



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization

INSO
(Std. No.)

2022

Identical with
ISO/TR 21412:
2020

فناوری نانو - نانوشیء - لایه های
چیدمان یافته برای کاربردهای
زیست حسگری الکتروشیمیایی -
تعیین مشخصه ها و روش های
اندازه گیری

**Nanotechnologies - Nano-object-
assembled layers for electrochemical
bio-sensing applications - Specification
of characteristics and measurement
methods**

ICS: 07.120; 07.080



استاندارد ملی ایران
(شماره استاندارد)

۱۴۰۱



دارای محتوای رنگی

استاندارد ملی ایران شماره.....(چاپ اول): سال ۱۴۰۱

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۱۴۱۵۵-۶۱۳۹ تهران - ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۱۰۳ و ۸۸۸۸۷۰۸۰

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۳۱۵۸۵-۱۶۳ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.gov.ir

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.gov.ir

Website: <http://www.isiri.gov.ir>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفه تعیین، تدوین، به روزرسانی و نشر استانداردهای ملی را برعهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادهای سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به‌عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که براساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به‌عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2- International Electrotechnical Commission

3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« فناوری نانو - نانوشیء - لایه های چیدمان یافته برای کاربردهای زیست حسگری الکتروشیمیایی - تعیین مشخصه ها و روش های اندازه گیری »

رئیس:

صادق حسنی، صدیقه
(دکتری تخصصی شیمی تجزیه-الکتروشیمی)

سمت و/یا محل اشتغال:

عضو هیئت علمی - پژوهشگاه صنعت نفت

دبیر:

منهاج‌بناء، رابعه
(دکتری تخصصی سم‌شناسی)

مدیر عامل - شرکت راهبران توسعه سبز

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اسدیان، الهام
(دکتری علوم و فناوری نانو)

اسلامی‌پور، الهه
(کارشناسی ارشد زیست‌شناسی)

کارشناس - گروه استاندارد و ارزیابی محصولات ستاد ویژه توسعه فناوری نانو

آقابزرگ، حمیدرضا
(دکتری تخصصی شیمی معدنی)

استاد تمام - بازنشسته پژوهشگاه صنعت نفت

الیاسی برجنی، فرود
(کارشناسی ارشد مهندسی مواد)

کارشناس - گروه استاندارد و ارزیابی محصولات ستاد توسعه فناوری نانو

جعفری‌نژاد، سمیه
(دکتری تخصصی نانوفناوری)

عضو هیئت علمی - دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران

سیفی، مهوش
(کارشناسی ارشد مدیریت دولتی)

نایب رئیس - کمیته فنی متناظر فناوری نانو
ISIRI/TC 229

غیبی، علی
(کارشناسی ارشد مهندسی نساجی)

مسئول تحقیق و توسعه - شرکت فناوران نانومقیاس

قاضی خوانساری، محمود
(دکتری تخصصی سم‌شناسی)

عضو هیئت علمی - دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

منتظری، مانی

(کارشناسی ارشد مهندسی مواد و متالورژی)

میرزاجانی، فاطمه

(دکتری تخصصی فیتوشیمی)

ویراستار:

سیفی، مهوش

(کارشناسی ارشد مدیریت دولتی)

سمت و/یا محل اشتغال:

مدیر عامل - شرکت نوین فن سنچس آویسا

عضو هیئت علمی - دانشگاه شهید بهشتی

نایب رئیس - کمیته فنی متناظر فناوری نانو

ISIRI/TC 229

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
خ	پیش‌گفتار
د	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۵	۴ مشخصه‌ها و روش‌های اندازه‌گیری
۵	۴-۱ کلیات
۶	۴-۲ مشخصه‌های تشکیل‌دهنده نانواشیاء
۷	۴-۳-۴ مشخصه‌های لایه چیدمان یافته نانوشیء
۷	۴-۳-۴-۱ کلیات
۷	۴-۳-۴-۲ جرم در واحد سطح
۸	۴-۳-۴-۳ جذر میانگین مربع ارتفاع
۹	۴-۳-۴-۴ مساحت سطح فعال الکتروشیمیایی (ECSA) خاص
۱۰	۵ گزارش آزمون
۱۰	۵-۱ کلیات
۱۰	۵-۲ اطلاعات کلی در مورد الکتروود اصلاح شده نانوشیء
۱۱	۵-۳ نتایج اندازه‌گیری مشخصه‌ها
۱۲	پیوست الف (آگاهی‌دهنده) زنجیره ارزش الکتروود الکتروشیمیایی اصلاح شده با نانوشیء
۱۴	پیوست ب (آگاهی‌دهنده) روش‌های اندازه‌گیری برای مشخصه‌ها
۲۰	پیوست پ (آگاهی‌دهنده) محاسبه جرم در واحد سطح با استفاده از روش قطره‌گذاری
۲۲	پیوست ت (آگاهی‌دهنده) اندازه‌گیری ECSA ویژه لایه چیدمان یافته نانوشیء
۲۴	پیوست ث (آگاهی‌دهنده) اطلاعات کلی در مورد الکتروودهای اصلاح شده با نانوشیء
۲۹	پیوست ج (آگاهی‌دهنده) نمونه‌ای از گزارش آزمون
۳۱	کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «فناوری نانو- نانوشیء- لایه‌های چیدمان‌یافته برای کاربردهای زیست‌حسگری الکتروشیمیایی- تعیین مشخصه‌ها و روش‌های اندازه‌گیری» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی / منطقه‌ای به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره‌شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ تهیه و تدوین شده، در صدوپانزدهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد فناوری نانو مورخ ۱۴۰۱/۲/۲۸ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ شده در دی ماه ۱۳۹۶، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران براساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط، موردتوجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

ISO/TS 21412: 2020, Nanotechnologies - Nano-object assembled layers for electrochemical bio-sensing applications - Specification of characteristics and measurement methods

مقدمه

الکترودهای الکتروشیمیایی می‌توانند پس از رسوب‌گذاری نانواشیاء بر روی سطح الکتروود، عملکرد نانوبهبودیافته از خود نشان دهند. افزایش مساحت سطح، جهت‌گیری، چگالی لایه چیدمان‌یافته^۱ و توانایی در کنترل گیرنده‌زیستی^۲ لایه نانوشیء، عملکرد نانو زیست‌حسگرها را بهبود می‌بخشد. حساسیت، گزینش‌پذیری و قابلیت اطمینان نانو-زیست‌حسگر را می‌توان با نانواشیاء خاص افزایش داد، به‌عنوان مثال با نانوذرات طلا [22] [25] [26]، نانولوله‌های کربنی [22]، نانومیله‌های CuS_2 [37] و نقره [38] یا نانوصفحات پالادیم [23].

در حال حاضر، اکثر الکترودهای الکتروشیمیایی نانوبهبودیافته توسط پژوهشگران به‌منظور دستیابی به عملکرد قابل پیش‌بینی در برنامه‌های ساخت خود، بدون تولید انبوه، ساخته می‌شوند. با این حال، این فناوری در حال رسیدن به مرحله تجاری است. سازندگان، الکترودهای نانوبهبودیافته را به‌عنوان بستری برای افزودن پوشش‌های اضافی برای کاربردهای حسگری خاص به تولیدکنندگان دستگاه ارائه می‌کنند. این استاندارد ویژگی‌های مواد برای تراکنش بین ساخت الکتروود و سازندگان دستگاه را تامین می‌کند تا امکان خرید الکترودهایی با عملکرد قابل پیش‌بینی را فراهم کند و برای کمک به این موضوع در نظر گرفته شده است.

همچنین این استاندارد به فرآیند کیفیت سنجی، ویژگی و استفاده از الکترودهای اصلاح شده نانوشیء مرتبط است. استانداردسازی پروتکل‌ها برای مشخص کردن انواع مختلف الکترودهای اصلاح‌شده نانوشیء مربوط به شناسایی الکتروشیمیایی، توسط اکثر تولیدکنندگان یا صاحبان مشاغل محصولات الکترودهای الکتروشیمیایی استفاده می‌شود. این استاندارد بر لایه چیدمان‌یافته نانوشیء روی الکترودها با استفاده از فرآیند انحلال^۳ برای کاربردهای الکتروشیمیایی تمرکز دارد.

در این استاندارد، ویژگی‌های نانوشیء تشکیل‌دهنده یک لایه چیدمان‌یافته، براساس استاندارد ISO/TS 12805 ارائه شده است که مشخصه‌های نانواشیاء ساخته‌شده و روش‌های اندازه‌گیری آنها را توضیح می‌دهد (به پیوست الف مراجعه شود). علاوه بر این، ویژگی‌های لایه چیدمان‌یافته با نانوشیء برای کاربردهای زیست‌حسگری الکتروشیمیایی پیشرفته و روش‌های اندازه‌گیری آنها به تفصیل ارائه شده است.

1- Assembled density
2- Bio-receptor
3- Solution

فناوری نانو- نانوشیء- لایه‌های چیدمان یافته برای کاربردهای زیست‌حسگری الکتروشیمیایی- تعیین مشخصه‌ها و روش‌های اندازه‌گیری

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد اندازه‌گیری و تعیین مشخصه‌های لایه‌های چیدمان یافته نانوشیء روی الکترودها با استفاده از فرآیند انحلال و نانوشیء تشکیل‌دهنده لایه‌ها برای کاربردهای الکتروشیمیایی مانند نانو-زیست‌حسگری یا کاربردهای تشخیصی است. این استاندارد همچنین روش‌های اندازه‌گیری را برای تعیین مشخصه‌ها ارائه می‌دهد.

این استاندارد برای موارد زیر کاربرد ندارد:

- الزامات نانوساختارها با نانوساخت از بالا به پایین؛
- پوشش بعدی موادی مانند مواد زیستی روی لایه‌های چیدمان یافته نانوشیء؛
- الزامات خاص ایمنی و سلامتی در طول ساخت؛
- شرایط تجربی حسگری الکتروشیمیایی؛
- بسته بندی، برچسب‌گذاری، تاریخ‌های انقضاء و جابه‌جایی الکترودهای الکتروشیمیایی بهبود یافته نانوشیء^۱.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به‌صورت الزامی به آنها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

- ۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۴-۱۸۳۹۲: سال ۱۳۹۳، فناوری نانو- واژه‌نامه- قسمت ۴: مواد نانوساختاریافته

- ۲-۲ استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۲-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵، فناوری نانو- واژه‌نامه-قسمت ۲: نانواشیاء
- ۳-۲ استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۸-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۱، فناوری نانو- واژه‌نامه-قسمت ۸: فرآیندهای نانوساخت

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ارائه شده در استاندارد ملی ایران شماره ۴-۱۸۳۹۲ و استانداردهای ملی ایران - ایزو شماره‌های ۲-۸۰۰۰۴ و ۸-۸۰۰۰۴، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود^۱.

۱-۳

نانومقیاس

nanoscale

گستره اندازه تقریباً بین ۱ نانومتر تا ۱۰۰ نانومتر است.

یادآوری ۱- خواصی را که لزوماً، اما نه منحصرأً، از یک اندازه بزرگتر به کوچکتر نمی‌توان برونیابی کرد و برای چنین خواصی این حدود اندازه تقریبی است.

یادآوری ۲- حد پایینی در این تعریف (تقریباً ۱ nm) مطرح شده‌است تا به گروه‌های کوچک و منفرد اتم‌ها عنوان نانوشیء (۲-۳) یا عناصر نانوساختار داده نشود، زیرا در نبود یک حد پایین، چنین برداشت می‌شود.

[منبع: زیربند ۱-۳، استاندارد ملی ایران شماره ۴-۱۸۳۹۲: سال ۱۳۹۳]

۲-۳

نانوشیء

nano-object

ماده‌ای که یک، دو و یا سه بعد خارجی آن نانومقیاس (۱-۳) است.

یادآوری- اصطلاحی عمومی برای اشیاء نانومقیاس مجزا است.

[منبع: زیربند ۲-۳، استاندارد ملی ایران شماره ۴-۱۸۳۹۲: سال ۱۳۹۳]

۱- اصطلاحات و تعاریف به‌کاررفته در استانداردهای ISO و IEC در وبگاه‌های www.iso.org/obp و www.electropedia.org قابل‌دسترس است.

۳-۳

ذره

particle

قطعه کوچکی از ماده با مرزهای فیزیکی معین است.

[منبع: زیربند ۳-۱، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۲-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵، تغییر یافته- یادآوری‌ها حذف شده است.]

۴-۳

کلوخه

agglomerate

مجموعه‌ای از ذرات (۳-۳) که به شکلی ضعیف به یکدیگر متصل شده‌اند، /نبوه‌ها (۵-۳) یا مخلوطی از هر دو آنها، به طوری که مساحت سطح خارجی حاصل آنها مشابه مجموع مساحت سطوح تک تک اجزاء تشکیل دهنده باشد.

یادآوری ۱- نیروهایی که کلوخه را نزدیک به یکدیگر نگه می‌دارد، نیروهای ضعیفی هستند، مانند نیروهای وان‌دروالسی و یا درهم‌تافتگی‌های فیزیکی ساده.

یادآوری ۲- کلوخه‌ها به‌عنوان ذرات ثانویه نیز در نظر گرفته می‌شوند و ذرات اصلی منشاء، ذرات نوع اول نامیده می‌شوند.

[منبع: زیربند ۳-۴، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۲-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵، تغییر یافته- عبارت «ذرات (۳-۳) که به شکلی ضعیف به یکدیگر متصل شده‌اند، /نبوه‌ها (۵-۳) یا مخلوطی از هر دو آنها» جایگزین عبارت «ذراتی که به شکلی ضعیف یا نسبتاً قوی» شده است.]

۵-۳

انبوهه

aggregate

ذره (۳-۳) متشکل از ذراتی با پیوندهای قوی یا جوش خورده که مساحت سطح خارجی حاصل آنها به‌طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از مجموع مساحت سطوح تک تک اجزاء تشکیل دهنده باشد.

یادآوری ۱- نیروهایی که یک انبوهه را کنار یکدیگر نگه می‌دارد، نیروهای قوی هستند، مانند پیوندهای کووالانسی یا یونی و یا نتیجه جوش خوردن و گره خوردگی فیزیکی پیچیده، یا درغیر این صورت، ذرات اولیه به هم چسبیده قبلی.

یادآوری ۲- انبوهه‌ها به‌عنوان ذرات ثانویه نیز در نظر گرفته می‌شوند و ذرات اصلی منشاء، ذرات اولیه نامیده می‌شوند.

[منبع: زیربند ۳-۵، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۲-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵]

۶-۳

نانوذره

nanoparticle

نانوشیء (۲-۳) با تمام ابعاد خارجی در مقیاس نانو (۱-۳) که در آن طول بلندترین و کوتاه‌ترین محورهای نانوشیء به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای با یکدیگر تفاوت نداشته‌باشد.

یادآوری- چنانچه ابعاد به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای با یکدیگر تفاوت داشته‌باشند (معمولاً بیشتر از سه برابر) ممکن است اصطلاحاتی مانند نانولیف (۷-۳) یا نانوصفحه (۸-۳) بر نانوذره ترجیح داده شود.

[منبع: زیربند ۲-۴، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۲-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵]

۷-۳

نانولیف

nanofibre

نانوشیئی (۲-۳) با دو بعد خارجی در نانومقیاس (۱-۳) و بعد سوم که به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بزرگتر است.

یادآوری ۱- یک نانولیف می‌تواند انعطاف‌پذیر یا سخت باشد.

یادآوری ۲- تفاوت اندازه دو بعد خارجی مشابه، کمتر از سه برابر و تفاوت بعد خارجی به‌طور قابل‌توجه بزرگتر از دو بعد دیگر، بیش از سه برابر در نظر گرفته می‌شود.

یادآوری ۳- بزرگترین بعد خارجی لزوماً در مقیاس نانو نیست.

[منبع: زیربند ۴-۵، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۲-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵، تغییر یافته- یادآوری اصلی حذف و یادآوری‌های ۱، ۲ و ۳ اضافه شده‌است.]

۸-۳

نانوصفحه

nanoplate

نانوشیئی (۲-۳) که یک بعد خارجی آن در نانومقیاس (۱-۳) و دو بعد دیگر که به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بزرگتر است.

یادآوری ۱- کوچکترین بُعد خارجی ضخامت نانوصفحه است.

یادآوری ۲- دو بعد بسیار بزرگتر نسبت به بُعد نانومقیاس بیش از سه برابر در نظر گرفته می‌شود.

یادآوری ۳- ابعاد خارجی بزرگتر لزوماً در مقیاس نانو نیستند.

[منبع: زیربند ۳-۶، استاندارد ملی ایران شماره ۴-۱۸۳۹۲: سال ۱۳۹۳]

۹-۳

نانوساخت بالا به پایین

top-down nanomanufacturing

فرایندهایی هستند که از اشیاء بزرگ مقیاس، ساختارهای نانومقیاس (۳-۱) را ایجاد می کنند.

[منبع: زیربند ۴-۱۳، استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۸-۸۰۰۰۴: سال ۱۴۰۱]

۴ مشخصه‌ها و روش‌های اندازه‌گیری

۱-۴ کلیات

این بند مشخصه‌های لایه‌های چیدمان یافته نانوشیء و تشکیل نانواشیاء را روی الکترودهای بستره^۱ صاف برای کاربردهای الکتروشیمیایی توصیف می کند. چون زیست‌حسگری الکتروشیمیایی نیاز به انتقال کارآمد الکترون و تثبیت پایدار مولکول‌های زیستی دارد که فعالیت‌زیستی آنها حفظ شده است^۲، مشخصه‌های ارائه شده در زیربند ۴-۲ برای تشکیل نانواشیاء در صورتی که منطقی و/یا به‌طور تجربی موثر بر مسیر هدایت الکترون بالا، انرژی سطحی بالا، چگالی محل اتصال^۳ بالا و توانایی عملکرد بالا در نانوشیء باشند انتخاب شده‌اند [25] تا [30]. از منظر لایه چیدمان یافته، نانواشیاء ممکن است به‌طور یکنواخت روی یک الکتروده بستره صاف چیدمان نیابند، اما توپوگرافی سطح را در کل سطح بستره تولید می کنند. به دلیل آن که زیست‌حسگری الکتروشیمیایی به یک سطح فعال الکتروشیمیایی و یک لایه رسانای مقاوم نیاز دارد، لذا مشخصه‌های موجود در زیربند ۴-۳، مانند جرم در واحد سطح و جذر میانگین مربع ارتفاع^۴ انتخاب شده‌اند تا ضخامت^۵ و یکنواختی^۶ لایه چیدمان یافته تشکیل شده را توصیف کنند.

۲-۴ مشخصه‌های تشکیل دهنده نانواشیاء

مشخصه‌های ارائه شده در جدول ۱ برای توصیف مواد خام نانواشیاء تشکیل دهنده لایه چیدمان یافته نانوشیء باید اندازه‌گیری شوند. روش‌های اندازه‌گیری برای مشخصه‌های مجزا^۷ در جدول ۱ در پیوست ب توضیح داده شده است. در صورتی که مشخصه‌های ابعادی ذاتی^۸ نانواشیاء پس از چیدمان یافتن، بدون تغییر باشند، مقدار

-
- 1- Substrate
 - 2- Retaining
 - 3- Binding-site
 - 4- Root mean square height
 - 5- Thickness
 - 6- Evenly
 - 7- Individual characteristics
 - 8- Intrinsic

اندازه‌گیری شده مشخصه‌ها در جدول ۱ ممکن است از ویژگی‌های مواد، توسط تأمین‌کننده نانوشیء^۱ در حالت تعلیقه، اقتباس شود.^۲

جدول ۱- مشخصه‌های موردنیاز برای توصیف نانواشیاء تشکیل‌دهنده

مشخصه‌ها	نانوذرات	نانوالیاف	نانوصفحات	واحد	روش‌های اندازه‌گیری ^{الف}
ترکیب شیمیایی سطح	بله	بله	بله	ب	به ردیف ۲-۳ در جدول ب-۲ مراجعه شود.
میانگین اندازه ^پ و توزیع اندازه ^ت	بله	بله	بله	nm	برای نانوذرات، به ردیف ۱-۱ در جدول ب-۱ و ردیف ۱-۲ در جدول ب-۲ مراجعه شود برای نانوالیاف و نانوصفحات، به ردیف ۲-۴ در جدول ب-۲ مراجعه شود.
میانگین اندازه بلورک اولیه	بله (اگر بلورین باشد)	غیرکاربردی	بله (اگر بلورین باشد)	nm	به ردیف ۱-۲ در جدول ب-۱ و به ردیف ۲-۲ در جدول ب-۱ مراجعه شود
میانگین طول و توزیع طول ^ت	غیرکاربردی	بله ^ث	غیرکاربردی	nm	به ردیف ۲-۵ در جدول ب-۲ مراجعه شود
تعداد دیواره‌ها، یعنی تک، دوتایی یا چنددیواره	غیرکاربردی	بله (اگر نانولوله باشد)	غیرکاربردی	N/A	به ردیف ۲-۶ در جدول ب-۲ مراجعه شود
گروه عاملی سطح ^ج	بله	بله	بله	N/A	به ردیف ۲-۷ در جدول ب-۲ مراجعه شود
<p>الف اندازه‌گیری روی نمونه پودر یا نمونه تعلیقه بسته به مشخصه‌ها انجام می‌شود. ب ترکیب شیمیایی سطح، ترکیب عنصری است و معمولاً به صورت درصد اتمی بیان می‌شود. پ میانگین اندازه، میانگین اندازه ذرات برای نانوذرات یا میانگین قطر برای نانوالیاف و نانوصفحات است. ت توزیع اندازه در هیستوگرام (بافت‌نگاشت)، به صورت نمودار صدک یا انحراف معیار ارائه می‌شود. ث این مشخصه به‌طور استثنایی برای هیچ نانوالیاف دسته‌شده، درهم‌تنیده و/یا شاخه‌دار، قابل‌اعمال نیست. ج نوع این مشخصه موردنیاز است، درحالی‌که محتوا موردنیاز نیست.</p>					

- 1- Provider of the nano-object
2- Adopted

۳-۴ مشخصه‌های لایه چیدمان یافته نانوشیء

۱-۳-۴ کلیات

مشخصه‌های ارائه شده در جدول ۲، باید برای توصیف یک لایه چیدمان یافته نانوشیء برای کاربری الکتروشیمیایی اندازه‌گیری شود. روش‌های اندازه‌گیری برای مشخصه‌های مجزا در جدول ۲ ارائه شده‌است و در پیوست‌های ب، پ و ت شرح داده شده‌است.

جدول ۲ - مشخصه‌های موردنیاز برای توصیف یک لایه چیدمان یافته نانوشیء

مشخصه‌ها	واحدها	روش‌های اندازه‌گیری
جرم در واحد سطح	mg/cm ²	محاسبه (در صورت قطره‌گذاری ^a ، به پیوست پ مراجعه شود). توزین (برای سایر روش‌های رسوب‌گذاری ^b).
جذر میانگین مربع ارتفاع	μm	به ردیف ۲-۸ در جدول ب-۲ مراجعه شود.
مساحت سطح فعال الکتروشیمیایی (ECSA) ^c خاص	cm ² /g	ولتامتری چرخه‌ای ^d به پیوست ت مراجعه شود.

^a Drop casting
^b Deposition
^c Specific Electrochemically Active Surface Area
^d Cyclic voltammetry

۲-۳-۴ جرم در واحد سطح

به‌طور کلی، جرم لایه پوشش داده‌شده یا چسبیده را می‌توان، اگر به‌اندازه کافی ضخیم باشد، با یکی از دو روش زیر تعیین کرد:

الف - توزین آزمون قبل و بعد از حل کردن لایه چیدمان یافته و به‌دست آوردن تفاوت آن؛

ب - حل کردن بستره و توزین لایه چیدمان یافته به‌طور مستقیم.

یادآوری - راهنمایی در مورد اصطلاحات، تعاریف و تعیین جرم در واحد سطح در استاندارد ISO 10111 ارائه شده‌است.

باین‌حال، در مورد یک لایه چیدمان یافته نانوشیء که در آن مقدار نانوآشیاء چسبیده روی بستره صاف با فرآیند رسوب‌گذاری مبتنی بر پایه محلول بسیار کوچک است، تعیین جرم در واحد سطح با استفاده از روش‌های توزینی که در بالا توضیح داده شده ممکن است مناسب نباشند، زیرا خطای توزین، مشابه جرم خود لایه ایجاد می‌شود. برای حل این مشکل، محاسبه جرم در واحد سطح با روش قطره‌گذاری به‌طور گسترده به‌عنوان یک روش جایگزین استفاده می‌شود. در این روش محاسبه جرم در واحد سطح لایه چیدمان یافته نانوشیء را می‌توان با تقسیم جرم

بارگذاری شده نانواشیاء روی الکتروود براساس اندازه سطح الکتروود بستره، تعیین کرد. روش اجرای محاسبه دقیق جرم در واحد سطح در پیوست پ توضیح داده شده است.

چون بسیاری از نانواشیاء واکنش پذیر هستند، خواص شیمیایی آنها می تواند تحت تأثیر نقطه نمونه برداری و محیط انبارش آنها قرار گیرد. باین حال، بسیار بعید است که خواص فیزیکی آنها مانند جرم، در طول فرآیند رسوب گذاری بر پایه محلول متفاوت باشد. بنابراین این رویکرد نظری با استفاده از قطره گذاری روش کاربردی و سودمند برای جلوگیری از مشکلات توزین است.

۳-۳-۴ جذر میانگین مربع ارتفاع

لایه های چیدمان یافته نانوشیء با فرآیند رسوب گذاری بر پایه محلول ممکن است یک سطح توپوگرافی صاف در محدوده میلی متری ماکروسکوپی ایجاد نکنند، حتی اگر لایه چیدمان یافته نانوشیء همچنان در محدوده میکروسکوپی صاف به نظر برسد. در این حالت، سطح ناهموار لایه چیدمان یافته می تواند بر عملکرد الکتروشیمیایی، به خصوص در نزدیکی لبه الکتروود تأثیر گذارد. علت اصلی ناهمواری توپوگرافی، کشش سطحی قوی حلال است که نانواشیاء را در حین خشک شدن می کشد^۱ و انباشته^۲ می کند. در نتیجه، لایه های چیدمان یافته نانوشیء اگرچه دارای جرم یکسانی در واحد سطح هستند، اما عملکرد الکتروشیمیایی آنها با یکدیگر تفاوت دارند. در بدترین حالتها، اگر نانواشیاء روی یک بخش جزئی از الکتروود چیدمان شوند، الکتروود بستره را نشان می دهند.

ناهمواری لایه چیدمان یافته نانوشیء را می توان با استفاده از مشخصه های زیری^۳ سطح مانند جذر میانگین مربع ارتفاع (S_q)، حداکثر ارتفاع سطح (S_z)^۴ و ارتفاع میانگین حسابی (S_a)^۵ ارزیابی کرد. در بین این پارامترها، جذر میانگین مربع بیشترین کاربرد را در صنایع مختلف دارد. بنابراین، پایین بودن جذر میانگین مربع ارتفاع می تواند کاربران را متقاعد کند که نانواشیاء در کل مساحت سطح الکتروود به طور یکنواخت چیدمان یافته هستند.

یادآوری - راهنمایی در مورد اصطلاحات، تعاریف و جذر میانگین مربع ارتفاع در استاندارد ISO 25178-2 ارائه شده است.

اندازه گیری جذر میانگین مربع ارتفاع با استفاده از میکروسکوپ نیروی اتمی^۶ برای مساحت سطح ناهموار لایه چیدمان یافته نانوشیء کافی نیست زیرا حداکثر مساحت روبش و محدوده Z روبشگر پیژو^۷ از مقیاس توپوگرافی ناهموار تجاوز نمی کند. توصیه می شود اندازه شناسی های مساحت

-
- 1- Drags
 - 2- Piles
 - 3- Roughness
 - 4- Maximum height of surface
 - 5- Arithmetical mean height
 - 6- Atomic force microscope
 - 7- Piezo-scanner

سطحی مانند یک پروفایلر تماسی^۱ و پروفایلر نوری^۲ برای اندازه‌گیری جذر میانگین مربع ارتفاع لایه چیدمان یافته نانوشیء استفاده شود. اگر یک پروفایلر تماسی انتخاب شده‌است، توصیه می‌شود دقت شود به منظور تضمین یکپارچگی سطح الکتروود، یک بار کافی روی سطح الکتروود قرارداده شود تا به لایه چیدمان یافته روی سطح الکتروود آسیب نرسد.

۴-۳-۴ مساحت سطح فعال الکتروشیمیایی (ECSA) خاص

میزان بهبود الکتروشیمیایی^۳ با الکتروودهای الکتروشیمیایی اصلاح شده نانوشیء به وسیله ECSA مشخص می‌شود. بهبود الکتروشیمیایی به طور کلی به وسیله یک مساحت سطح بزرگ شده^۴ از الکتروودها انجام می‌شود. با این حال، برخلاف مساحت سطح صاف الکتروودهای اولیه^۵، افزایش مساحت سطح کل الکتروود اصلاح شده با لایه چیدمان یافته نانوشیء، لزوماً بیانگر بهبود الکتروشیمیایی نیست، زیرا ممکن است بخشی از مساحت سطح بزرگ شده برای واکنش الکتروشیمیایی، فعال نشده باشد. بنابراین، بهبود الکتروشیمیایی را نمی‌توان با یک مساحت سطح خاص مشخص کرد، اما می‌توان آن را به وسیله ECSA ارزیابی کرد که به طور گسترده در صنعت الکتروشیمیایی، استفاده می‌شود [31] تا [36].

روش‌های الکتروشیمیایی برای تعیین ECSA خاص به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند:

- نوع اول از یک برجذب محدود شده سطح، از گاز استفاده می‌کند.
- نوع دوم از یک واکنش اکسایشی-کاهشی^۶ برگشت پذیر^۷ و به خوبی مشخصه یابی شده، مانند کاهش فری سیانید^{۳-} [Fe(CN)₆]^{۳-} به فروسیانید^{۴-} [Fe(CN)₆]^{۴-} استفاده می‌کند.

چون روشی که از برجذب محدود شده سطح استفاده می‌کند، برای جرم کوچک نانوآشیاء روی الکتروود مناسب نیست، توصیه می‌شود ECSA با روش ولتامتری چرخه‌ای با استفاده از واکنش اکسایشی-کاهشی اندازه‌گیری شود تا مقدار درست^۸ و دقیق^۹ اندازه‌گیری شود. در واکنش اکسایشی-کاهشی، ECSA با محاسبه معادله راندلز-سویک^{۱۰} پس از به دست آوردن ولتاموگرام چرخه‌ای^{۱۱} با استفاده از یک زوج کاهش در محلول آبی تعیین می‌شود. روش اندازه‌گیری یک ECSA خاص از یک لایه چیدمان یافته نانوشیء در پیوست ت شرح داده شده‌است.

1- Contact profiler
 2- Optical profiler
 3- Electrochemical enhancement
 4- Enlarged surface area
 5- Pristine electrodes
 6- Redox reaction
 7- Reversible
 8- Accurate
 9- Precise
 10- Randles-Sevcik
 11- Cyclic voltammogram

۵ گزارش آزمون

۱-۵ کلیات

یک کاربر با توجه به کاربرد زیست‌حسگری و شرایط آزمایشی، خواص سنتزی^۱ خاصی از لایه‌های چیدمان یافته نانوشیء را ترجیح می‌دهد. برای دستیابی به اولویت کاربران، علاوه بر مشخصه‌های لایه چیدمان یافته نانوشیء، ویژگی‌های افزوده‌ای برای ارائه اطلاعات در مورد روش سنتزی لایه‌های چیدمان یافته نانوشیء، مانند نوع بستره و فرآیند رسوب‌گذاری مورد نیاز است. تمام مشخصه‌ها و اطلاعات مربوط به لایه چیدمان یافته نانوشیء باید به‌طور مختصر و مفید برای انتقال موثر به ذی‌نفعان تنظیم شوند. این بند اطلاعات و ترتیب ویژگی‌ها را توضیح می‌دهد. یک نمونه از گزارش آزمون در پیوست ج ارائه شده است. در گزارش آزمون نیازی به استفاده از جدول‌ها نیست، اما ممکن است همه موارد در سه گروه فهرست شوند.

۲-۵ اطلاعات کلی در مورد الکتروود اصلاح شده نانوشیء

اطلاعات کلی در مورد الکتروود اصلاح شده نانوشیء که در جدول ۳ ارائه شده است باید برای توضیح روش سنتز لایه چیدمان یافته نانوشیء، در ابتدای همه جدول‌ها ارائه شود، زیرا ویژگی‌های لایه چیدمان یافته نانوشیء زمانی که با اولویت‌های کاربردی کاربر مطابقت نداشته باشد، بی‌ارزش خواهد بود.

جدول ۳- اطلاعات کلی در مورد الکتروودهای اصلاح شده نانوشیء

اطلاعات	مورد
نام ماده بستره الکتروود الکتروشیمیایی	به جدول ۱- مراجعه شود
نام ماده و نوع نانواشیاء تشکیل دهنده	توصیف نامی (به‌عنوان مثال نانوذرات طلا)
نام فرآیند رسوب‌گذاری	به جدول ۱- مراجعه شود
نام روش چسبندگی	به جدول ۱- مراجعه شود

۳-۵ نتایج اندازه‌گیری مشخصه‌ها

مطابق بند ۴، مشخصه‌های مرتبط در دو جدول، رده‌بندی شده است. مشخصه‌های نانواشیاء ارائه شده در جدول ۴ در صورت قابل اجرا بودن مشخصه‌ها، در کنار جدول ۳، فهرست می‌شوند. روش‌های اندازه‌گیری مشخصه‌های مجزا در جدول ۴، در پیوست ب توضیح داده شده است.

مشخصه‌های لایه چیدمان یافته نانوشیء در جدول ۵ باید در کنار جدول ۴ ارائه شود. روش‌های اندازه‌گیری مشخصه‌های مجزا در جدول ۵، در پیوست‌های ب، پ و ت توضیح داده شده است.

جدول ۴ - نتایج اندازه‌گیری مشخصه‌ها برای نانواشياء تشکیل دهنده

نتایج اندازه‌گیری ^{الف}	روش اندازه‌گیری	مشخصه
مقدار کمیت (داده‌های نگاشتاری ممکن است اضافه شود)	نام روش	ترکیب شیمیایی سطح
مقدار کمیت (داده‌های نگاشتاری ممکن است اضافه شود)	نام روش	اندازه متوسط و توزیع اندازه
مقدار کمیت	نام روش	میانگین اندازه ذره بلورین اولیه
مقدار کمیت	نام روش	میانگین طول و توزیع طول
تعداد	نام روش	تعداد دیواره‌ها، یعنی تک، دو یا چنددیواره
نوع عملکرد نامی	نام روش	گروه عاملی سطح
^{الف} نتیجه اندازه‌گیری باید با عدم قطعیت مقدار کمیت، تاریخ آزمون و نام آزمایشگاه آزمون ارائه شود.		

جدول ۵ - نتایج اندازه‌گیری مشخصه‌ها برای لایه‌های چیدمان یافته نانواشياء

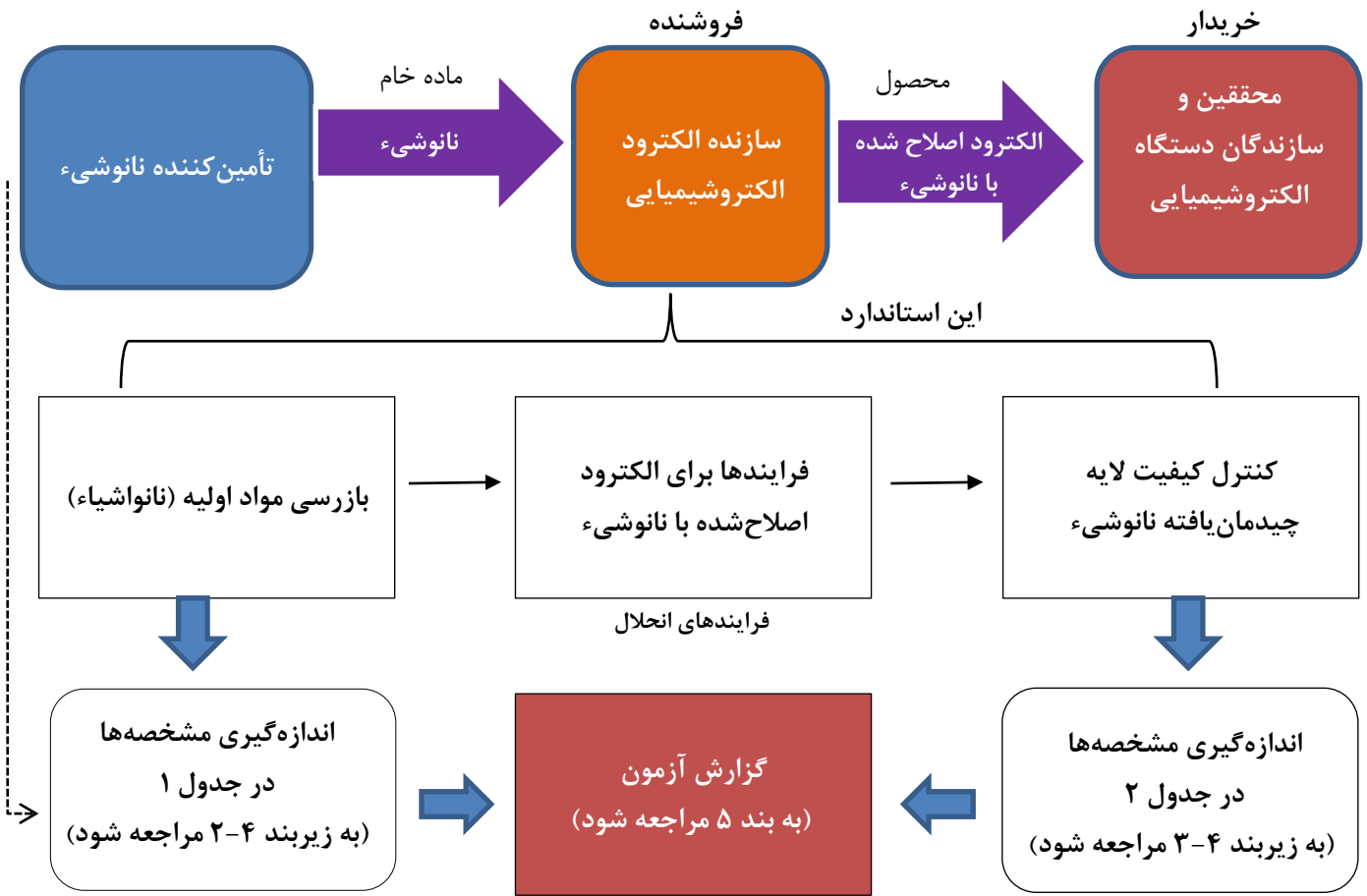
نتایج اندازه‌گیری ^{الف}	روش اندازه‌گیری	مشخصه
مقدار کمیت	نام روش	جرم در واحد سطح
مقدار کمیت	نام روش	جذر میانگین مربع ارتفاع
مقدار کمیت	نام روش	ECSA
^{الف} نتیجه اندازه‌گیری باید با عدم قطعیت مقدار کمیت، تاریخ آزمون و نام آزمایشگاه آزمون ارائه شود.		

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

زنجیره ارزش الکتروکتروشیمیایی اصلاح‌شده با نانوشیء

در زنجیره ارزش یک الکتروکتروشیمیایی اصلاح‌شده با نانوشیء، خریداران، سازندگان دستگاه اندازه‌گیری و محققانی هستند که الکتروکتروشیمیایی نانوبهبودیافته را برای حسگری مولکول‌های زیستی استفاده می‌کنند و فروشندگان، سازندگانی هستند که الکترودهای الکتروکتروشیمیایی اصلاح‌شده با نانوشیء را تولید می‌کنند. در حال حاضر، بیشتر الکترودهای الکتروکتروشیمیایی نانوبهبودیافته‌ای که توسط پژوهشگران ساخته می‌شوند، به منظور دستیابی به عملکرد قابل‌پیش‌بینی در برنامه‌های خود، بدون تولید انبوه هستند. با این حال، این فناوری در حال رسیدن به یک مرحله تجاری است. فروشندگان برای ساخت لایه‌های چیدمان‌یافته نانواشیاء بر روی الکترودهای صاف با استفاده از فرآیندهای انحلال، نانواشیاء را به‌عنوان مواد خام از یک ارائه‌دهنده نانواشیاء خریداری می‌کنند، اندازه‌گیری مشخصه‌های نانواشیاء در جدول ۱ ارائه شده است. پس از چیدمان یک نانوشیء تشکیل‌دهنده، برای کنترل کیفیت، مشخصه‌های لایه چیدمان‌یافته نانوشیء که در جدول ۲ ارائه شده است، اندازه‌گیری می‌شود. فروشندگان نتایج اندازه‌گیری را مطابق با بند ۵ گزارش می‌دهند و یک برگه ویژگی را به‌عنوان گزارش آزمون، همراه با محصولات به خریداران ارائه می‌دهند. این توالی در نمودار جریان در شکل الف-۱ نشان داده شده است.



شکل الف - ۱- زنجیره ارزش یک الکتروود الکتروشیمیایی اصلاح شده با نانوشیء و فرآیندهای گزارش آزمون

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

روش‌های اندازه‌گیری برای مشخصه‌ها

جدول ب-۱- روش‌های اندازه‌گیری برای استفاده در کنترل کیفیت عادی در یک محیط صنعتی

شماره	مشخصه	روش	راهنما
		—	برای راهنمایی کلی، به استاندارد ISO/TS 12805 مراجعه شود.
۱-۱	اندازه متوسط و توزیع اندازه	پراکندگی نور پویا (DLS) ^۱	برای توضیح مختصر و مفید این روش، به استاندارد ISO/TS 12805 مراجعه شود. توصیه می‌شود کالیبراسیون تجهیزات و روش اجرای اندازه‌گیری مطابق با استاندارد ISO 22412 باشد.
		طیف‌سنجی پراش لیزری ^۲	برای توضیح مختصر و مفید این روش، به استاندارد ISO/TS 12805 مراجعه شود. قطر جانبی نانوصفحات معمولاً با روش پراش لیزری اندازه‌گیری می‌شود، زیرا این روش می‌تواند بزرگتر از ۱۰۰ nm و به‌طور معمول در گستره میکرومتر باشد.
		آزمون دامنه صوتی الکتروجنبشی ^۳	برای توضیح مختصر و مفید این روش، به استاندارد ISO/TS 12805 مراجعه شود. برای راهنمایی به استاندارد ISO 13099-1 مراجعه شود.
۲-۱	میانگین اندازه ذرات بلورک اولیه ^۴	پهن‌شدگی خط پراش پرتو ایکس (XRDL) ^۵	برای توضیح مختصر و مفید این روش، به استاندارد ISO/TS 12805 مراجعه شود. برای راهنمایی به استانداردهای EN 13925-1، EN 13925-2 و EN 13925-3 مراجعه شود.
^۱ Dynamic Light Scattering ^۲ Laser diffraction spectroscopy ^۳ Electrokinetic sonic amplitude testing ^۴ Mean primary crystallite size ^۵ X-ray Diffraction Line Broadening			

جدول ب-۲- روش های اندازه گیری برای اهداف ارزیابی بیشتر

شماره	مشخصه ها	روش	راهنما
۱-۲	میانگین اندازه و توزیع اندازه (برای نانوذرات)	—	برای راهنمایی کلی، به استاندارد ISO/TS 12805 مراجعه شود.
		شمارشگر تراکم ذره ^۱	برای توضیح مختصر و مفید این روش، به استاندارد ISO/TS 12805 مراجعه شود.
		روپش تحرک ذرات به منظور اندازه گیری اندازه ذرات ^۲	برای توضیح مختصر و مفید این روش، به استاندارد ISO/TS 12805 مراجعه شود.
		میکروسکوپی الکترونی و آنالیز تصویر ^۳	در این روش می توان از نانواشیاء به صورت خشک شده استفاده کرد که احتمالاً متراکم می شوند و در نتیجه اندازه گیری اندازه ذرات آن مشکل است. برای راهنماهای کالیبراسیون بزرگنمایی تصویر به استاندارد ISO 16700 مراجعه شود. راهنمای روش های تجزیه و تحلیل تصویر استاتیک در استاندارد ISO 13322-1 ارائه شده است.
۲-۲	میانگین اندازه ذرات بلورک اولیه	پراش پس پراکنده الکترون (EBSD) ^۴	برای توضیح مختصر و مفید این روش، به استاندارد ISO/TS 12805 مراجعه شود.
		پراش میکروسکوپ الکترونی عبوری ^۵	برای توضیح مختصر و مفید این روش، به استاندارد ISO/TS 12805 مراجعه شود.
۳-۲	ترکیب شیمیایی سطح	—	برای راهنمایی کلی، به استاندارد ISO/TS 12805 مراجعه شود.
		طیف سنجی الکترون اوژه (AES) ^۶ و میکروسکوپی روبشی اوژه (SAM) ^۷	برای توضیح مختصر و مفید این روش، به استاندارد ISO/TS 12805 مراجعه شود. برای راهنمای AES به استانداردهای ISO/TR 14187 و ISO 20903 مراجعه شود.
		طیف سنجی اتلاف انرژی الکترون (EELS) ^۸	برای توضیح مختصر و مفید این روش، به استاندارد ISO/TS 12805 مراجعه شود.
		آنالیز پرتو یون (IBA) ^۹	برای توضیح مختصر و مفید این روش، به استاندارد ISO/TS 12805 مراجعه شود.
		طیف سنج جرمی یون ثانویه (SIMS) ^{۱۰}	روشی که در آن از یک طیف سنج جرمی برای اندازه گیری نسبت جرم به بار و فراوانی یون های ثانویه نشریفته از یک نمونه در نتیجه کندوپاش با یون های پر انرژی، استفاده می شود.

جدول ب-۲ (ادامه)

شماره	مشخصه‌ها	روش	راهنما
			برای راهنمای در مورد این روش، به استاندارد ISO/TR 14187 مراجعه شود.
		طیف‌سنج جرمی یون تانویه پویا ^{۱۱} (D-SIMS)	برای توضیح مختصر و مفید این روش، به استاندارد ISO/TS 12805 مراجعه شود.
		طیف‌سنجی فوتوالکترون فرابنفش ^{۱۲} (UPS)	برای توضیح مختصر و مفید این روش، به استاندارد ISO/TS 12805 مراجعه شود.
		طیف‌سنج فوتوالکترون پرتو ایکس ^{۱۳} (XPS)	برای توضیح مختصر و مفید این روش، به استاندارد ISO 20903 مراجعه شود. برای راهنمایی در مورد این روش، به استاندارد ISO
۴-۲	اندازه میانگین و توزیع اندازه (برای نانوالیاف و نانوصفحات)	میکروسکوپی الکترونی روبشی ^{۱۴}	از این روش می‌توان برای اندازه‌گیری قطر تکی نانوالیاف یا نانوصفحات استفاده کرد.
		طیف‌سنجی رامان ^{۱۵} (برای نانولوله‌ها)	برای توضیح مختصر و مفید این روش، به استاندارد ISO/TS 12805 مراجعه شود.
۵-۲	میانگین طولی و توزیع طول	میکروسکوپی الکترونی روبشی	برای توضیح مختصر و مفید این روش، به استاندارد ISO/TS 12805 مراجعه شود. برای دستورالعمل‌های کالیبراسیون بزرگنمایی تصویر به استاندارد ISO 16700 مراجعه شود.
۶-۲	تعداد دیواره‌ها	میکروسکوپی الکترونی عبوری ^{۱۶}	تعداد دیواره‌ها را می‌توان با تصویربرداری از مقاطع عرضی نانولوله‌ها اندازه‌گیری کرد.
		—	گروه عاملی سطح، گروهی از اتم‌ها در یک ترکیب است، مانند گروه هیدروکسیل در یک الکل که رفتار شیمیایی ترکیب را تعیین می‌کند. گروه عاملی سطح نانوآشیاء نحوه برهم‌کنش با مواد زیستی را در فرآیندهای حسگری زیستی تعیین می‌کند.
۷-۲	گروه عاملی سطح	طیف‌سنجی فرابنفش- مرئی ^{۱۷}	جذب این نور نسبتاً پراکنده باعث تحریک الکترونی می‌شود. بخش قابل‌دسترسی آسان از این ناحیه (طول موج‌های ۲۰۰ نانومتر تا ۸۰۰ نانومتر) فقط در صورت وجود سامانه‌های الکترونی مزدوج‌شده، جذب را نشان می‌دهد.
		تشدید مغناطیسی هسته ^{۱۸} (NMR)	جذب در بخش فرکانس رادیویی کم انرژی طیف باعث تحریک حالت‌های اسپین هسته‌ای می‌شود.

جدول ب-۲ (ادامه)

شماره	مشخصه‌ها	روش	راهنما
			<p>طیف‌سنج‌های NMR روی هسته‌های خاصی تنظیم می‌شوند (مانند ^1H، ^{13}C، ^{19}F و ^{31}P). برای یک نوع معین از هسته، طیف‌سنجی با توان تفکیک بالا اتم‌ها را در مکان‌های مختلف مولکول متمایز و شمارش می‌کند.</p>
		طیف‌سنجی فروسرخ تبدیل فوریه (FTIR) ^{۱۹}	<p>جذب این تابش با انرژی کمتر باعث تحریک ارتعاشی و چرخشی گروه‌هایی از اتم‌های درون مولکول می‌شود. به دلیل جذب مشخصه آنها، شناسایی گروه‌های عاملی به راحتی انجام می‌شود.</p> <p>4000 cm^{-1} تا 1500 cm^{-1}: پیک‌ها در این ناحیه مشخصه انواع خاصی از پیوندها هستند و بنابراین می‌توان از آنها برای شناسایی وجود یک گروه عاملی خاص استفاده کرد.</p> <p>400 cm^{-1} تا 1500 cm^{-1}: پیک‌ها در این ناحیه از تغییر شکل‌های پیچیده مولکول به وجود می‌آیند. پیک‌ها ممکن است مشخصه تقارن مولکولی یا نوارهای ترکیبی ناشی از تغییر شکل هم‌زمان پیوندهای متعدد باشند. طیف‌سنج FTIR به طور هم‌زمان داده‌های با توان تفکیک طیفی بالا را در یک محدوده طیفی گسترده جمع‌آوری می‌کند. این امر مزیت قابل توجهی نسبت به یک طیف‌سنج پراکنده‌ساز دارد که شدت را در محدوده باریکی از طول موج‌ها در یک زمان اندازه‌گیری می‌کند. اصطلاح «طیف‌سنجی فروسرخ تبدیل فوریه» از این واقعیت سرچشمه می‌گیرد که تبدیل فوریه (یک فرآیند ریاضی) برای تبدیل داده‌های خام به طیف واقعی مورد نیاز است.</p>
۸-۲	جذر میانگین مربع ارتفاع	پروفایلر تماسی (سوزنی) ^{۲۰}	<p>این روش رایج‌ترین روش اندازه‌گیری سطح است. از مزایای آن این است که این دستگاه ارزان بوده و بسته به شعاع نوک سوزن انتخابی، قدرت تفکیک جانبی بالاتری نسبت به روش‌های نوری دارد. با این حال، از معایب آن این است که نوک سوزن باید در تماس فیزیکی با سطح باشد که ممکن است سطح و/یا سوزن را تغییر داده و باعث آلودگی شود. علاوه بر این، به دلیل برهم‌کنش مکانیکی، سرعت روبش به طور قابل توجهی کمتر از روش‌های نوری است.</p> <p>برای راهنمایی در مورد پروفایلرهای تماسی به استاندارد ISO 25178-601 مراجعه شود.</p>

جدول ب-۲ (ادامه)

شماره	مشخصه‌ها	روش	راهنما
		پروپ رنگ‌شناختی هم‌کانون ^{۲۱}	این روش دارای مزیت اندازه‌گیری محدوده‌های ارتفاع خاص بدون روبش عمودی است و می‌تواند سطوح بسیار ناهموار را به راحتی اندازه‌گیری کند و سطوح صاف را تا محدوده تک‌نانومتري اندازه‌گیری کند. این واقعیت که این حسگرها قطعات متحرک ندارند، سرعت روبش بسیار بالایی را فراهم کرده و آنها را بسیار تکرارپذیر می‌کند. برای راهنمایی در مورد پروپ رنگی هم‌کانون به استاندارد ISO 25178-602 مراجعه شود.
		میکروسکوپی تداخل‌سنجی تغییر فاز ^{۲۲}	این روش برای مشخصه‌یابی سطح منطقه‌ای است که بر رقمی کردن داده‌های تداخل به دست آمده در طول یک تغییر فاز کنترل شده متکی است و اغلب با نوسان مکانیکی کنترل شده یک هدف تداخلی معرفی می‌شود. راهنمایی در مورد میکروسکوپ تغییر کانونی در استاندارد ISO 25178-603 ارائه شده است.
		میکروسکوپی تداخل‌سنجی روبشی همدوس ^{۲۳}	این روش به دسته‌ای از روش‌های اندازه‌گیری نوری سطح اطلاق می‌شود که در آن مکان‌یابی حاشیه‌های تداخل در حین روبش مشخصه‌هایی مانند توپوگرافی، ساختار فیلم شفاف و خواص نوری است. این روش در حال حاضر رایج‌ترین روش میکروسکوپی تداخلی برای اندازه‌گیری توپوگرافی سطح منطقه است. راهنمایی در مورد تداخل‌سنجی روبشی همدوس در استاندارد ISO 25178-604 ارائه شده است.
		پروپ کانونی خودکار نقطه‌ای ^{۲۴}	این روش اندازه‌گیری بافت سطح غیرتماسی است که از یک میکروسکوپ کانونی خودکار و یک مرحله روبش x-y با دقت بالا تشکیل شده است. راهنمایی در مورد پروفایل کانونی خودکار نقطه‌ای در استاندارد ISO 25178-605 ارائه شده است.
		میکروسکوپی تغییر کانونی ^{۲۵}	این روش اطلاعات رنگی را ارائه می‌دهد و می‌تواند روی کناره‌های شیب‌دار و روی سطوح بسیار ناهموار را اندازه‌گیری کند. عیب آن این است که این روش نمی‌تواند روی سطوح با یک زبری سطح بسیار صاف مانند یک ویفر سیلیکونی را اندازه‌گیری کند. کاربرد اصلی در نمونه‌های فلزی (قطعات ماشینی و ابزار)، پلاستیکی یا کاغذی است. راهنمایی در مورد میکروسکوپ تغییر کانونی در استاندارد

جدول ب-۲ (ادامه)

شماره	مشخصه‌ها	روش	راهنما
			ISO 25178-606 ارائه شده است.
		میکروسکوپی هم‌کانون ^{۲۶}	<p>یک سامانه میکروسکوپ هم‌کانون اندازه‌گیری تغییرات ارتفاع نمونه (محور Z) را هنگام حرکت در سطح صفحه شناسایی، با استفاده از مرحله جابه‌جایی XY، فراهم می‌کند. چنین سامانه‌ای از نور نقطه‌ای و یک سوراخ سوزنی در یک صفحه مزدوج نوری در جلوی آشکارساز برای حذف اطلاعات خارج از کانون استفاده می‌کند. توان تفکیک اندازه‌گیری‌ها در محورهای X و Y کمتر از $1 \mu\text{m}$ و در محور Z کمتر از 10 nm است. از این رو، ریزشاخه‌ها و تغییرات توپوگرافی را می‌توان با جزئیات بررسی کرد. اندازه‌های نمونه از چند mm^2 تا $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ قابل اندازه‌گیری است. راهنمایی در مورد میکروسکوپ هم‌کانون در استاندارد ISO 25178-607 ارائه شده است.</p>
1	Condensation particle counter		
2	Scanning mobility particle sizer		
3	Electron microscopy and image analysis		
4	Electron Backscatter Diffraction		
5	Transmission electron microscope diffraction		
6	Auger Electron Spectroscopy		
7	Scanning Ager Microscopy		
8	Electron Energy Loss Spectroscopy		
9	Ion Beam Analysis		
10	Secondary Ion Mass Spectrometry		
11	Dynamic Secondary Ion Mass Spectrometry		
12	Ultraviolet Photo Electron Spectroscopy		
13	X-ray Photo Electron Spectroscopy		
14	Scanning Electron Microscopy		
15	Raman spectroscopy		
16	Transmission electron microscopy		
17	UV-visible Spectroscopy		
18	Nuclear Magnetic Resonance		
19	Fourier Ttransform Infrared Spectroscopy		
20	Contact (stylus) profiler		
21	Confocal chromatic probe		
22	Phase-shifting interferometric microscopy		
23	Coherence scanning interferometric microscopy		
24	Point autofocus probe		
25	Focus variation microscopy		
26	Confocal microscopy		

پیوست پ

(آگاهی‌دهنده)

محاسبه جرم در واحد سطح با استفاده از روش قطره‌گذاری

پ-۱ تهیه تعلیقه نانوشیء و الکتروود بستره

بسیاری از آماده‌سازی‌های نانوشیء به پراکندگی پودرها در مایعات نیاز دارند. توصیه می‌شود آماده‌سازی نمونه شامل پراکنش در مایعات، طبق رهنمود ارائه‌شده در استاندارد ISO 14887 انجام شود. توصیه می‌شود تمیزکردن سطح الکتروود بستره نیز طبق رهنمود ارائه‌شده در استاندارد ISO 27831-2 انجام شود.

پ-۲ آماده‌سازی آزمون قطره‌گذاری

ابتدا یک پودر خالص شده از نانوشیء، به‌خوبی در آب دیونیزه یا حلال فرار مناسب با افزودنی‌ها، پراکنده می‌شود. مقداری از تعلیقه‌ها روی تمام سطح بستره الکتروود با یک شکل دیسکی کاملاً معین و از پیش تمیزشده، چکانده می‌شوند، اما از سطح در معرض تجاوز نمی‌کند. مرحله چسبندگی با خشک‌کردن انجام می‌شود و در نتیجه نانوشیء روی الکتروود بستره چیدمان می‌شود.

پ-۳ تعیین جرم در واحد سطح لایه چیدمان یافته نانوشیء

جرم نانواشیاء پراکنده در هر حجم تعلیقه، m_v ، با استفاده از فرمول (پ-۱) محاسبه می‌شود:

$$m_v = \frac{m_d}{V_t} \quad (\text{پ-۱})$$

که در آن:

m_d جرم نانواشیاء پراکنده در حالت تعلیقه، برحسب mg است؛

V_t حجم کل تعلیقه، برحسب cm^3 است.

جرم در واحد سطح لایه چیدمان یافته، m_c را با استفاده از فرمول (پ-۲) محاسبه کنید:

$$m_c = \frac{m_v \times V_d}{A} \quad (\text{پ-۲})$$

که در آن:

m_c جرم در واحد سطح، برحسب mg/cm^2 است؛

m_v جرم نانواشیاء پراکنده در هر حجم تعلیقه، برحسب mg/cm^3 است؛

استاندارد ملی ایران شماره(چاپ اول): سال ۱۴۰۰

V_d حجم تعلیقه چکانده شده بر حسب cm^3 است؛

A مساحت سطح الکتروود بستره بر حسب cm^2 است.

پیوست ت

(آگاهی دهنده)

اندازه‌گیری ECSA خاص لایه چیدمان یافته نانوشیء

ت-۱ آماده‌سازی آزمون

آزمون مورد آزمون، لایه چیدمان یافته نانوشیء روی یک الکتروود بستره است. زوج اکسایشی کاهش، فروسیانید/ فریسیانید در محلول آبی با حل کردن ۱ mM پتاسیم فروسیانید $K_4[Fe(CN)_6]$ و پتاسیم فریسیانید $K_3[Fe(CN)_6]$ در محلول ۰/۱ M KCl تهیه می‌شود.

ت-۲ روش اجرای آزمون الکتروشیمیایی

آزمون الکتروشیمیایی برای تعیین ECSA در ولتامتری چرخه‌ای با استفاده از یک پتانسیواستات با یک سل مجهز به سه الکتروود در محلول اکسایشی کاهش فروسیانید/ فریسیانید انجام می‌شود. الکتروود مرجع، یک الکتروود نقره کلرید (Ag/AgCl) است، الکتروود شمارنده، یک سیم پلاتینی است و الکتروود کار، آزمون آماده‌شده است. پتانسیل الکتروود در فازهای چرخه‌ای برحسب زمان از ۰ V تا ۱ V به‌طور خطی شیب‌دار است. سرعت تغییر ولتاژ در طول هر یک از این فازها به‌عنوان سرعت روبش (V/s) شناخته می‌شود که به‌شدت توصیه می‌شود کمتر از ۰/۱ V/s تنظیم شود. گردآوری داده‌ها برای محاسبه ECSA باید پس از به‌دست آوردن یک ولتاموگرام قوی انجام شود. جرم نانوشیء با ضرب جرم در واحد سطح از پیوست پ، با اندازه شناخته‌شده الکتروود، محاسبه می‌شود.

ت-۳ تعیین ECSA

EASA^۱ خاص (A_{ec}) را با استفاده از معادله راندلز-سویک محاسبه کنید [31]. همانطور که در فرمول (ت-۱) نشان داده شده است:

$$A_{ec} = \frac{I_p}{m \times 0,4463 n F C \left(\frac{n F v D}{RT} \right)^{\frac{1}{2}}} \quad (ت-۱)$$

که در آن:

A_{ec} EASA خاص، برحسب cm^2/g است؛

I_p جریان پیک از ولتاموگرام چرخه‌ای، برحسب C/s است؛

1- Electrochemically Active Surface Area

استاندارد ملی ایران شماره(چاپ اول): سال ۱۴۰۰

m جرم نانوشیء در اندازه شناخته شده الکتروء، بر حسب g است؛

n تعداد الکترون های منتقل شده در رویداد اکسایشی کاهشى است (۱، برای زوج اکسایشى کاهشى فروسن/فرى سنییم)؛

F ثابت فارادى، بر حسب C/mol است؛

C غلظت توده زوج فروسن/فروسنییم بر حسب mol/cm³ است؛

v سرعت روبش ولتامترى چرخه اى، بر حسب V/s است؛

D ثابت نفوذ زوج اکسایشى کاهشى فروسن/فروسنییم، بر حسب cm²/s است؛

R ثابت گاز، بر حسب JK⁻¹mol⁻¹ است؛

T دما بر حسب K است.

پیوست ث

(آگاهی‌دهنده)

اطلاعات کلی در مورد الکترودهای اصلاح‌شده با نانوشیء

جدول ث- ۱- اطلاعات کلی در مورد الکترودهای اصلاح‌شده با نانوشیء

زیربند	موارد	اطلاعات	راهنما
		—	هرگونه مواد رسانا را می‌توان برای بستره‌های الکترودهای الکتروشیمیایی استفاده کرد. باین‌حال، انواع بستره‌های پرکاربرد در صنایع الکتروشیمیایی به‌صورت انتخابی فهرست شده‌است.
		الکترو کربن شیشه‌ای	کربن شیشه‌ای یک کربن غیرگرافیت‌شده یا غیرقابل گرافیت‌شدن است که خواص شیشه‌ای و سرامیکی را با گرافیت ترکیب می‌کند. مهمترین خواص آن عبارتند از: مقاومت در برابر دمای بالا، سختی، چگالی کم، مقاومت الکتریکی کم، اصطکاک کم، مقاومت حرارتی کم، مقاومت شدید در برابر حملات شیمیایی و نفوذناپذیری در برابر گازها و مایعات. کربن شیشه‌ای به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان یک ماده الکتروود در الکتروشیمی استفاده می‌شود.
۱-۳	بستره الکتروود الکتروشیمیایی	الکتروود فلز نجیب	فلزات نجیب فلزاتی هستند که در برابر خوردگی و اکسایش در هوای مرطوب مقاوم هستند. فهرست کوتاه فلزات نجیب شیمیایی شامل روتنیم (Ru)، رودیم (Rh)، پالادیم (Pd)، نقره (Ag)، اسمیم (Os)، ایریدیم (Ir)، پلاتین (Pt) و طلا (Au) است. پلاتین و طلا پرکاربردترین بسترها در کاربردهای زیست‌حسگری هستند.
		الکترودهای قلع-ایندیم اکسید (ITO).	قلع-ایندیم اکسید (ITO) یک ترکیب سه‌تایی از ایندیم، قلع و اکسیژن در نسبت‌های مختلف است. بسته به محتوای اکسیژن، می‌توان آن را به‌عنوان سرامیک یا آلیاژ توصیف کرد. ITO یکی از پرکاربردترین اکسیدهای رسانای شفاف است زیرا دو خاصیت اصلی دارد: رسانایی الکتریکی و شفافیت نوری و همچنین سهولتی که با آن می‌توان به‌عنوان یک فیلم نازک رسوب داده شود.

جدول ث-۱ (ادامه)

زیربند	موارد	اطلاعات	راهنما
		—	<p>روش‌های زیادی برای سنتز یک لایه چیدمان‌یافته نانوشیء وجود دارد، اما روش‌های مبتنی بر محلول که به‌طور گسترده در اصلاح الکترودهای الکتروشیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، به‌طور انتخابی فهرست شده‌اند.</p> <p>برای طبقه‌بندی فرآیند نانوساخت به استاندارد ISO/TS 80004-8 مراجعه شود.</p>
۲-۳	فرآیند رسوب‌گذاری	قطره‌گذاری	<p>برای بستره‌های کوچک ($\sim 1 \text{ cm}^2$)، یک روش رسوب‌گذاری آسان و قابل‌تنظیم، قطره‌گذاری است: پخش یک پراکنه نانوشیء روی یک بستره و اجازه‌دادن به خشک‌شدن آن در شرایط کنترل‌شده، یعنی فشار و دما. در اصل، ضخامت فیلم به حجم پراکنه استفاده‌شده و غلظت نانوشیء بستگی دارد که هر دو به راحتی قابل تغییر هستند. همچنین متغیرهای دیگری نیز وجود دارند که بر ساختار لایه چیدمان‌یافته تأثیر می‌گذارند، از جمله این‌که حلال چگونه بستره را خیس می‌کند، سرعت تبخیر، نیروهای موئینگی مرتبط با خشک‌کردن و غیره. به‌طور کلی، استفاده از حلال‌هایی که فرار هستند، بستره را خیس می‌کنند، مستعد ناپایداری لایه نازک (خیس‌شدن) نیستند، مطلوب است. آب به دلیل فشار کم بخار و کشش سطحی زیاد، حلال ضعیفی برای قطره‌گذاری است. در برخی موارد، الکل‌ها می‌توانند به جای آب باشند، درحالی‌که حلال‌های آلی (مانند هگزان، تولوئن یا حلال‌های هالوژنه) اغلب گزینه‌های بسیار خوبی برای نانوذرات با لیگاندهای درپوش آب‌گریز هستند. اشکال قطره‌گذاری این است که حتی در شرایط تقریباً ایده‌آل، تفاوت در سرعت تبخیر در سطح بستره یا نوسانات غلظت می‌تواند منجر به تغییر در ضخامت لایه یا ساختار داخلی شود. با این حال، قطره‌گذاری روشی سریع و در دسترس برای تولید لایه‌های نازک بر روی بستره‌های نسبتاً کوچک است.</p>
		پوشش‌دهی چرخشی ^۱	<p>پوشش‌دهی چرخشی اغلب ضخامت لایه‌های یکنواخت‌تری را در سطح بستره در مقایسه با قطره‌گذاری فراهم می‌کند و با تجهیزات مناسب</p>

جدول ث-۱ (ادامه)

زیربند	موارد	اطلاعات	راه‌نما
			<p>می‌تواند بستره‌های بسیار بزرگتری را در خود جای دهد. در این روش، یک بستره با RPM^۲ بالا چرخانده می‌شود و حجمی از مواد با غلظت نانوشیء شناخته‌شده به مرکز وارد می‌شود. نیروی گریزازمرکز منجر به پخش یکنواخت پراکنه در سطح بستره و به‌دنبال آن تبخیر حلال برای تولید یک لایه چیدمان‌یافته نانوشیء می‌شود. ضخامت لایه به غلظت پراکنه، حجم و سرعت چرخش بستگی دارد. همانند قطره‌گذاری، حلال‌هایی به‌جز آب موردتوجه هستند.</p>
		پوشش‌دهی غوطه‌وری ^۳	<p>بیرون کشیدن آهسته یک بستره از یک پراکنه نانوشیء باعث می‌شود که نانواشیاء به داخل هلال کشیده شده و با خشک‌شدن لایه نازک مایع، رسوب کنند. این روش برای تولید فیلم‌های ذره‌ای بسیار یکنواخت و بسته‌بندی‌شده استفاده شده است، اما دارای تعدادی متغیر مرتبط با یکدیگر است که باید برای تولید فیلم‌های خوب تنظیم شوند. سرعت کشش بستره، غلظت نانوشیء در محلول و کشش سطحی بین بستره و محلول، همگی مهم هستند. در متون علمی، جزئیات روش‌های خاص برای ساخت فیلم‌های تک‌لایه و چندلایه و همچنین هندسه‌های پیچیده‌تر مانند نوارهای نانوشیء با فاصله یکنواخت روی یک بستره، شرح داده شده است.</p>
		پوشش‌دهی پاششی ^۴	<p>پوشش‌دهی پاششی اغلب از مه‌پاش‌ها برای تولید جریان‌های همگن و هواسل‌شده استفاده می‌کند که به‌طور یکنواخت بر روی بستره موردنظر اعمال می‌شود. به‌طور معمول، یک پمپ سرنگی برای تأمین جریان ثابت مایع به مه‌پاش، جایی‌که جریان مایع با یک گاز بی‌اثر ترکیب می‌شود، استفاده می‌شود. مخلوط حاصل، قطرات هواسل‌شده را تشکیل می‌دهد که به‌صورت یکنواخت و همگن روی بستره رسوب می‌کنند. مه‌پاش معمولاً به یک سکوی متحرک متصل می‌شود که محدوده وسیعی از منطقه را پوشش می‌دهد و می‌تواند توسط کارور کنترل شود. بسیاری از عامل‌های پوشش‌دهی پاششی قابل‌تنظیم هستند که امکان تنظیم لایه چیدمان‌یافته نانوشیء</p>

جدول ث-۱ (ادامه)

زیربند	موارد	اطلاعات	راه‌نما
			حاصله، یعنی سرعت جریان مایع، سرعت موقعیت مه‌پاشی و غلظت نانوشیء، را فراهم می‌کند.
		—	هیچ «نظریه وحدت بزرگی ^۵ برای چسبندگی» وجود ندارد. سازوکارهای خاص، ویژه سناریوهای خاص مواد هستند. پنج سازوکار چسبندگی برای توضیح اینکه چرا یک ماده به ماده دیگر می‌چسبد، پیشنهاد شده‌است.
		چسبندگی مکانیکی	نانواشیاء فضاهای خالی یا منافذ سطوح را پر می‌کنند و سطوح بستره را با قفل‌شدن در کنار هم نگه‌می‌دارند.
۳-۳	روش چسبندگی	چسبندگی شیمیایی	نانواشیاء و بستره ممکن است در محل اتصال، یک ترکیب تشکیل‌دهند و این زمانی اتفاق می‌افتد که اتم‌های سطحی، دو سطح جدا از هم پیوندهای یونی، کووالانسی یا هیدروژنی تشکیل‌دهند. قوی‌ترین اتصالات جایی است که اتم‌های این دو ماده با یکدیگر تبادل می‌شوند یا الکترون‌ها را به اشتراک می‌گذارند (به ترتیب به‌عنوان پیوند یونی یا پیوند کووالانسی شناخته می‌شوند). اگر یک اتم هیدروژن در یک مولکول به یک اتم نیتروژن، اکسیژن یا فلئور در مولکول دیگر جذب شود، پیوند ضعیف‌تری تشکیل می‌شود، این پدیده «پیوند هیدروژنی» نامیده می‌شود.
		چسبندگی پراکندگی	در چسبندگی پراکندگی، که به‌عنوان «جذب‌فیزیکی» نیز شناخته می‌شود، دو ماده به‌وسیله نیروهای واندروالس در کنار هم نگه‌داشته می‌شوند: جاذبه بین دو مولکول که هر یک دارای ناحیه‌ای با بار مثبت و منفی جزئی هستند.
		چسبندگی الکتروایستایی	برخی از نانواشیاء رسانا ممکن است الکترون‌ها را از خود عبور دهند تا اختلاف بار الکتریکی در محل اتصال ایجاد کنند. این موضوع منجر به ساختاری شبیه به خازن می‌شود و نیروی الکتروایستایی جذابی بین نانوشیء و بستره ایجاد می‌کند.
		چسبندگی انتشاری	برخی از نانواشیاء و بستره‌ها ممکن است در محل اتصال با نفوذ، ادغام شوند. این حالت ممکن است زمانی رخ دهد که مولکول‌های هر دو ماده متحرک و محلول در یکدیگر باشند.

جدول ت-۱ (ادامه)

زیربند	موارد	اطلاعات	راهنما
			¹ Spin-coating ² Revolution Per Minute ³ Dip-coating ⁴ Spray-coating ⁵ Grand Unified Theory

پیوست ج

(آگاهی دهنده)

نمونه‌ای از گزارش آزمون

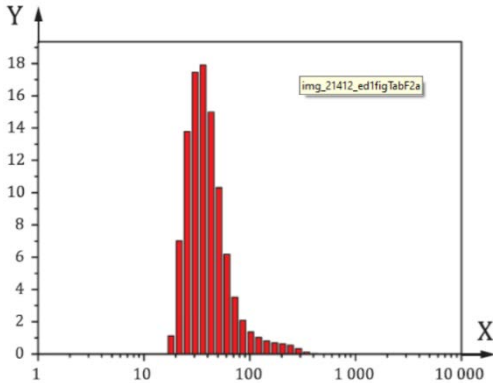
ج-۱ اطلاعات کلی در مورد الکتروود نانوشیء اصلاح شده

جدول ج-۱- اطلاعات عمومی

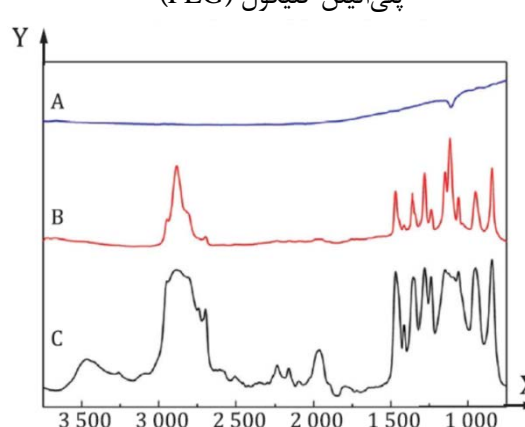
اطلاعات	مورد
نام ماده بستر الکتروود الکتروشیمیایی	کربن شیشه‌ای
نام ماده و نوع تشکیل دهنده نانوایشیء	نانوذرات طلا
نام فرآیند رسوب گذاری	قطره گذاری
نام روش چسبندگی	چسبندگی پراکنده

ج-۲ نتایج اندازه گیری مشخصه‌ها

جدول ج-۲- نتایج اندازه گیری مشخصه‌ها برای نانوشیء تشکیل دهنده

نتیجه اندازه گیری	روش اندازه گیری	مشخصه
<p>عنصر % اتمی</p> <p>Au 98.6 ± 0.5</p> <p>C 1.4 ± 0.5</p>	<p>طیف سنجی الکترونی اوزه</p> <p>(۱۵ نوامبر ۲۰۱۷، مرکز ملی نانوفاب^۱)</p>	<p>ترکیب شیمیایی سطح</p>
<p>متوسط اندازه ذرات: 62.5 ± 0.8 nm</p>  <p>X اندازه هیدرودینامیک (nm)</p> <p>Y توزیع ذرات (%)</p>	<p>پراکندگی نور پویا</p> <p>(۱۵ نوامبر ۲۰۱۷، مرکز ملی نانوفاب)</p>	<p>میانگین اندازه و توزیع اندازه</p>
<p>بلور طلا (۱۱۱): 45 ± 0.8 nm</p>	<p>گسترش خط پراش پرتو ایکس (۱۵ نوامبر ۲۰۱۷، مرکز ملی نانوفاب)</p>	<p>میانگین اولیه اندازه بلور</p>

جدول ج - ۲ (ادامه)

نتیجه اندازه‌گیری	روش اندازه‌گیری	مشخصه
N/A		طول متوسط و توزیع طول
N/A		تعداد دیواره‌ها، یعنی تک، دو یا چنددیواره
<p>پلی اتیلن گلیکول (PEG)^۲</p>  <p>X طول موج (cm^{-1}) Y جذب A نانوذرات طلا بدون پوشش B نانوذرات طلا-پلی اتیلن گلیکول C پلی اتیلن گلیکول خالص</p>	<p>طیف‌سنجی فرابنفش - مرئی (۱۵ نوامبر ۲۰۱۷، مرکز ملی نانوفاب)</p>	گروه عاملی سطح

^۱ National Nanofab Center

جدول ج - ۳ - نتایج اندازه‌گیری مشخصه‌ها برای لایه‌های چیدمان یافته با نانوشیء

نتیجه اندازه‌گیری	روش اندازه‌گیری	مشخصه
$0.62 \pm 0.4 \text{ mg/cm}^2$	محاسبه با استفاده از قطره‌گذاری (۲۰ دسامبر ۲۰۱۷، مرکز ملی نانوفاب)	جرم در واحد سطح
$22.263 \pm 0.16 \text{ }\mu\text{m}$	میکروسکوپ تداخل‌سنجی اسکن همدوسی (۲۰ دسامبر ۲۰۱۷، مرکز ملی نانوفاب)	جذر میانگین مربع ارتفاع
$5.7 \pm 0.3 \text{ cm}^2/\text{g}$	ولتامتری چرخه‌ای (۲۰ دسامبر ۲۰۱۷، مرکز ملی نانوفاب)	ECSA

کتابنامه

- [1] ISO 10111, Metallic and other inorganic coatings — Measurement of mass per unit area — Review of gravimetric and chemical analysis methods
یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۶۶۰: سال ۱۳۹۲، پوشش‌های فلزی و سایر پوشش‌های معدنی - اندازه‌گیری جرم در واحد سطح - بازبینی روش‌های تجزیه وزنی و شیمیایی، با استفاده از استاندارد ISO/TR 10111: 2000 تدوین شده‌است.
- [2] ISO/TS 12805, Nanotechnologies — Materials specifications — Guidance on specifying nano-objects
یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۴۶۴: سال ۱۳۹۲، فناوری نانو - ویژگی‌های مواد - راهکاری برای تعیین ویژگی‌های نانواشیاء، با استفاده از استاندارد ISO/TS 12805: 2011 تدوین شده‌است.
- [3] ISO 13099-1, Colloidal systems — Methods for zeta-potential determination — Part 1: Electroacoustic and electrokinetic phenomena
- [4] ISO 13322-1, Particle size analysis — Image analysis methods — Part 1: Static image analysis methods
یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۰۹۹-۱: سال ۱۳۹۵، آنالیز اندازه ذرات - روش‌های آنالیز تصویری - قسمت ۱: روش‌های آنالیز تصویری ایستا، با استفاده از استاندارد ISO/TS 13322-1: 2014 تدوین شده‌است.
- [5] ISO/TR 14187, Surface chemical analysis — Characterization of nanostructured materials
- [6] ISO 14887, Sample preparation — Dispersing procedures for powders in liquids
یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۱۰۰: سال ۱۳۸۶، آماده‌سازی نمونه - روش‌های پراکنده‌کردن پودرها در مایعات، با استفاده از استاندارد ISO/TS 14887: 2000 تدوین شده‌است.
- [7] ISO 16700, Microbeam analysis — Scanning electron microscopy — Guidelines for calibrating image magnification
یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۱۴۱: سال ۱۳۹۵، تجزیه میکروپرتویی - میکروسکوپ الکترونی روبشی - راهنما برای کالیبراسیون بزرگ‌نمایی تصویر، با استفاده از استاندارد ISO/TS 16700: 2016 تدوین شده‌است.
- [8] ISO 20903, Surface chemical analysis — Auger electron spectroscopy and X-ray photoelectron spectroscopy — Methods used to determine peak intensities and information required when reporting results
- [9] ISO 22412, Particle size analysis — Dynamic light scattering (DLS)
یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۲۴۷: سال ۱۳۹۶، آنالیز اندازه ذره - پراکندگی نور پویا (DLS)، با استفاده از استاندارد ISO/TS 22412: 2017 تدوین شده‌است.
- [10] ISO 25178-2, Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Areal —

Part 2: Terms, definitions and surface texture parameters

- [11] ISO 25178-601, Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Areal — Part 601: Nominal characteristics of contact (stylus) instruments
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۶۰۱-۱۴۹۵۴: سال ۱۳۹۲، ویژگی‌های هندسی فرآورده (GPS)- بافت سطح: مساحت- قسمت ۶۰۱: مشخصه‌های نامی دستگاه‌های تماسی (سوزنی)، با استفاده از استاندارد ISO/TS 25178-601: 2010 تدوین شده‌است.
- [12] ISO 25178-602, Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Areal — Part 602: Nominal characteristics of non-contact (confocal chromatic probe) instruments
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۶۰۲-۱۴۹۵۴: سال ۱۳۹۷، ویژگی‌های هندسی فرآورده (GPS)- بافت سطح: مساحت- قسمت ۶۰۲: مشخصه‌های نامی دستگاه‌های غیرتماسی (پروب رنگی هم‌کانون)، با استفاده از استاندارد ISO/TS 25178-602: 2010 تدوین شده‌است.
- [13] ISO 25178-603, Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Areal — Part 603: Nominal characteristics of non-contact (phase-shifting interferometric microscopy) instruments
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۶۰۳-۱۴۹۵۴: سال ۱۳۹۳، ویژگی‌های هندسی فرآورده (GPS)- بافت سطح: مساحتی- قسمت ۶۰۳: مشخصه‌های نامی دستگاه‌های غیر تماسی (تداخل سنجی تغییر فاز با میکروسکوپ)، با استفاده از استاندارد ISO/TS 25178-603: 2013 تدوین شده‌است.
- [14] ISO 25178-604, Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Areal — Part 604: Nominal characteristics of non-contact (coherence scanning interferometry) instruments
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۶۰۴-۱۴۹۵۴: سال ۱۳۹۴، ویژگی‌های هندسی فرآورده (GPS)- بافت سطح: مساحتی- قسمت ۶۰۴: مشخصه‌های نامی دستگاه‌های غیرتماسی (تداخل سنجی روبشی همدوس)، با استفاده از استاندارد ISO/TS 25178-607: 2013 تدوین شده‌است.
- [15] ISO 25178-605, Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Areal — Part 605: Nominal characteristics of non-contact (point autofocus probe) instruments
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۶۰۵-۱۴۹۵۴: سال ۱۳۹۴، ویژگی‌های هندسی فرآورده (GPS)- بافت سطح: مساحتی- قسمت ۶۰۵: مشخصه‌های نامی دستگاه‌های غیرتماسی (پروب فوکوس خودکار نقطه‌ای)، با استفاده از استاندارد ISO/TS 25178-607: 2014 تدوین شده‌است.
- [16] ISO 25178-606, Geometrical product specification (GPS) — Surface texture: Areal — Part 606: Nominal characteristics of non-contact (focus variation) instruments
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۶۰۶-۱۴۹۵۴: سال ۱۳۹۴، ویژگی‌های هندسی فرآورده (GPS)- بافت سطح: مساحت- قسمت ۶۰۶: مشخصه‌های نامی دستگاه‌های غیرتماسی (تغییر کانونی)، با استفاده از استاندارد ISO/TS 25178- 607: 2015 تدوین شده‌است.

- [17] ISO 25178-607, Geometrical product specifications (GPS) — Surface texture: Areal — Part 607: Nominal characteristics of non-contact (confocal microscopy) instruments
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۶۰۷-۱۴۹۵۴: سال ۱۳۹۹، ویژگی‌های هندسی فرآورده (GPS)- بافت سطح: مساحت- قسمت ۶۰۷: مشخصه‌های نامی دستگاه‌های غیرتماسی (میکروسکوپ هم‌کانون)، با استفاده از استاندارد ISO/TS 25178-607: 2019 تدوین شده‌است.
- [18] ISO 27831-2, Metallic and other inorganic coatings — Cleaning and preparation of metal surfaces — Part 2: Non-ferrous metals and alloys
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۸۵۲۹: سال ۱۳۹۳، پوشش‌های فلزی و سایر پوشش‌های معدنی- پاک‌سازی و آماده‌سازی سطوح فلزی- قسمت ۲: فلزات غیرآهنی و آلیاژهای آنها، با استفاده از استاندارد ISO/TS 27831-2: 2008 تدوین شده‌است.
- [19] EN 13925-1, Non-destructive testing — X-ray diffraction from polycrystalline and amorphous materials — Part 1: General principles
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱-۲۲۹۳۸: سال ۱۳۹۹، آزمون غیرمخرب- پراش پرتو ایکس (XRD) از مواد چندبلوری و بی‌شکل- قسمت ۱: اصول کلی، با استفاده از استاندارد ISO/TS 13925-1: 2003 تدوین شده‌است.
- [20] EN 13925-2, Non-destructive testing — X-ray diffraction from polycrystalline and amorphous materials — Part 2: Procedures
- یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲-۲۲۹۳۸: سال ۱۳۹۹، آزمون غیرمخرب- پراش پرتو ایکس (XRD) از مواد چندبلوری و بی‌شکل- قسمت ۲: روش‌های اجرایی، با استفاده از استاندارد ISO/TS 13925-2: 2003 تدوین شده‌است.
- [21] EN 13925-3, Non-destructive testing — X-ray diffraction from polycrystalline and amorphous materials — Part 3: Instruments
- [22] Wang J. et al. Metal Nanoparticle-based Electrochemical Stripping Potentiometric Detection of DNBA Hybridization. *Anal. Chem.* 2001, 73(22), pp. 5576–5581
- [23] Wang H., Li H., Zhang Y., Wei Q., Ma H., Wu D., Li Y., Zhang Y., Du B. Label-free immunosensor based on Pd nanoplates for amperometric immunoassay of alpha-fetoprotein. *Biosensors and Bioelectronics.* 2014, 53, pp. 305–309
- [24] Wang J. Carbon-Nanotube Based Electrochemical Biosensors: A Review. *Electroanalysis.* 2005, 17, pp. 7–14
- [25] Daniel M.C., Astruc D. Gold Nanoparticles: Assembly, Supramolecular Chemistry, Quantum-Size-Related Properties, and Applications toward Biology, Catalysis, and Nanotechnology. *Chem. Rev.* 2004, 104 (1), pp. 293–346
- [26] Pingarro'n J.M., Ya'n~ez-Seden~o P., Gonza'lez-Corte's A. Gold nanoparticle-based electrochemical biosensors. *Electrochimica Acta.* 2008, 53, pp. 5848–5866
- [27] Qian Y., Yang G., Yu J., Jung T.A., Liu G. Structures of Annealed Decanethiol Self-Assembled Monolayers on Au(111): an Ultrahigh Vacuum Scanning

- Tunneling Microscopy Study. *Langmuir*. 2003, 19, pp. 6056–6065
- [28] Ya'n~ez-Seden~o P., Pingarro´ n J.M. Gold nanoparticle-based electrochemical biosensors. *Anal. Bioanal. Chem.* 2005, 382, pp. 884
- [29] Rivas G.A. et al. Carbon nanotubes for electrochemical biosensing. *Talanta*. 2007, 74, 291–307
- [30] Madani S.Y., Shabani F., Dwek M.V., Seifalian A.M. Conjugation of quantum dots on carbon nanotubes for medical diagnosis and treatment. *Int. J. Nanomedicine*. 2013, 8, pp. 941–950
- [31] Oldham K.B. Analytical Expressions for The Reversible Randles-Sevcik Function. *J. Electroanal. Chem.* 1979, 105, 373–375
- [32] Sangamithirai D., Munusamy S., Narayanan V., Stephen A. A voltammetric biosensor based on poly(o-methoxyaniline)-gold nanocomposite modified electrode for the simultaneous determination of dopamine and folic acid. *Mater. Sci. Eng. C*. 2018, 91, pp. 512–523
- [33] Guo C., Hu F., Li C.M., Shen P.K. Direct electrochemistry of hemoglobin on carbonized titania nanotubes and its application in a sensitive reagentless hydrogen peroxide biosensor. *Biosensors and Bioelectronics*. 2008, 24, pp. 819–824
- [34] Young S.L., Kellon J.E., Hutchison J.E. Small Gold Nanoparticles Interfaced to Electrodes through Molecular Linkers: A Platform to Enhance Electron Transfer and Increase Electrochemically Active Surface Area. *J. Am. Chem. Soc.* 2016, 138, pp. 13975–13984
- [35] Carrara S., Baj-Rossi C., Boero C., Micheli G.D. Do Carbon Nanotubes contribute to Electrochemical Biosensing? *Electrochimica Acta*. 2014, 128, pp. 102–112
- [36] Toh S.Y., Loh K.S., Kamarudin S.K., Daud W.R.W. The impact of electrochemical reduction potentials on the electrocatalytic activity of graphene oxide toward the oxygen reduction reaction in an alkaline medium. *Electrochimica Acta*. 2016, 199, pp. 194–203
- [37] Wang N., Gao C., Han Y., Huang X., Xuab Y. Cao X. Detection of human immunoglobulin G by label-free electrochemical immunoassay modified with ultralong CuS nanowires. *J. Mater. Chem. B*. 2015, 3, pp. 3254–3259
- [38] Lee C.-L., Chiou H.-P., Syu C.-M., Wu C.-C. Silver triangular nanoplates as electrocatalyst for oxygen reduction reaction. *Electrochemistry Communications*. 2010, 12, pp. 1609–1613