتمویی متمرکر است که بعنوان جاذب‌های کارآمد فوتون‌ها عمل می‌کند، بنابراین افزایش جریان اتصال کوتاه و بهره‌وری

تبديل انرژی قابل دستیابی است. ولتاژ مدار باز NW QWSC میتواند به گونه‌ای طراحی شود که مواد مانع باند گپ گستردگی بر آن غالب شود، در حالی که جریان اتصال کوتاه می‌تواند بوسیله عرض و عمق پاک کوانتومی تعیین شود (شکل 5B). تلاش‌های اولیه منجر به نخستین سنتز ساختارهای بدون نقص InGaN/GaN MQW شد (شکل 5C) و بنابراین ما باور داریم NWs بخوبی مناسب اجرای ساختارهای نشانده شده MQW توسط موادی است که نمیتوانند به آسانی به دلیل عدم تطابق شبکه‌های بزرگ بر روی دستگاه‌های مسطح اجرا شوند.



شکل 5. ساختاری جدید برای بهبود بهره‌وری تبدیل انرژی. نمودار سلول خورشیدی MQW NW. قسمت‌های صورتی و آبی بترتیب نشان دهنده p-core (هسته-p) و n-shell (پوسته-n) هستند. قسمت‌های زرد و نارنجی بترتیب نشانگر دیواره‌ها و فرورفتگی در i-shell (پوسته-i) هستند (B) نمودار ساختار 26 و انتقال حامل سلول خورشیدی MQW NW (C) تثویر TEM میدان روش از یک سطح مقطع Band MQW NW. خطچین نشانه رابط متفاوت بین هسته و پوسته است.

بطور کلی، ما باور داریم که این مطالعات و مطالعات پایه آینده در سطح ساختار نانوی واحد قادر خواهد بود خواص ذاتی کلیدی را آشکار کند، خواصی که اگر مورد توجه قرار گیرد میتواند موجب پیشرفت در بهره‌وری شود به حدی که PV‌های دارای قابلیت نانو (nano-enabled) ممکن است حقیقتا منجر به پیدایش نسل جدیدی از سلول‌های خورشیدی که قادر به تامین توان اقتصادی در مقیاس بزرگ باشد شود.

پروب‌های سلولی نانوسیم

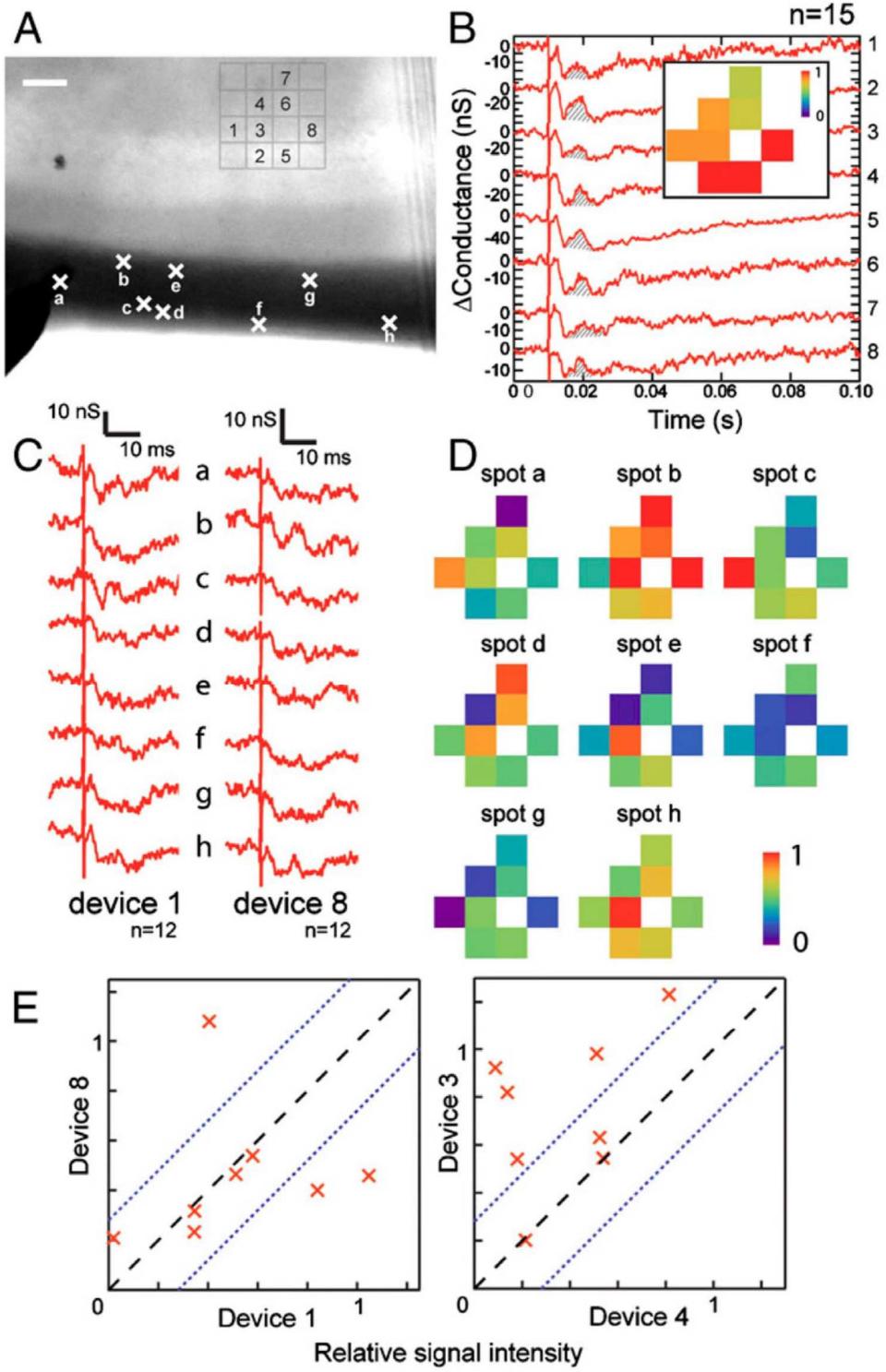
ثبت سیگنال‌های الکترونیکی از سلول‌ها و بافت‌ها در تعدادی حوزه‌ها از مطالعات بیولوژی پایه عملکرد، برای مثال در قلب و مغز گرفته تا نظارت پزشکی و درمان، دارای اهمیت است. در طول چند دهه گذشته مطالعات سلول‌ها و بافت‌ها الکترو فعال با استفاده از روش‌های مختلف ثبت شامل میکروپیپت شیشه‌ای درون سلولی، الکترود پچ گیره، رنگ حساس به ولتاژ، آرایه‌های چند الکترودی (MEAs) و FET‌های مسطح انجام شده است. دو روش ثبت آخر از روش‌های میکروساخت بخوبی توسعه داده شده برای انجام تشخیص مستقیم چندگانه در مقیاسی که در روش میکروپیپت امکان‌پذیر نیست استفاده می‌کند، اگرچه MEAs و FETs نسبت سیگنال به نویز (S/N) و مناطق تشخیص محدودی را نشان داد که ثبت سلولی و جایگاه درون سلولی را مشکل می‌کند. یک گروه جدید از رابطه‌های الکترونیکی در مقیال مولکولی می‌تواند بوسیله سلول‌ها و بافت‌هایی که از نیمه‌هادی NWs (عنوان عناصر عملکردی استفاده می‌کنند) شکل بگیرد.

ثبت برش مغزی

آشکار شدن ارتباط عملکردی در شبکه‌های عصبی طبیعی برای درک مدارها در مغز دارای اهمیت است. ما نشان می‌دهیم Si-NW FET بنا شده بر روی بسترها شفاف بوسیله روش پایین به بالا میتواند رابطی قابل اطمینان برای برش‌های مغزی دقیق باشد. ساختار آرایه میتواند بطور انعطاف‌پذیر طراحی شود تا طیف وسیعی از سوالات تجربی را نشانه قرار دهد در حالیکه تراشه‌های دستگاه شفاف تصویربرداری از بدنۀ منفرد سلول را هم در سطح بالای و هم در سطح پایینی برش و همچنین شناسایی نواحی سلول‌های هرمی سالم را در اقصی نقاط سطح بافت را ممکن می‌سازد. مطالعات همزمان NW FET و پچ گیره شناسایی غیر مبهم پتانسیل عمل سیگنال‌ها را ممکن ساخت، با ویژگی‌های اضافی که پیش از این توسط نانو دستگاه‌ها شناسایی شده بود. ثبت NW FET در موقعیت‌های مختلف در حضور و غیاب مسدود کننده‌های سیناپسی و یون کانال، تشخیص این

ویژگی‌ها را به شلیک پیش‌سیناپسی و دپلاریزاسیون پس سیناپسی از نواحی نزدیک به تنه‌ها و یا نواحی فراوان NW FET (abundant in dendritic projection) در تمام موارد دامنه سیگنال از NW FET معمولی MEA، سطح کوچک فعل دستگاه‌های از 0.3 تا 3mV بود. در مقایسه با ارزیابی‌های معمولی $0.06\mu m^2$ ، ارزیابی‌های محلی چندگانه فعالیت‌های عصبی را فراهم می‌کند، با قدرت تفکیک زمانی کمتر از میلی ثانیه و بطور چشمگیری بهتر از $30\mu m$ تفکیک فضایی. بعلاوه نقشه برداری چندگانه با آرایه‌های NW FET 2 بعدی، ارتباط عملکردی فضایی ناهمگن در قشر بوبیایی را با وضوحی فراتر از تکنیک‌های قابل ملاحظه پیشین در ثبت الکتریکی آشکار کرد (شکل 6). آشکارسازی ما از ثبت همزمان تفکیک زمانی و مکانی و همچنین نقشه‌بردار ارتباطات عملکردی، بیان می‌کند NW EFTs میتواند به یک پلتفرم قدرمند برای مدار عصبی در مغز شود.

بطور ویژه، مطالعات ما نشان می‌دهد آرایه‌های NW FET فعالیت‌های محلی لایه سلول هرمی و دستگاه بوبیایی جانبی (LOT) را حداقل در مقیاس $10\mu m$ (شکل 6) را شناسایی کرده و بنابراین میتوانند در درک ارتباطات عملکردی این قسمت مورد استفاده قرار گیرد. این مقیاس شناسایی محلی، سیگنال‌های خارج سلولی به هم وابسته ثبت شده از قسمت‌های مجاور را حتی اگر بزرگتر از $100\mu m$ طول مقیاس مورد استفاده در MEAs باشد را مقایسه می‌کند. با اینکه توضیحات بیشتر در مورد محدودیت‌های زمانی و فضایی آرایه‌های NW FET ما برای ثبت دقیق برش‌های مغزی مهم است، اما اعتقاد ما بر این است که این نتایج بطور واضح پتانسیل این ابزار را در نشانه‌گیری مشکلات مهم بیولوژیکی نشان می‌دهد. برای مثال، روش غیر توپوگرافی پرتتاب فیبر از پیاز بوبیایی به کورتکس تجزیه و تحلیلی خوب از مناطق عملکردی دشوار انجام می‌دهد و در حالیکه ردیابی ژنتیکی ترانس عصبی میتواند بطور بالقوه اطلاعات آناتومیکی لازم را ارائه دهد، ارتباط عملکردی قشر بوبیایی بطور عمدۀ ناشناخته باقی می‌ماند.



شکل 6. تقشهه دو بعدی فعالیت‌های ناهمگن، در لایه‌های هرمی سلول. (A) تصویر نوری از یک برش دقیق بر روی آرایه NW FET 4X4. سیگنال‌ها بطور همزمان از 8 دستگاه که در شکل نشان داده شده است ثبت شده است. ضربدرها در امتداد بخش فیبر LOT برش مشان دهنده نقاط تحریک a در h است. عمق درج تحریک کننده در این آزمایش با دقت کنترل نشد. مقیاس خطی $100\mu m$ را نشان می‌دهد (B) سیگنال‌های ثبت شده برای دستگاه‌های 1 تا 8 در زمانی که توسط پالس $400\mu s$ $200\mu A$ تحریک شده است. میانگین داده‌ها از 15 مورد ثبت شده محاسبه شده است. قسمت سایه دار متناظر با p-spike (خوش) است و برای بدست آوردن شدت نرمال مورد استفاده قرار گرفت (به روش‌ها مراجعه کنید). کادر داخلی: نقشه نرمال شدت سیگنال از 8 دستگاه (C) سیگنال‌های نمونه که از دستگاه‌های 1 و 8 ثبت شده در زمانی که در نقطه a بوسیله h با پالس $100\mu s$, $200\mu A$ تحریک شده است. میانگین داده‌ها از 12 مورد ثبت شده بدست آمده است (D) نقشه شدت سیگنال نسبی یا فعالیت برای دستگاه‌های 1 تا 8 (E) همبستگی بین دستگاه‌های 1 و 8 (نقشه بالا) و دستگاه‌های 3 و 4 (نقشه پایین) در موقعیت‌های تحریک مختلف. خط چین مشکی نشان دهنده سیگنال‌های همبسته است. خطهای آبی نقطه‌ای نشان دهنده عدم قطعیت به دلیل نوسانات در سیگنال دستگاه است که از تحلیل همبستگی مشخص شده است.

علاوه بر این انعطاف‌پذیری سیستم بویایی بیان می‌کند ان شبکه بسیار پویا است. بنابراین ثبت مستقیم موضعی گروه سلول‌های عصبی در چارچوب تحریک فضایی (spatially resolved stimulation) میتواند بعنوان یک ابزار قدرتمند برای تجسم پویایی، نقشه ارتباط عملکردی و ارائه‌دهنده اطلاعات لازم برای درک مدارات و انعطاف‌پذیری در این سیستم و دیگر سیستم‌های عصبی عمل کند.

بعلاوه استفاده از NE FETs با سطح روکش دار از چالش معمولی رویارو شدن با میکروالکترودهای القا شده سرپیچی می‌کند، که افزایش آمپدانس پس از القا که بطور مثال بوسیله جذب پروتئین‌ها ایجاد می‌شود، منجر به تخریب کیفیت سیگنال و سطح بالای نویز می‌شود. این موضوع NW FETs ها را برای عملکرد سیگنال بالا امیدوار کننده کرده است، و سابقه دار در ثبت کردن در بافت زنده، بخصوص با توجه به این حقایق که (1) اندازه کوچک دستگاه به ردیاب‌های چندگانه اجازه می‌دهد در پروب‌هاب فوق کوچک برای به حداقل رساندن آسیب به بافت یکپارچه شود (2) تولید پایین به بالا امکان انتخاب موارد زیست سازگار برای کاهش ناسازگاری مکانیکی و به حداقل رساندن پاسخ واکنشی بافت را میدهد و (3) مورفولوژی مقیاس نانو میتواند باعث سازگاری بهتر نورون‌های فعال شود که منجر به کیفیت سیگنال بهتر نسبت به طراحی‌های مسطح می‌شود. بنابراین NW FETs همچنین می‌تواند فرصت‌های جدید و هیجان انگیز برای برقراری رابطه بین بافت‌های زنده و الکترونیک برقرار کند.

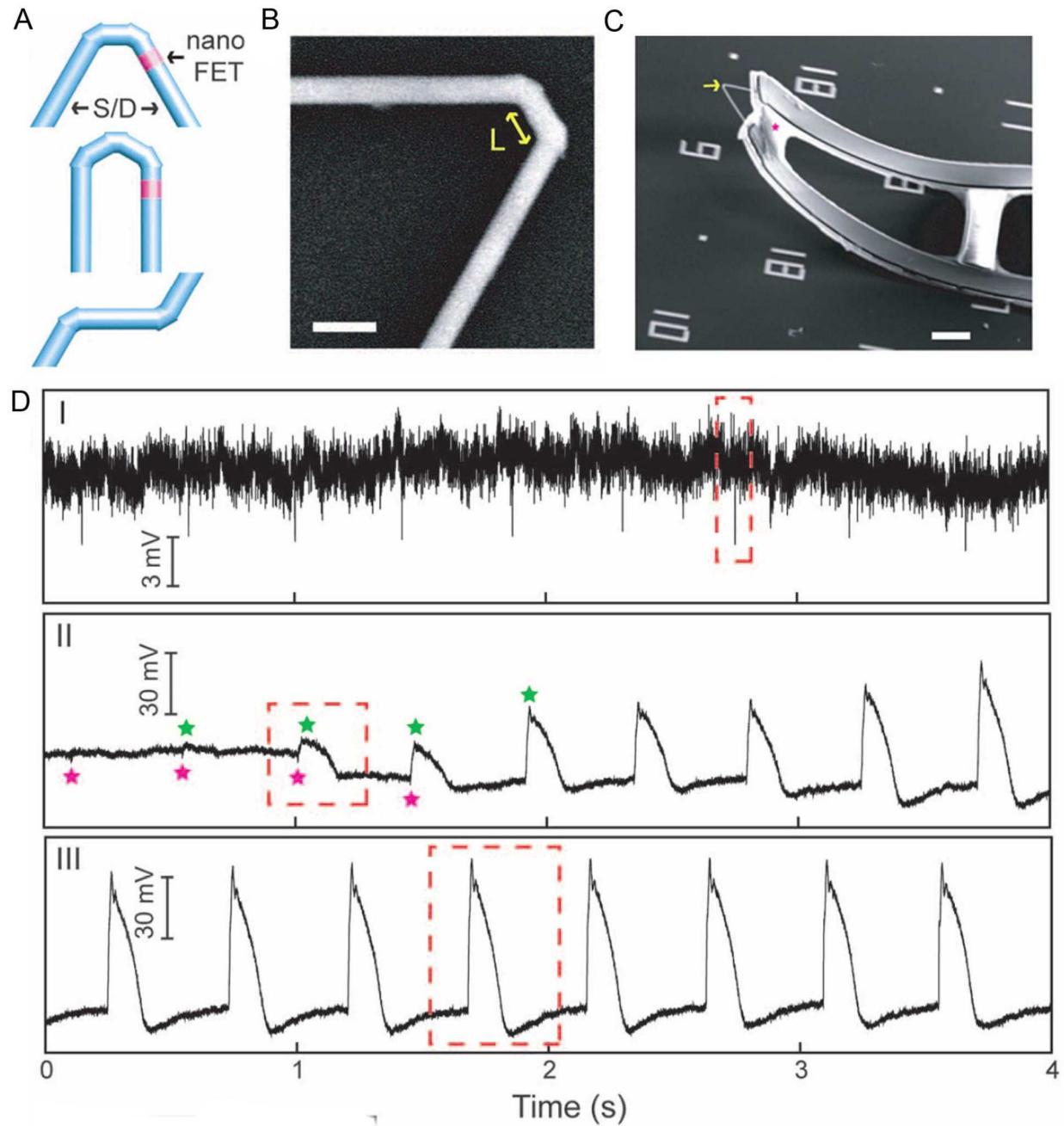
ثبت بین سلولی

میکروپیپت‌های پچ-گیره و کربن میکروالکترودها مثالهایی برای پروب‌های تک ترمینال هستند که بترتیب برای ثبت الکتریکی و الکتروشمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. رابط الکتریکی واحد، طراحی و ورود مکانی داخل سلول را تسهیل کرده است، اما این پروب‌ها همچنین دارای محدودیت‌هایی هستند بر حسب اندازه هایی و یا قرار دادن سلول‌ها در معرض راه حل داخلی پیپت. از سویی دیگر EFTs میتوانند در رژیم 5 نانومتر واکنش نشان دهند، با اینکه نیاز به دو رابط الکترونیکی ورود به سلول با حداقل تهاجم را تبدیل به چالشی قابل توجه کرده است. به منظور توسعه یک دستگاه نیمه‌هادی دو ترمیناله که هم دارای ابعاد نانومتر است و هم و هم متواند به آسانی درون سلول فرو رود، ما یک ساختار Si-NW سنتر شده تک کریستالی ناخالص‌ساز-مدوله شده با زاویه رأس پروب دقیق طراحی کردیم (شکل 7A). طراحی ما بطور مفهومی بر پایه این مشاهدات اخیر است که تغییر فشار در واکنش دهنده در خلال رشد NW میتواند پیچ‌های ۱۲۰° تجدیدپذیر در Si-NWs ایجاد کند

و بر پایه این حقیقت که یکپارچگی انتخابی دو یا سه واحد تابدار پیوند یافته cis بترتیب منجر به زاویه رأس پرrob 60° یا 0° میشود (شکل 7A، 7B). زیرا دو واحد trans-linked (شکل 7A پایین) منجر به رأس پرrob غیر فابل استفاده میشود، سنتز انتخابی واحدهای cis-linked (پیوند یافته cis) در طراحی ما دارای اهمیت است.

برای آزمایش این پرrob های NW FET در هندسه 3 بعدی که قابلیت ایجاد رابطه درون سلولی را دارد ما یک روش ساخت ساده طراحی کردایم که در آن (1) اتصالات منبع و تخلیه به پرrob FET بر روی یک لایه قربانی شونده ایجاد شد (2) استرس سطحی بین مواد برای خم شدم پرrob به سمت بالا استفاده شد (شکل 7C). تصویر SEM نمونه از یک دستگاه مستقل سه بعدی (شکل 7C) نشان میدهد یک پرrob تابدار 60° پس از بنا کردن با دو ترمینال بازویی NW که بین پلیمر SU-8 و اتصالات فلزی فشرده شده است، سالم و بی نقص است. این موضوع بیان میکند که پرrob های NW تک کریستالی قدرتمند بوده و در حقیقت ما به بازده $\geq 30\%$ با دستگاه نانو پرrob در هر تراشه دست یافته‌ایم. بعلاوه ارتفاع پرrob و زاویه (شکل 7C) می‌تواند بطور سیستماتیک با تغییر طول و ضخامت قسمت مستقل اتصال فلزی/ساختار SU-8 تنظیم شود. آخریم مورد اینکه دستگاه های EFT سه بعدی مستقل حداقل به مدت 8 ماد در معرض هوا نگذاری شده است بدون تغییر چشمگیر در وضعیت نانوپرrob و حساسیت FET.

در آخر ما شکل گیری روابط بین سلولی بین پرrob های NW FET سه بعدی و شکلیک خوب به خودی سلول های PDMS الکتروژنیک را مورد بررسی قرار داده‌ایم. کاردیومیوسیت‌های جنینی مرغ دز بسترها متنوع متعدد (dimethylsiloxane) کشت شد و سپس در سلول های تکی روی پرrob های NW عمودی فسفولیپید اصلاح شده در یک اتاق پرفیژن سلول قرار گرفت. رسانایی نمونه در برابر داده‌های زمانی ثبت شده از یک پرrob FET سه بعدی ابتدا در تماس ملایم با سلول کاردیومیوسیت ضربان دار خود به خودی، دنباله‌ای از ویژگی‌های متمایز را نشان داد (شکل 7D).



شکل 7. پروپهای FET درون سلولی مقیاس نانو. (A) نمودار NWs دارای پیچ‌های چندگانه 60° (بالا) و 0° (وسط) و پیکربندی‌های cis (بالا) و trans (پایین) در ساختار NW. قسمت‌های آبی و صورتی بترتیب نشان دهنده منبع/تخلیه (SD) و کanal FET مقیاس نانو است (B) تصویر SEM از یک NW تابدار دوبل با پیکربندی cis. طول قسمت بین دو پیچ مجاور است. مقیاس خطی SEM (C) 200nm یک دستگاه

همانند. فلش زرد و ستاره صورتی بترتیب نشان دهنده FET مقیاس نانو و SU-8 ۵ μm هستند. مقیاس خطی (D) ثبت الکتریکی از کاردیومیوسیت‌های ضربان دار (1) ثبت خارج سلولی (2) انتقال از ثبت خارج سلولی به ثبت داخل سلولی در خلال ورود سلولی (3) حالت پایدار ثبت داخل سلولی ستاره‌های سبز و صورتی بترتیب نشان دهنده اوج موقعیت مؤلفه‌های سیگنال داخل سلولی و خارج سلولی است.

در ابتدا فاصله خوش منظم با بسامد $ca.2.3Hz$ سازگار با کاردیومیوسیت ضربان دار مشاهده کردیم (شکل 7D). رأس‌ها دارای پتانسیل تغییر $S/N \geq 3-5mV$ دارند و عرض کمتر از میلی ثانیه (شکل I). دامنه رأس، شکل و عرض شبیه‌های ثبت‌های خارج سلولی ایجاد شده توسط دستگاه‌های NW در بستر است و علاوه بر این تصاویر نوری ثبت شده در همان زمان (شکل 7D, I) با سیگنال‌های خارج سلولی سازگار است. این نتایج توانایی ما را برای دست‌یابی به ثبت‌های خارج سلولی را با استفاده از یک آشکارساز مستقل و در مقیاس نانو نشان می‌دهد و نشان دهنده پتانسیل ارتباط با بافت‌های بیولوژیکی مانند برش‌های مغزی است.

پس از یک دوره کوتاه (40 ثانیه) سیگنال‌های خارج سلولی، چند تغییر مشخص در سیگنال‌های ثبت شده بدون کاربرد نیروی خارجی برای پشتیبانی سلول/PDMS مشاهده کردیم (شکل III, II). مشخصا سیگنال خارج سلولی اولیه به تدریج محو شد (شکل 7D, II) و ستاره‌های قرمز همزمان با کاهش پتانسیل پایه و ظاهر شدن رأس‌های جدید که دارای سیگنال مخالف بودند، با دامنه بسیار بزرگ‌تر و مدت‌زمان طولانی‌تر (شکل 7D, II) و ستاره‌های سبز). این رأس‌های جدید، که همزمان با ضربات سلول (cell beating) هستند، یه سرعت با حالتی ثابت می‌رسند (شکل III, 7D) با میانگین دامنه پیک کالیبره $mV 80$ و مدت زمان 200 هزارم ثانیه. دامنه، سیگنال و مدت زمان نزدیک به موارد گزارش شده برای موارد پچ-گیره کل سلول از کاردیومیوسیت‌ها است، و بنابراین ما نتیجه گرفتیم این داده‌ها تحولی را به سوی ثبت حالت پایا داخل سلولی با پروب‌ها NW 3 بعدی ارائه می‌دهند.

تعدادی مشخصه‌های مهم دیگر از بیوپروب‌های NW FET 3 بعدی جدید ما وجود دارد که می‌تواند از این بررسی‌ها بدست آیند. اول انکه، ثبت داخل سلولی منظم (برا مثال شکل III,7D) از کار迪ومیوسیت‌ها در یک دوره تا 10 دقیقه حاکی از روکش غشاء ایمن (membrane seal) NW/cell است. توانایی ثبت انعطاف‌پذیر با استفاده از لایه‌های فسفیلوفید حتی با تغییر شکل مکانیکی مرتبط با ضربه (beating) است. دوم، بازرسی نزدیک از ثبت انتقالی (شکل II,7D)، آشکار کرد تغییر سیگنال‌های خارج سلولی به داخل سلولی به نرمی و بدون تغییر قابل توجه در بسامد صورت گرفته است. این نتایج می‌دهد که درونی سازی رأس پروب NW بصورت هجومی نبوده و اختلالی در الگوی شلیک سلول الکتروژنی ایجاد نمی‌کند. ما باور داریم این رفتار نتیجه اندازه کوچک پروب‌های NW پیچ‌دار و سطوح فسفولیپید بیومیمتیک آنهاست. سوم، ناپدید شدن سیگنال‌های خارج سلولی، پس از اینکه سیگنال‌های داخل سلولی غالب می‌شوند، نشان می‌دهد اتصالات تحت تاثیر و بازوهای Si-NW که به شدت دوپه شده است سهم چشمگیری در سیگنال‌های مشاهده شده ندارند و همچنین دلالت بر روکش غشاء ایمن (membrane seal) دارد. بعلاوه، این نتایج تصدیق می‌کند که ثبت الکترونیکی از بخش FET مقیاس نانو که در نزدیکی رأس پروب (probe tip) قرار گرفته ناشی می‌شود، که (الف) در ابتدا ثبت‌ها فقط پتانسیل خارج سلولی دارند (ب) هم سیگنال‌های خارج سلولی و هم سیگنال‌های داخل سلولی در ثبت‌های همزمان، زمانی که FET عشاء سلول را تولید می‌کند و (ج) فقط سیگنال‌های خارج سلولی در زمان بودن در داخل سلول بطور کامل. و در آخر اینکه داده‌های انتقالی مستقیماً نشان می‌دهند که خوش‌های خارج سلولی در جایی که هجوم سدیم داخل سلولی شروع می‌شود به صفر می‌شود (شکل II,7D) و بطور موقت از انقباض قبلی جدا می‌شود. (are separated from cardiac contraction).

دورنما

ما معتقدیم که طراحی و تحقق پروب‌های سلولی NW EFT، بویژه پروب‌های NW پیچ‌خورده فرصت‌هایی چشمگیر بعنوان بیومتریال جدید فراهم کرد. کار ما بطور قابل ملاحظه برای اولین بار قابلیت ثبت درون سلولی

بوسیله یک دستگاه نیمه هادی را ارائه داد و نشان می‌دهد این نانو پروب‌ها با فسفولیپید اصلاح شده ارزیابی‌های درون سلولی را با وضوح بالا و حداقل اختلال مکانیکی سلول ممکن می‌سازد. کار اضافی برای بهبود این بیومتریال جدید باقی‌مانده است تا مانند میکروپیپت پچ-گیره یک ابزار معمول برای شود، اگرچه ما در حال حاضر معتقدیم مزایایی وجود دارد؛ که این مزایا عبارتند از اینکه که عمل ثبت ساده است، بدون نیاز به مقاومت و یا جبران خسارت خازن، پروب‌های **NW** تابدار از نظر شیمیایی و مکانیکی کمتر تهاجمی هستند و تفکیک زمانی/فضایی بسیار پیشرفته می‌تواند صورت بگیرد. توانایی شناسایی گونه‌های انتخابی متفاوت شیمیایی و بیولوژیکی و ارزیابی‌های چندگانه در یک سلول واحد نیز در این دستگاه‌های فعال نیز منحصر بفرد است. بطور کلی، اندازه نانو متر، روکش سطح بیومیمتیک و هندسه ۳ بعدی انعطاف‌پذیر نشان دهنده کاربردهای زیست‌پزشکی آینده است که در آن تمایز بین دستگاه‌های الکترونیک و سلول‌های زنده بسیار مبهم است.



این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

✓ لیست مقالات ترجمه شده

✓ لیست مقالات ترجمه شده رایگان

✓ لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI

سایت ترجمه فا؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی