INSO
21662
1st.Edition
2017

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۲۱۶۶۲
چاپ اول
۱۳۹۵

فناوری نانو- آموزش نیروی کار برای ایجاد الگو- راهنما

Nanotechnology- Workforce Education in Nanotechnology for Pattern Generation- Guide

ICS:07.30; 07.120

standard.ir

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج ، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸- ۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.org.ir

وبگاه: http://www.isiri.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.1294 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.org.ir

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

shaghool.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران بهموجب بند یک مادهٔ ۳قانون اصلاح قوانین ومقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه۱۳۷۱تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفهٔتعیین، تدوین ونشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده 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 منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضایکمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔملی 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 درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ 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)[1]،کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی(OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی(CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهایملی 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، اجباریکند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباریکند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهیسیستم‌های 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، گواهینامهٔ 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 استانداردهایملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (OrganisationInternationale de MetrologieLegals)
4-Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

standard.ir

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« فناوری نانو- آموزش نیروی کار برای ایجاد الگو- راهنما »

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
رحمانی، کورش (دکتری مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی)	ریاست اداره امور آزمایشگاه‌ها- اداره کل استاندارد استان قزوین
دبیر:	
شیخ‌احمدی، مهدیه (کارشناسی ارشد علوم و مهندسی صنایع غذایی)	کارشناس اجرای استاندارد- اداره کل استاندارد استان قزوین
اعضا:(اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اسلامی‌پور، الهه (کارشناسی ارشد زیست‌شناسی)	کارشناس ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
برزگر بفروئی، محسن (دکتری شیمی تجزیه)	عضو هیئت علمی و مدیرگروه- دانشگاه تربیت مدرس
بهشتی‌پور، صالحه (دکتری فیزیک)	عضو مستقل
پوی پوی، حسن (کارشناسی ارشد شیمی)	دبیر کمیته فنی استانداردهای فناوری نانو
پشامی، سیما (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی)	عضو مستقل
سهرابی جهرمی، ابوذر (دکتری فناوری نانو)	شرکت راسد توسعه فناوری‌های پیشرفته
سیفی، مهوش (کارشناسی ارشد مدیریت)	کارشناس استاندارد- بازنشسته سازمان ملی استاندارد

shaghool.ir

اعضا:(اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
شاهرخ، شیوا (کارشناسی کامپیوتر- نرم افزار)	کارشناس هماهنگی امور تدوین استاندارد- سازمان ملی استاندارد ایران
شیخ‌احمدی، امیر (کارشناسی مکانیک جامدات)	معاون مدیرعامل- واحد تولیدی حساسه‌های صنعتی کیوان
ظریف، محمود (کارشناسی ارشد زبانشناسی)	پژوهشگر ارشد فرهنگستان زبان و ادب فارسی
علاقه‌بند، میترا (کارشناسی ارشد نانو فیزیک)	عضو مستقل
قافله‌باشی، زهره (کارشناسی ارشد نانو شیمی)	عضو مستقل
قاسم‌زاده محمدی، حسین (دکتری شیمی آلی)	عضو هیئت علمی و مدیر گروه- دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)
کریمی، کتایون (کارشناسی ارشد علوم و مهندسی صنایع غذایی)	عضو مستقل
مولایی، محمدجعفر (دکتری فناوری نانو)	پژوهشگاه مواد و انرژی
مزینانی، سعیده (دکتری مهندسی شیمی)	عضو هیئت علمی- دانشگاه امیرکبیر
مسروری، حسن (دکتری شیمی)	پژوهشگاه استاندارد
ویراستار:	
حیدرزاده، مرجان (کارشناسی ارشد میکروبیولوژی)	عضو هیئت علمی پژوهشگاه استاندارد- سازمان ملی استاندارد ایران

shaghool.ir

فهرست مندرجات

عنوان		صفحه
پیش‌گفتار		ز
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۱
۳	اصطلاحات و تعاریف	۲
	۴-۱ فناوری نانو	۲
	۴-۲ تولید الگوی فناوری نانو	۲
	۴-۳ آموزش	
	۴-۴ الگو	۳
	۴-۵ تولید الگو	۳
۴	کلیات	۴
۵	پیش‌زمینه عمومی دانش و مهارت‌ها	۴
۶	مفاهیم و مهارت‌های تحت پوشش	۵
۷	مفاهیم و روش‌های مرتبط با تولید الگوی فناوری نانو	۵

shaghool.ir

پیش‌گفتار

استاندارد«آموزش نیروی کار برای تولید الگو در حوزه فناوری نانو- راهنما»که پیشنویس آن درکمیسیون‌های مربوط تهیه وتدوین شده است و در چهل و یکمین اجلاس کمیتهٔ ملی استاندارد فناوری نانو مورخ ۹۵/۱۱/۱۹ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استانداردهای ملی ایران شماره ۵(استانداردهای ملی ایران-ساختار و شیوه نگارش) تدوین می شوند.برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفتهای ملی وجهانی در زمینهٔصنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر درکمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرارخواهدگرفت. بنابراین، بایدهمواره ازآخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرارگرفته به شرح زیر است:

ASTM E 3034:2015, Standard guide for workforce education in nanotechnology pattern generation

shaghool.ir

فناوری نانو- آموزش نیروی کار برای ایجاد الگو- راهنما

هشدار- این استاندارد، تمامی ملاحظات ایمنی در ارتباط با استفاده از آن‌ها را دربرنمی‌گیرد. این مسئولیت کاربر است که موارد مربوط به ایمنی و سلامتی را در نظرگرفته و محدودیت‌هایی را که رعایت آن‌ها لازم است قبل از انجام آزمون مدنظر قرار دهد.

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد ارائه راهنمایی‌هایی در قالب یک چارچوب کاری برای آموزش نیروی کار در زمینه موضوعات ایجاد الگوی مرتبط با فناوری نانو و تدریس آن در سطوح دانشگاهی است. این آموزش باید جامع باشد و فرد را برای کار در هر یک از حوزه‌های گوناگون تحقیقاتی، تولید یا توسعه فناوری نانو، آماده کند. این فرد پس از آموزش می‌تواند در تبیین الگوی مقیاس نانومشارکت داشته باشد.

این استاندارد برای موارد زیر در تولید الگو در حوزه فناوری نانو کاربرد دارد:

الف- توسعه یا ارزیابی یک برنامه آموزشی در این حوزه؛

ب- فراهم کردن فهرستی از موضوعات کلیدی در برنامه آموزشی فناوری نانو؛

پ- اطمینان بخشی نهادهای آموزشی از برآورده شدن الزامات آموزشی؛

ت- توانمندسازی نهادهای آموزشی به منظور مناسب‌سازی برنامه‌های خود با احتیاجات کارفرمایان بومی.

این استاندارد برای موارد زیر در ایجاد الگو در حوزه فناوری نانو کاربرد ندارد:

الف– محتوای تخصصی در برنامه آموزشی.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است.بدین‌ترتیب، 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.

shaghool.ir

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:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۰۹۸: فناوری نانو، واژه‌ها، اصطلاحات و تعاریف اصلی

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۱۹۶:آموزش نیروی کار برای تعیین مشخصات در فناوری نانو- آیین‌کار

۲-۳ استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۱۹۸: فناوری نانو-آموزش سلامت و ایمنی برای نیروی کار- راهنما

2-4 ASTME 2456:Terminology Relating to Nanotechnology

2-5 ISO/TS 80004-2: Nanotechnologies– Vocabulary—Part 2:Nano-Objects

2-6 ISO/TS 80004-8:Nanotechnologies– Vocabulary—Part8: NanomanufacturingProcesses

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به‌کار می‌رود:

۳-۱

فناوری نانو

nanotechnology

استفاده از دانسته‌های علمی در دست‌کاری و کنترل ماده، غالباً در نانومقیاس برای بهره‌برداری از پدیده‌ها و خواص وابسته به ساختار و اندازه است. این خواص متمایز با خواص اتم‌ها و مولکول‌های منفرد و غیرقابل برون‌یابی (استنتاج) از شکل توده همان ماده هستند.

ایجاد الگوی فناوری نانو

nanotechnology pattern generation

برای تعریف این اصطلاح، به استاندارد ISO/TS 80004-8، مراجعه شود.

shaghool.ir

۲-۳

آموزش

education

تدریس موضوعات تخصصی برای ارائه درجه یا گواهینامه و یا یک برنامه آموزشی برای افزایش دانش و مهارت است.

۳-۳

الگو

pattern

یک طرح یا چیدمان[1] برای ساختارهای ساخته شده است.

۴-۳

ایجاد الگو

pattern generation

روش(هایی) برای ساخت و انتقال الگو روی محیط[2] به منظور به کارگیری آن در ساختارهایی با مقیاس میکرو یا نانو است؛ به عنوان مثال، لیتوگرافی[3] نوری یک روش اپتیکی است که برای ساخت تراشه در ایجاد الگو روی یک زیرلایه استفاده می‌شود.

1-Layout

2- Medium

۳- ایجاد مجدد یک الگو است که می‌تواند در یک ماده حساس به تشعشع یا از طریق انتقال ماده روی یک بستر و همچنین از طریق انتقال، چاپ و یا حک مستقیم آن، شکل بگیرد.

shaghool.ir

۴ کلیات

۴-۱ این استاندارد، شامل یک برنامه آموزشی پایه برای ایجاد الگوی فناوری نانو در سازمان‌هایی است که در حوزه فناوری نانو، این الگو را برای نیروی کار توسعه داده یا عملی می‌کنند. این استاندارد به افراد فعال در حوزه تحقیقاتی نانو مواد یا محصولات فناوری نانو کمک می‌کند تا دست کم توانایی توصیف مفاهیم پایه را داشته باشند.

۴-۲ آموزش پایه باید بتواند فرد را برای ایفای نقش‌های متنوع در حوزه‌های کاری مرتبط با تولید الگو در حوزه فناوری نانو آماده کند. برای درک کافی برنامه آموزشی مورد اشاره در این استاندارد به دو سال آموزش یا پیش زمینه فناوری مرتبط، نیاز است.عمق موضوعات اشاره شده باید برای کاربردهای مختلف فناوری نانو نظیر ساخت نانو مواد، مشخصه‌یابی نانو مواد، نانو لیتوگرافی و الگوسازی کافی باشد.

۴-۳ جایگاه شغلی نیروی کاری در محیط کار ممکن است جابه‌جا شود. فراگیران این رشته درک گسترده-ای از روش‌های تولید الگوی جامع خواهند یافت،بنابراین توانایی آن‌ها برای حضور در بازار کار در داخل و همچنین در خارج از حوزه فناوری نانو افزایش می‌یابد.

۴-۴ این استاندارد از جمله استانداردهایی است که برای آموزش نیروی کار در حوزه‌های مختلف فناوری نانو توسعه یافته است. در این استاندارد به یک برنامه آموزشی پایه اشاره شده است که به فراهم‌سازی تولید الگو در حوزه‌های فناوری نانو کمک می‌کند و از این‌رو آموزش پویا و در حال رشدی را ارائه می‌دهد.

۵ پیش زمینه عمومی دانش و مهارت‌ها

۵-۱ جبر مقدماتی، شیمی، فیزیک و آمار در سطح دانشگاهی.

۵-۲ مخاطرات ایمنی، سلامتی و محیط زیستی (EHS)[1] ناشی از مواد با مقیاس نانو،می‌توانند با خطراتی که به وسیله مواد توده‌ای ایجاد می‌شوند متفاوت باشد. فراگیران در هنگام کار با مواد نانومقیاس باید درک اساسی نسبت به عوامل منحصر به فرد EHS داشته باشند.

یادآوری ۲- برای جزئیات بیشتر به استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۱۹۸: فناوری نانو- آموزش سلامت و ایمنی برای نیروی کار- راهنما مراجعه شود.

1- Environmental, health and safety

shaghool.ir

۵-۳ دانش پایه از خواص فیزیکی وشیمیایی مواد با مقیاس نانو

۵-۴ در طی فرایند ایجاد الگو، برای این که به دنبال مراحل مختلف فرایند، پیشرفت و کیفیت محصول را در پی داشته باشیم، ملزم به اندازه‌گیری‌هایی هستیم؛ از این‌رو فراگیران باید درک پایه‌ای از روش‌های مشخصه‌یابی در مقیاس نانو داشته باشند.

یادآوری۳- برای جزئیات بیشتر به استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۱۹۶: آموزش نیروی کار برای تعیین مشخصات در فناوری نانو- آیین کارمراجعه شود.

۶ مفاهیم و مهارت‌های تحت پوشش

در بند۷، فهرستی از روش‌های مرتبط با آموزش نیروی کار در ایجاد الگوی فناوری نانو و موضوعات مهم تخصصی دربرگیرنده هر روش آورده شده است. روش‌ها یا موضوعات دیگر و یا هر دو آن‌ها، در صورت نیاز ممکن است به عنوان پیش‌نیازبه آن افزوده شوند.این استاندارد شامل فهرستی از شش عنوان درباره آموزش نیروی کار برای ایجاد الگو در حوزه فناوری نانو است. انتخاب روش‌ها، مفاهیم و مفاد[1] بر اساس نیازمندی‌های صنعت، فراگیران و کارشناسان حوزه فناوری نانو می‌باشد. در این فهرست، اولین عنوان (زیربند ۷- ۱) مربوط به طراحی الگوهاست. پنج عنوان دیگر شامل روش‌های مختلف لیتوگرافی است که سه عنوان (زیربندهای ۷-۲، ۷-۳ و ۷-۵) در برگیرنده روش‌هایی است که برای ایجاد الگو روی زیرلایه نیازمند پوشش‌های فیزیکی[2] هستند و دو عنوان دیگر (زیربندهای ۷-۴ و ۷-۶) از هیچ پوشش فیزیکی استفاده نمی‌کنند و دربردارنده موضوعات طراحی الکترونیک و مهندسی مواد هستند.

۷ مفاهیم و روش‌های مرتبط با ایجاد الگو در حوزه فناوری نانو

۷-۱ طراحی چیدمان:

۷-۱-۱ تعریف کارکرد؛

۷-۱-۲ طراحی بخش‌بندی[3]؛

۷-۱-۳ طراحی شبیه‌سازی.

1- Material
2- Physical masks
3- Design partition

shaghool.ir

۷-۲ لیتوگرافی اپتیکی:

۷-۲-۱ اپتیک‌ها برای لیتوگرافی:

۷-۲-۱-۱ پراش؛

۷-۲-۱-۲ تداخل؛

۷-۲-۱-۳ بازتاب؛

۷-۲-۱-۴ شکست؛

۷-۲-۱-۵ پراکندگی.

۷-۲-۲ لایه‌های مقاوم[1]:

۷-۲-۲-۱ حساسیت؛

۷-۲-۲-۲ تباین؛

۷-۲-۲-۳ دُز؛

۷-۲-۲-۴ لایه‌های مقاوم نوری مثبت/ منفی[2]؛

۷-۲-۲-۵ بهبود دهنده‌های چسبندگی؛

۷-۲-۲-۶ لایه مقاوم تقویت‌شده به روش شیمیایی؛

۷-۲-۲-۷ لایه مقاوم برچسبی[3]؛

۷-۲-۲-۸ پوشش ضدانعکاس (TARC/BARC)[4]؛

۷-۲-۲-۹ حذف‌کننده لبه[5].

1- Resists
2- Positive/negative photoresists
3- Lift-off resist
4- Top Anti Reflective Coating/ Bottom Anti-Reflective Coating
5- Edge bead remover

shaghool.ir

۷-۲-۳ سامانه‌ها:

۷-۲-۳-۱ چشمه‌های نوری و طول موج آن‌ها؛

۷-۲-۳-۲ لیتوگرافی غوطه‌وری؛

۷-۲-۳-۳ لیتوگرافی تماسی؛

۷-۲-۳-۴ لیتوگرافی مجاورتی؛

۷-۲-۳-۵ لیتوگرافی فراتابی[1].

۷-۲-۴ مراحل فرایند:

۷-۲-۴-۱ تمیزکردن زیرلایه؛

۷-۲-۴-۲ پخت حذف آب[2]؛

۷-۲-۴-۳ آستر پوشش‌دهی چرخشی[3]؛

۷-۲-۴-۴ لایه مقاوم نوری پوشش‌دهی چرخشی؛

۷-۲-۴-۵ پخت ملایم؛

۷-۲-۴-۶ همترازی؛

۷-۲-۴-۷ نوردهی؛

۷-۲-۴-۸ پخت پس از نوردهی؛

۷-۲-۴-۹ ظهور و آبکشی؛

۷-۲-۴-۱۰ پخت سخت (در صورت نیاز).

1- Projection lithography
2- Dehydration bake
3- Spin coat primer

shaghool.ir

۷-۲-۵ لیتوگرافی پرتو ایکس:

۷-۲-۵-۱ لیتوگرافی پرتو ایکس؛

۷-۲-۵-۲ لیتوگرافی فرابنفش فرین (**EUV**)[1].

۷-۳ نگارش مستقیم:

۷-۳-۱ لیتوگرافی باریکه الکترونی/پرتو یونی/لیزری:

۷-۳-۱-۱ لایه‌های مقاوم:

۷-۳-۱-۱-۱ لایه‌های مقاوم نوری مثبت/ منفی؛

۷-۳-۱-۱-۲ بهبود دهنده‌های چسبندگی؛

۷-۳-۱-۱-۳ لایه مقاوم تقویت‌شده به روش شیمیایی.

۷-۳-۱-۲ سامانه‌ها:

۷-۳-۱-۲-۱ چشمه پرتودهی (نشردهنده)[2]؛

۷-۳-۱-۲-۲ روزنه؛

۷-۳-۱-۲-۳ عدسی‌ها و صافی‌های اپتیکی[3]؛

۷-۳-۱-۲-۴ لیتوگرافی تصویر الکترونی؛

۷-۳-۱-۲-۵ لیتوگرافی پرتو الکترونی چندگانه.

1- Extreme ultra violet (EUV) lithography
2- Emitter
3- Lenses and optical filters

shaghool.ir

۷-۳-۱-۳ مراحل فرایند:

۷-۳-۱-۳-۱ آرایه دُز؛

۷-۳-۱-۳-۲ جریان و اندازه نقطه باریکه[1].

۷-۳-۲ لیتوگرافی با میکروسکوپ کاوند روبشی (SPM)[2]:

۷-۳-۲-۱ لیتوگرافی با قلم خراشی[3]؛

۷-۳-۲-۲ لیتوگرافی توسط میکروسکوپ اپتیکی روبشی میدان نزدیک (NSOM)[4]؛

۷-۳-۲-۳ لیتوگرافی اکسایش موضعی؛

۷-۳-۲-۴ حکاکی الکتروشیمیایی؛

۷-۳-۲-۵ نهشت میدان القایی[5].

۷-۴ لیتوگرافی نانو نقش‌زنی (NIL)[6]:

۷-۴-۱ لیتوگرافی نانو نقش‌زنی حرارتی:

۷-۴-۱-۱ لایه‌های مقاوم:

مواد گرمانرم.

1- Beam current/spot size
2- Scanning Probe Microscope
3- Dip pen lithography
4- Near-field scanning optical microscopy
5- Field-induced deposition
6- Nano-Imprint Lithography

shaghool.ir

۷-۴-۱-۲ سامانه‌ها:

۷-۴-۱-۲-۱ روش فشاردهی با پیستون؛

۷-۴-۱-۲-۲ روش فشاردهی با بالشتک هوا.

۷-۴-۱-۳ مراحل فرایند:

۷-۴-۱-۳-۱ ساخت قالب اصلی؛

۷-۴-۱-۳-۲ پوشش‌دهی لایه ضدچسبندگی؛

۷-۴-۱-۳-۳ هم‌ترازی الگو؛

۷-۴-۱-۳-۴ کنترل نواقص رایج الگو.

۷-۴-۲ لیتوگرافی نانونقش‌زنی با امواج فرابنفش:

۷-۴-۲-۱ لایه‌های مقاوم:

پخت با فرابنفش.

۷-۴-۲-۲ سامانه‌ها:

۷-۴-۲-۲-۱ ابزار نانونقش‌زنی با امواج فرابنفش؛

۷-۴-۲-۲-۲ ابزار نانونقش‌زنی فلاش‌زنی مرحله‌ای.

۷-۴-۲-۳ مراحل فرایند:

۷-۴-۲-۳-۱ ساخت مهر اصلی؛

۷-۴-۲-۳-۲ رونوشت ثانویه مهر اصلی؛

۷-۴-۲-۳-۳ همترازی الگو.

۷-۴-۳ سایر لیتوگرافی‌های حکاکی نانو:

۷-۳-۵-۸-۱ لیتوگرافی حکاکی نانو غلتک به غلتک.

shaghool.ir

۷-۵ خودآرایی مولکولی و روش‌های فنی مرتبط با آن:

۷-۵-۱ خودآرایی مولکولی:

۷-۵-۱-۱ مواد:

لیگاندها.

۷-۵-۲ لیتوگرافی هم‌بسپارهای‌بلوکی (BCL)[1]:

۷-۵-۲-۱ مواد:

۷-۵-۲-۱-۱ هم‌بسپارهای تصادفی؛

۷-۵-۲-۱-۲ هم‌بسپارهای دو بلوکی؛

۷-۵-۲-۱-۳ هم‌بسپارهای سه بلوکی.

۷-۵-۲-۲ مراحل فرایند:

۷-۵-۲-۲-۱ جدایش فازی؛

۷-۵-۲-۲-۲ مراحل انتقال الگو.

۷-۵-۳ لیتوگرافی نانوکره (**NSL**)[2].

1- Block Co-Polymer Lithography
2- Nano-sphere lithography

shaghool.ir